

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299568

x
1.123

J.

Die
Elektrische Beleuchtung
industrieller Anlagen

einschliesslich aller Theile in Theorie und Praxis

für

Nicht-Elektrotechniker.

Von

H. Blessinger

Königlicher Regierungs-Baumeister.

Mit zahlreichen Abbildungen im Text.

F. Nr. 18485



Kiel und Leipzig.

Verlag von Lipsius & Tischer.

1892.

VIII 2.

H. 16



117764

Vorwort.

Mit der vorliegenden Abhandlung bezweckt der Verfasser, allen Ingenieuren, denen es an Zeit und Gelegenheit mangelt, ein spezielles Studium der Elektrotechnik durchzumachen, und an welche plötzlich die Forderung herantritt, Betriebsstellen mit elektrischer Beleuchtung zu versehen oder die Ueberwachung und Leitung, sowie vorkommende Reparaturen einer vorhandenen Anlage zu übernehmen, in möglichst kurzer, einfacher Weise, unter Fortlassung alles Unwesentlichen, ein klares Bild von allen auf eine Beleuchtungsanlage bezüglichen Erscheinungen zu geben.

In Folge dessen ist das Ganze so gehalten, dass zum Verständniss desselben keine besonderen elektrotechnischen Kenntnisse vorausgesetzt werden, vielmehr sind zunächst die nöthigen physikalischen Erscheinungen in Bezug auf Magnetismus, magnetische Kraftlinien, magnetisches Feld, sowie die Begriffe Stromstärke, Spannung und Widerstand mit Einschluss der hierauf bezüglichen Gesetze näher besprochen worden; jedoch ist dieser Theil nur soweit ausgedehnt, als es zum Verständniss der hierauf folgenden Erläuterung der Wirkungsweise der Dynamomaschinen, der Lampen usw. erforderlich ist. Nach diesem sind die inneren Vorgänge bei den Lichtmaschinen einer näheren Betrachtung unterzogen, und die Hauptarten dieser Maschinen sowohl bezüglich ihrer Wirkungsweise, als auch bezüglich der Ausführung der Haupttheile geschildert worden. Im Anschluss hieran sind die sekundären Elemente oder Akkumulatoren, welche neuerdings bei Beleuchtungsanlagen immer mehr in Aufnahme kommen, in ihren inneren Vorgängen und ihrer Wirkungsweise näher untersucht. Hierauf ist der Beschreibung und Erklärung der Wirkungsweise der Lampen Raum gegeben worden, und nachdem so die sämtlichen Theile einer Beleuchtungsanlage einer eingehenden Betrachtung unterzogen sind, ist hieran anschliessend die Art und Weise, wie man bei der Neueinrichtung einer ganzen Anlage zu verfahren hat, im Zusammenhange an der Hand einiger Beispiele geschildert. Zum Schluss sind dann noch die hauptsächlichsten Verhaltensmassregeln bei der Behandlung sowie bei den am häufigsten vorkommenden Betriebsstörungen angeführt.

Um endlich, sowohl bei Neu-Anlagen, als auch bei Erweiterungen bestehender Anlagen, die Aufstellung eines Kosten-Voranschlages zu ermöglichen, sind in einem Anhange die z. Z. üblichen Preise für die hauptsächlichsten Beleuchtungstheile einiger hervorragender Firmen angegeben, wobei jedoch zu bemerken ist, dass diese Preise eben nur als Anhaltspunkte dienen können, da sich dieselben bei dem jetzigen Fortschritt in der Beleuchtungstechnik oft in kurzer Zeit ziemlich bedeutend ändern.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, ist diese Abhandlung also nicht für den Elektrotechniker, sondern für den in elektrotechnischen Dingen unerfahrenen Ingenieur geschrieben worden, und deshalb sind alle weitergehenden Erörterungen usw., welche zwar für den Elektrotechniker Interesse haben, Andere aber nur ablenken und verwirren würden, nicht aufgenommen worden.



I. Magnetismus.

Taucht man einen gewöhnlichen Stabmagneten in einen Haufen Eisenfeilicht und hebt ihn hierauf wieder heraus, so zeigt sich, dass namentlich an den Enden grössere Mengen Feilspähne haften geblieben sind, während die Mitte fast vollständig frei geblieben ist. Hieraus geht hervor, dass sich die magnetische Kraft hauptsächlich an den Enden eines Magneten äussert und diese nennt man die „Pole“ des Magneten. Hängt man einen solchen Magnetstab frei horizontal schwebend auf, so nimmt derselbe stets eine solche Stellung ein, dass der eine Pol nach Norden, der andere nach Süden zeigt; den ersteren bezeichnet man desshalb mit dem Namen „Nordpol“, den letzteren mit dem Namen „Südpol“. Bringt man ferner in die Nähe eines freibeweglich aufgehängten Stabmagneten den Pol eines zweiten Magneten, so nähert sich diesem Pole stets der ungleichnamige des ersteren, während der gleichnamige Pol mit einer gewissen Kraft abgestossen wird. Die Grösse der Kraft, mit welcher diese Annäherung bezw. Entfernung angestrebt wird, ist einestheils abhängig von der magnetischen Intensität jedes der beiden Pole, anderentheils von der Entfernung der beiden Pole von einander.

Bezeichnet man die Polstärke oder Intensität des einen Poles mit m_1 , die des anderen mit m_2 und die Entfernung beider mit r , so gilt für die auf beide Pole wirkende Kraft das Coulomb'sche Gesetz, nach welchem diese Kraft

$$= k = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

ist.

Die magnetische Kraftwirkung eines Poles erstreckt sich auf einen gewissen Theil des den Pol umgebenden Raumes und dieser Theil desselben bildet das „magnetische Feld“ dieses Poles.

Denkt man sich irgend ein kleines frei bewegliches Eisentheilchen in diesen Raum gebracht, so wird sich dasselbe, wenn nur ein Pol vorhanden ist, in gerader, radialer Linie diesem Pole zu nähern suchen. Diese Linien, in denen die Bewegung erfolgt, nennt man die „magnetischen Kraftlinien“ des Poles. Dieselben verlaufen also, wenn das magnetische Feld nur von einem Pol gebildet ist, strahlenförmig nach diesem Pole. Denkt man sich nun um diesen Pol eine Kugel- fläche, deren Mittelpunkt der Pol ist, und diese Fläche in eine grosse

Anzahl kleiner Flächenelemente getheilt und von jedem Flächenelement einen Strahl nach dem Pole gezogen, so ist klar, dass die Dichtigkeit dieser Strahlen, das heisst die Anzahl derselben, welche durch ein gegebenes Flächenstück gehen, nach dem Pole hin zunimmt. Denkt man sich ferner um diesen Pol noch eine zweite, kleinere Kugelfläche, so verhalten sich die Kugelflächen wie die Quadrate ihrer Radien, und da durch diese kleinere Fläche jetzt dieselbe Anzahl Kraftlinien geht, so hat demnach die Dichtigkeit derselben im umgekehrten Verhältniss der beiden Flächen zugenommen, d. h. mit anderen Worten „die Dichtigkeit der Kraftlinien nimmt zu im umgekehrten Verhältniss mit dem Quadrat der Entfernungen vom Pol“.

Da nun nach dem Coulomb'schen Gesetz die zwischen zwei Polen wirksame Kraft sich umgekehrt wie die Quadrate der Polentfernungen verhält, so ergibt sich, dass man diese Kraft auch durch die Anzahl der Kraftlinien, welche in der Entfernung r durch die senkrecht zur Krafrichtung stehende Einheit der Fläche gehen, messen kann. Je grösser die Anzahl dieser Kraftlinien ist, um so grösser wird also die anziehende oder abstossende Kraft in diesem Punkte sein, und die Grösse dieser Kraft nennt man die Intensität des magnetischen Feldes an dieser Stelle.

Bringt man einen zweiten Magnetpol in das magnetische Feld des ersteren, so wird dadurch die Richtung sämmtlicher Kraftlinien geändert, diejenigen des zweiten Poles suchen sich entweder mit denen des ersteren zu vereinigen oder von diesen zu entfernen, je nachdem die Pole ungleichnamig oder gleichnamig sind. Die vorher geraden radialen Kraftlinien bilden Kurven, deren Form sowohl von der Stärke jedes der beiden Pole, als auch von der Art, d. h. ob Süd- oder Nordpol, derselben abhängig ist. Die Form dieser Kraftlinien kann man sehr leicht in der Weise bildlich erhalten, dass man zwei Magnetpole unter eine Glasplatte bringt und, nachdem man auf dieselbe Eisenfeilicht gestreut hat, leicht an die Platte klopft. Die Feilspähne ordnen sich dann in bestimmten Kurven, welche der Form der Kraftlinien entsprechen.

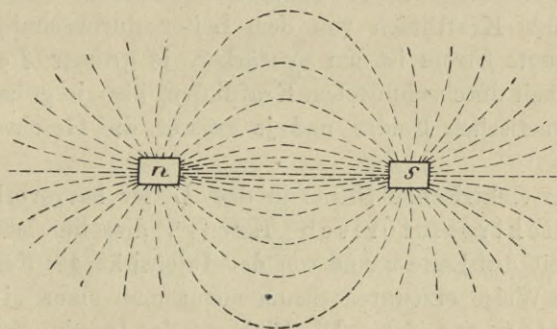
In der Fig. 1 sind diese Kraftlinien nach Form und Dichtigkeit dargestellt.

Jedoch nicht nur ein in das magnetische Feld eines anderen Poles gebrachter Magnetpol ändert die Richtung und Form der Kraftlinien und damit natürlich auch die Intensität des magnetischen Feldes an den verschiedenen Stellen, sondern auch jedes Stück weiches Eisen, welches in das magnetische Feld gebracht wird. Der Unterschied ist nur der, dass sich das weiche Eisen stets wie ein ungleichnamiger Pol verhält, also die Kraftlinien heranzuziehen strebt, und die Stärke des Poles hier durch die Masse des Eisens dargestellt wird. Das heisst also, je grösser die Masse des Eisens ist, welche man in ein magnetisches Feld bringt, um so grösser ist die Anzahl der an dies Eisen heran-

gezogenen und der durch dies Eisen selbst gehenden Kraftlinien. Hierin besitzt man also ein Mittel, die Intensität eines magnetischen Feldes an bestimmten Stellen zu vergrössern und dementsprechend an anderen Stellen zu verringern, also nach Bedürfniss zu ändern. Hierbei sei noch gleich der Erscheinung gedacht, dass, wenn das fragliche Eisenstück Hohlräume enthält, die Kraftlinien nicht durch diese gehen, sondern ihren Weg durch das volle Eisen nehmen, vorausgesetzt, dass die Masse des den Hohlraum umgebenden Eisens genügend gross ist. Die Kraftlinien häufen sich also in diesem Falle noch mehr in der umgebenden Eisenhülle an.

Das bisher Gesagte gilt nicht nur für Stahlmagnete, sondern auch in derselben Weise von solchen Magneten, die mit Hülfe des elektrischen Stromes erzeugt werden, den sogenannten „Elektromagneten“. Einen solchen erhält man, wenn man ein Stück weiches Eisen mit einem

Fig. 1.



Leitungsdraht in mehrfachen Windungen schraubenförmig umwickelt, und durch den Leiter einen elektrischen Strom gehen lässt. Es entsteht dann an dem Ende ein Südpol, an welchem — gegen den Pol gesehen — der Strom den Eisenkern in der Bewegungsrichtung des Uhrzeigers umkreist, während an dem anderen Ende, an welchem die Bewegungsrichtung, gegen diesen Pol gesehen, die umgekehrte ist, ein Nordpol gebildet wird.

Zur Bestimmung der Stromrichtung selbst sei schon an dieser Stelle die Ampère'sche Regel angegeben. Dieselbe lautet: „Denkt man sich in einem elektrischen Strome so schwimmend, dass der positive Strom an den Füßen ein- und am Kopfe wieder austritt, und das Gesicht dem Nordpol einer Magnetnadel zugewendet, so wird dieser nach links abgelenkt.“ Mit Hülfe dieser Regel und einer Magnetnadel (Kompass) ist man also stets in der Lage, die Richtung eines Stromes zu bestimmen.

II. Wechselwirkung zwischen Magnetpolen und dem elektrischen Strom.

Befindet sich in dem magnetischen Felde eines Magneten ein ruhender, frei beweglicher Leiter der Elektrizität aus Kupfer oder einem anderen nicht magnetischen Metall, so werden hierdurch die Kraftlinien des Feldes nicht beeinflusst, und auch der Leiter selbst erfährt durch dieselben keinerlei Einwirkung. Dies ändert sich jedoch sofort, wenn ein Strom durch diesen Leiter geleitet wird, es tritt dann sofort eine Bewegung des Leiters sowie eine Ablenkung der Kraftlinien ein. Die Kraft, mit welcher diese Bewegung angestrebt wird, hängt sowohl von der Intensität des magnetischen Feldes, als auch von der Stärke des elektrischen Stromes ab, welcher den Leiter durchfließt. Der elektrische Strom leistet also in diesem Falle eine Arbeit. Umgekehrt entsteht in dem Leiter ein Strom, wenn man durch eine äussere Kraft, also durch Arbeitsaufwendung die Intensität des magnetischen Feldes entweder durch Bewegung des Leiters oder des Magnetpoles ändert. In beiden Fällen wird eine Anzahl Kraftlinien von dem Leiter durchschnitten, und der hierdurch erzeugte Strom ist um so stärker, je grösser die Anzahl der in der Zeiteinheit durchschnittenen Kraftlinien, also je grösser die Intensität des magnetischen Feldes und je grösser die Geschwindigkeit der Bewegung ist.

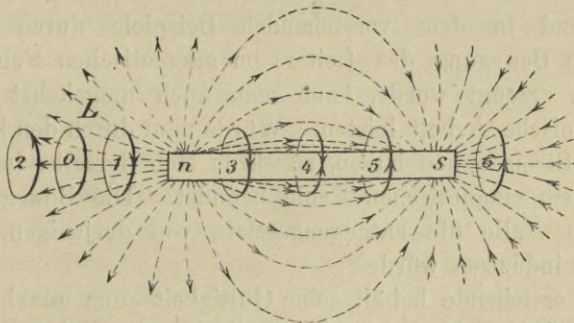
Die den elektrischen Strom in dem Leiter hervorbringende Kraft nennt man „elektromotorische Kraft“, dieselbe ist also von der Geschwindigkeit des Leiters und von der Intensität des Feldes abhängig. Den auf diese Weise erzeugten Strom nennt man einen „induzierten“ oder „Induktionsstrom“. Die Richtung des Induktionsstromes hängt davon ab, ob die in der Zeiteinheit durchschnittene Zahl Kraftlinien während der Bewegung zu- oder abnimmt. Um diese Richtung zu bestimmen, muss man zunächst eine bestimmte Sehrichtung, in welcher man den Leiter zu betrachten hat, annehmen. Hierzu eignet sich am besten die Richtung der Kraftlinien selbst. Man denkt sich dieselben vom Nordpol eines Magneten ausgehend nach dem Südpole hin verlaufend, also in derselben Richtung, welche durch den Nordpol einer kleinen in das magnetische Feld gebrachten Magnetnadel angezeigt wird. Denkt man sich einen kreisförmigen Leiter in einem magnetischen Feld bewegt, so lautet die Regel zur Bestimmung der Richtung des Induktionsstromes folgendermassen:

„Betrachtet man den Leiter in der durch den Nordpol einer kleinen Magnetnadel angegebenen Richtung, so wird in dem bewegten Leiter ein Induktionsstrom erzeugt, welcher in der Bewegungsrichtung des Uhrzeigers verläuft, wenn die Anzahl der durch die Fläche des Leiters tretenden Kraftlinien während der Bewegung abnimmt, dagegen ein Strom von der entgegengesetzten Richtung, wenn die Anzahl der Kraftlinien zunimmt.“

Dieser Satz soll des besseren Verständnisses wegen zunächst an einem Beispiele näher erläutert werden.

In der Fig. 2 ist ein Stabmagnet mit den Polen n und s und einer Anzahl Kraftlinien dargestellt. Die in den Kraftlinien eingetragenen Pfeile geben die nach Obigem bestimmte Richtung derselben an. Der kreisförmige Leiter L befindet sich in einiger Entfernung vor dem Nordpol. Nähert man jetzt L dem Nordpol, indem man ihn von 0 nach 1 hin bewegt, so nimmt hierbei die Anzahl der durch die Fläche von L tretenden Kraftlinien zu, es entsteht also ein Strom, welcher den Leiter in der der Uhrzeigerbewegung entgegengesetzten Richtung umkreist, wenn man den Leiter in Richtung der Kraftlinien, d. h. von n aus betrachtet. Entfernt man dagegen den Leiter vom Pol, bewegt ihn also nach 2 hin, so nimmt die Anzahl der durch die Leiterfläche tretenden Kraftlinien ab und demnach hat der jetzt induzierte Strom die entgegengesetzte Richtung des vorher bei der Annäherung entstandenen. Bewegt man den Leiter L von 0 über 1 hinaus nach 3 hin, so nimmt die An-

Fig. 2.



zahl der durchtretenden Kraftlinien zunächst zu, bis der Leiter sich über n befindet und seine Fläche tangential zu den Kraftlinien steht. Der auf diesem Wege entstehende Strom geht in der schon angegebenen Richtung auf der vorderen Seite des Leiters von oben nach unten. Bei der Weiterbewegung nach 3 hin nimmt die Anzahl der durch die Fläche von L tretenden Kraftlinien wieder ab, der Strom geht also in der Richtung des Uhrzeigers. Da man aber jetzt den Leiter von der andern Seite zu betrachten hat, so bleibt seine Richtung im Leiter selbst dieselbe, also auf der vorderen Seite von oben nach unten. Diese Richtung behält auch der Strom bei der Weiterbewegung, bis L nach 4 über die Mitte des Stabmagneten kommt, denn bis zu dieser Stelle findet fortwährend eine dauernde Abnahme der durchtretenden Kraftlinien statt. Denkt man sich den Leiter bei 4 um ein sehr kleines Stück nach der einen oder anderen Richtung bewegt, so wird hierbei die Anzahl der durchtretenden Kraftlinien nicht geändert, weil sich der Leiter an dieser Stelle parallel zur Tangente der Kraftlinien bewegt, und in Folge dessen

wird an dieser Stelle überhaupt kein Strom induziert werden. Sobald man jedoch den Leiter über 4 hinaus nach 5 bringt, nimmt die Anzahl der in Betracht kommenden Kraftlinien wieder zu; die Richtung des Induktionsstromes ist also der der Uhrzeigerbewegung entgegengesetzt, und der Strom geht in der vorderen Hälfte des Leiters von unten nach oben. Es hat also eine Richtungsänderung des Stromes stattgefunden. Diese Stromrichtung bleibt im Leiter bestehen, bis sich derselbe über s befindet. Bei der Weiterbewegung nach 6 nimmt die Anzahl der Kraftlinien wieder ab, der Strom folgt der Richtung der Uhrzeigerbewegung, aber zugleich hat sich der Standpunkt des Beobachters geändert; denn der Richtung der Kraftlinien zu Folge muss man L jetzt von rechts betrachten, so dass also die Richtung des Induktionsstromes im Leiter selbst keine Aenderung erfahren hat, in der vorderen Hälfte also von unten nach oben verläuft.

Während der ganzen Bewegung von links nach rechts wechselt der induzierte Strom nur einmal seine Richtung, und dies geschieht an der Stelle, wo sich der Leiter parallel zur Tangente der Kraftlinien bewegt, und wo momentan kein Strom induziert wurde.

Während in dem vorstehenden Beispiele durch mechanische Arbeit — die Bewegung des Leiters im magnetischen Feld — ein Induktionsstrom erzeugt wurde, kann man auch umgekehrt durch einen Strom mechanische Arbeit leisten. Würde man durch den kreisförmigen Leiter einen Strom gehen lassen, so würde sich derselbe bewegen, wenn er sich in einem magnetischen Felde befindet. Die Bewegungsrichtung ist in diesem Falle die entgegengesetzte von derjenigen, welche denselben Strom induzieren würde.

Das Vorstehende behält seine Gültigkeit ganz unabhängig davon, ob das magnetische Feld durch einen Stahlmagneten oder einen Elektromagneten hervorgerufen wird. Die Gleichheit dieser Werthe sei hier nochmals hervorgehoben.

III. Der elektrische Strom.

Bevor zur Anwendung der vorstehenden Gesetze auf die Dynamomaschine übergegangen wird, sollen noch die nothwendigen Erläuterungen über den elektrischen Strom, dessen Stärke, Spannung und Messung näher ausgeführt werden. Bei jedem elektrischen Strom, welcher einen Leiter durchfließt, gleichgültig ob derselbe durch ein galvanisches Element oder durch eine Dynamomaschine erzeugt worden ist, unterscheidet man:

- a) die den elektrischen Strom hervorbringende Kraft, „die elektromotorische Kraft“,
- b) die „Stärke“ oder „Intensität“ des Stromes,

- c) die dem Durchfliessen des Stromes durch den Leiter widerstehende Kraft des Leiters, den „Leitungswiderstand“ oder kurz „Widerstand“ des Leiters.

Die elektromotorische Kraft ist diejenige zwischen zwei Körpern wirkende Ursache, welche zwischen diesen Körpern einen Unterschied in ihrem elektrischen Zustande hervorruft, d. h. den einen Körper stärker elektrisch erregt, als den anderen, und diesen Unterschied dauernd fortbestehen lässt. Verbindet man die beiden verschiedenen stark elektrisch erregten Körper durch einen Leiter, so äussert sich diese verschiedene Erregung durch das Entstehen eines elektrischen Stromes im Leiter, welcher von dem stärker erregten Körper zu dem anderen übertritt. Da nun die elektromotorische Kraft diesen Unterschied dauernd erhält, so wird in Folge dessen auch der Strom ein dauernder sein.

In der Praxis versteht man jedoch im allgemeinen unter elektromotorischer Kraft für gewöhnlich nicht diese den verschiedenen elektrischen Zustand hervorrufoende Kraft, sondern meist die Folge derselben — bezeichnet also die Wirkung einer Ursache mit dem Namen der Ursache selbst — den Grössenunterschied in der elektrischen Erregung beider Körper, und bezeichnet diesen Unterschied, welcher also genau genommen die Folge der vorhandenen elektromotorischen Kraft ist, mit dem Namen „elektromotorische Kraft“ oder besser mit „Spannung“ des elektrischen Stromes.

Mit Stromstärke oder Intensität des Stromes bezeichnet man die Grösse der Kraftwirkung, welche der elektrische Strom z. B. auf Magnetpole ausübt, und mit Leitungswiderstand die der Bewegung des Stromes im Leiter entgegen wirkende Kraft des Leiters.

Diese Grössen kann man sehr gut mit denjenigen einer unter Druck stehenden Wasserleitungs-Anlage vergleichen. Die den Druck im Rohrnetze bewirkende direkte Ursache ist allerdings in erster Linie die Druckhöhe, diese ist jedoch selbst nur eine Folge einer anderen Ursache, des Arbeitens der Pumpmaschine. Die Pumpe erhält in Folge ihres Arbeitens den Höhenunterschied zwischen Ausflussöffnung und Oberfläche im Reservoir, also die Druckhöhe. Man kann demnach die Pumpenanlage mit der elektromotorischen Kraft und die Druckhöhe mit der Spannung des elektrischen Stromes vergleichen. Ebenso, wie bei der betrachteten Wasserleitung für diese selbst es gleichgültig ist, an welchem Orte, d. h. in welcher absoluten Höhenlage dieselbe sich befindet, und für die Anlage selbst nur die Druckhöhe massgebend ist, ebenso kommt es bei den analogen elektrischen Erscheinungen nur auf den Unterschied in der Grösse der Erregung der Körper, also auf die elektrische Spannung des Stromes an.

Die in der Zeiteinheit durch einen beliebigen Querschnitt der Rohrleitung fliessende Wassermenge, welche gleich der Ausflussmenge aus diesem Rohre ist, ist mit der Intensität des Stromes zu vergleichen, und

der sich beim Durchgang des Wassers im Rohre bildende Reibungswiderstand entspricht dem Leitungswiderstand des Stromleiters.

Ebenso, wie nun der Reibungswiderstand einen Theil der Druckhöhe konsumirt, ebenso wird durch den Leitungswiderstand ein gewisser Theil der Spannung aufgehoben, und ebenso, wie bei der hydraulischen Anlage der Querschnitt der Rohre durch die Ausflussmenge — bei gegebenen Druckhöhen-Verlust — bedingt ist, ebenso bedingt eine gewisse Stromintensität einen bestimmten Leitungsquerschnitt, wenn der Spannungsverlust gegeben ist. Wie ferner mit der grösseren Ausflussmenge bei gleichem Rohrquerschnitt ein grösserer Druckhöhenverlust verbunden ist, ebenso ist mit der grösseren Intensität bei gleichem Leitungsquerschnitt ein grösserer Spannungsverlust verknüpft. Endlich kann man auch noch die Festigkeit bezw. Wandstärke der Rohre mit der den Leiter umgebenden Isolirung vergleichen, denn wie eine grössere Druckhöhe bei der Wasserleitungs-Anlage stärkere Rohrwandungen erfordert, ebenso bedingt die grössere Stromspannung eine bessere Isolirung des Leiters.

Nach dem von Ohm aufgefundenen Gesetz ist die Intensität eines Stromes um so grösser, je grösser die elektromotorische Kraft oder Spannung desselben und je kleiner der Widerstand des Leiters ist.

Bezeichnet man mit J die Intensität, mit E die elektromotorische Kraft und mit W den Widerstand des Leiters, so findet nach dem Ohm'schen Gesetz folgende Beziehung statt:

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

worin k eine Konstante bedeutet, welche von der Wahl der Einheiten abhängig ist. Wählt man demnach für die Einheit der elektromotorischen Kraft (Spannung), der Intensität und des Widerstandes solche Grössen, dass die Konstante = 1 wird, so fällt diese heraus. Eine solche Einheit für die elektromotorische Kraft (Spannung) ist das Volt (V). Dies ist ungefähr dieselbe elektromotorische Kraft, welche ein Daniell'sches Element — aus Kupfer in Kupfervitriol-Lösung und Zink in verdünnter Schwefelsäure bestehend — besitzt. Da vor der Festsetzung des Volt als Masseneinheit vielfach die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes als Einheit angenommen wurde, so soll noch das genauere Verhältniss beider Einheiten zu einander angegeben werden. Bezeichnet man die elektromotorische Kraft eines solchen Elementes mit D , so ist

$$1 V = 0,893 D \text{ oder } 1 D = 1,12 V.$$

Als Einheit des Widerstandes gilt das Ohm (O). Dies ist der Widerstand, den eine Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt und 1,06 m Länge besitzt. Einen fast annähernd eben so grossen Widerstand hatte Siemens vor der Festsetzung des Ohms als Masseinheit vorgeschlagen, nämlich denjenigen einer Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt bei 1 m Länge. Diesen Widerstand nennt man ein Siemens = 1 S , und es ist demnach

$$1 S = \frac{1}{1,06} O = 0,915 O \text{ oder } 1 O = 1,06 S.$$

Als praktische Einheit der Intensität ist das Ampère (A) gewählt worden, das ist diejenige Stromstärke, welche man erhält, wenn man einen Strom von der Spannung $1 V$ durch einen Widerstand von $1 O$ gehen lässt. Zwischen diesen drei Einheiten besteht demnach die einfache Beziehung:

$$1 A = \frac{1 V}{1 O}$$

oder

$$A = \frac{V}{O}.$$

Diese Einheiten sind als praktische Masseinheiten auf dem elektrischen Kongress in Paris im Jahre 1881 festgesetzt worden und sind seitdem in der Praxis als solche in Gebrauch.

Die Stromstärke wird bei genaueren Untersuchungen durch die Grösse der Ablenkung, welche eine Magnethnadel durch einen in ihrer Nähe vorbei geführten Strom erleidet, mit Hülfe einer Tangenten- oder Sinus-Busssole gemessen. Oder man benützt hierzu die Eigenschaft des Stromes, Metalle aus Metallsalzlösungen niederzuschlagen. Zur letzteren Methode sei beispielsweise erwähnt, dass ein Strom von $1 A$ in der Stunde $1,182 \text{ g}$ Kupfer aus einer Lösung Kupfervitriol fällt.

Für die Praxis würden diese Untersuchungen viel zu umständlich und zeitraubend sein, und man gebraucht hierfür besondere Instrumente, welche unter dem Namen „Ampèremeter“ oder „Lampenzähler“ geliefert werden. Dieselben geben allerdings die Stromstärke nicht so genau an, wie dieselbe mit Hülfe der ersterwähnten Methoden ermittelt werden kann, auch müssen die Skalen der Ampèremeter erst mit Hülfe dieser Methoden hergestellt werden, jedoch genügt die Genauigkeit derselben für Beleuchtungsanlagen vollständig, und ausserdem haben diese Apparate den Vortheil, dass man zu jeder Zeit die Stromstärke direkt ablesen kann.

Diese Instrumente beruhen im Prinzip meist darauf, dass durch den zu messenden Strom, welcher in seiner ganzen Stärke durch wenige Windungen eines entsprechend starken Drahtes um einen weichen Eisenkern geführt wird, ein Elektromagnet gebildet wird. Die Grösse der anziehenden Kraft dieses Elektromagneten, welche von der Zahl der Ampère-Windungen, d. h. dem Produkt aus Anzahl der Windungen mal Stromstärke in Ampère, abhängig ist, wird auf einem vor dem Pol befindlichen Anker aus weichem Eisen gemessen. Dieser Anker wird entweder durch eine Feder oder durch ein Gegengewicht vom Pole entfernt gehalten, und die Grösse der Annäherung, welche also der Stromstärke direkt proportional ist — da die Zahl der Windungen konstant ist — auf einen Zeiger übertragen.

Oder man führt den Leitungsdraht um eine hohle Holzrolle — bildet also ein sogenanntes „Solenoid“ — und bringt in diese Holzrolle einen Magnetpol oder ein Stück Eisen so an, dass die Einwirkung des Stromes auf diesen Pol bzw. Eisen einen Zeiger in Bewegung setzt, welcher auf der empirisch festgesetzten Skala die Stromstärke anzeigt.

Bei den von Schuckert gefertigten Ampèremetern wird dieser Anker durch einen kleinen excentrisch aufgehängten Eisencylinder gebildet, welcher direkt den Zeiger trägt. Die Skala dieser Instrumente wird, wie schon erwähnt, experimentell entweder mit Hülfe eines schon fertigen Ampèremeters oder mit Hülfe einer Bussole festgestellt.

Zur Messung der Spannung dienen ganz ähnliche nach demselben Prinzip gebaute Instrumente, „Voltmeter“ genannt. Dieselben unterscheiden sich nur dadurch von den Ampèremetern, dass an Stelle der dort vorhandenen wenigen Windungen dicken Drahtes mit sehr geringem Widerstand, hier eine sehr grosse Anzahl Windungen eines sehr dünnen Drahtes mit möglichst grossem Widerstand vorhanden ist, wofür der Grund später angegeben wird, und dass hier nicht der ganze Strom, sondern nur ein kleiner Bruchtheil desselben, durch diesen Draht geleitet wird. Die Grösse der anziehenden Kraft des Elektromagneten ist zwar auch hier abhängig von der Zahl der Ampère-Windungen, also von der Intensität des durchgehenden Stromes; da aber nach dem Ohm'schen Gesetz

$$J = \frac{E}{W}, \text{ also } E = J \cdot W$$

ist, und der Widerstand des Instrumentes konstant ist, so ist in diesem Falle die Spannung proportional der Intensität, und die Grösse des Zeigerausschlages giebt demnach zugleich ein Mass für die Spannung.

Der Leitungswiderstand wird in O angegeben. Derselbe kann in den meisten Fällen ohne Zuhülfenahme besonderer Instrumente vollständig genau genug direkt berechnet werden. Der Widerstand eines Leiters wächst proportional mit seiner Länge und nimmt proportional mit seinem Querschnitt ab, so dass also, wenn l die Länge des Leiters in Metern, q den Querschnitt in Quadratmillimetern und k eine von dem Material des Leiters abhängige Konstante bezeichnet, der Widerstand dieses Leiters

$$W = k \frac{l}{q}$$

ist. Der Koeffizient k wird der „spezifische Widerstands-Koeffizient“ genannt, dessen Grösse, wie schon erwähnt, vom Material des Leiters abhängig ist. Soll W in Ohm angegeben werden, so beträgt derselbe für Quecksilber 0,944, für Eisen 0,093, für Kupfer 0,015 und für Neusilber 0,2. Setzt man also in die Formel

$$W = k \frac{l}{q}$$

den dem Material entsprechenden Werth für k , ferner l in Meter und q in Quadratmillimeter ein, so erhält man W in Ohm. Mit Hülfe des

$$W = k \frac{l}{q}$$

werde von der Stromintensität J durchflossen. Der Strom vertheilt sich bei A in die drei parallelen Zweigleitungen mit den Widerständen

$$w_1 = k_1 \frac{l_1}{q_1},$$

$$w_2 = k_2 \frac{l_2}{q_2}$$

und

$$w_3 = k_3 \frac{l_3}{q_3}.$$

Jede dieser Zweigleitungen werde von den bezüglichlichen Stromstärken i_1 bzw. i_2 bzw. i_3 durchflossen, welche sich bei B wieder zum Hauptstrom mit der Intensität J vereinigen. Nach dem I. Kirchhoff'schen Satze soll die algebraische Summe der Stromstärken an einem Kreuzungspunkte gleich Null sein, also bei Punkt A

$$1) J - i_1 - i_2 - i_3 = 0 \text{ oder } J = i_1 + i_2 + i_3.$$

Dieselbe Gleichung erhält man für Punkt B . Den zweiten Satz, nach welchem die Summe der Produkte aus Stromstärke mal Widerstand in einem geschlossenen, keine Stromquelle enthaltenden Kreise gleich Null ist, kann man sowohl auf den zwischen A und B liegenden Kreis $ADBC$, als auch auf den Kreis $AFBD$ anwenden, und man erhält hiernach die Gleichungen

$$2) i_1 w_1 = i_2 w_2$$

und

$$3) i_2 w_2 = i_3 w_3.$$

Endlich kommt für die Kreise $QACBQ$, $QADBQ$ und $QAFBQ$, welche sämmtlich die Stromquelle Q erhalten, der dritte Satz zur Anwendung, nach welchem man die Gleichungen

$$4) JW + i_1 w_1 = E,$$

$$5) JW + i_2 w_2 = E$$

und

$$6) JW + i_3 w_3 = E$$

erhält. Aus diesen letzten drei Gleichungen folgt

$$4a) i_1 = \frac{E - JW}{w_1},$$

$$5a) i_2 = \frac{E - JW}{w_2}$$

und

$$6a) i_3 = \frac{J - EW}{w_3}.$$

Setzt man diese Werthe in Gleichung 1 ein, so erhält man

$$7) J = (E - JW) \left(\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3} \right).$$

Bezeichnet man nun den von den drei parallelen Zweigleitungen zusammen gebildeten Widerstand mit x , so muss nach dem Ohm'schen Gesetz

$$8) J = \frac{E}{W + x}$$

sein, denn W ist der Widerstand der ungetheilten Hauptleitung und x der Gesamtwiderstand der drei Abzweigungen. Aus Gleichung 8 folgt

$$9) J (W + x) = E = JW + Jx.$$

Setzt man diesen Werth für E in Gleichung 7 ein, so erhält man

$$10) J = (JW + Jx - JW) \left(\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3} \right)$$

oder

$$J = Jx \left(\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3} \right)$$

oder

$$x = \frac{1}{\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3}}$$

oder endlich

$$x = \frac{w_1 \cdot w_2 \cdot w_3}{w_1 w_2 + w_2 w_3 + w_1 w_3}$$

Hieraus ergibt sich folgende Regel zur Ermittlung des Gesamt-Widerstandes von Zweig- oder Parallel-Leitungen:

„Man erhält den gemeinsamen Widerstand von n Abzweigungen, wenn man das Produkt aus sämtlichen n Widerständen durch die Summe der n Produkte der Widerstände, deren jedes $(n - 1)$ Faktoren hat, dividirt.“ Hat man demnach den Widerstand von zwei Zweigleitungen zu bestimmen, so ergibt sich derselbe nach dieser Regel zu

$$x = \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2}.$$

Für diesen speziellen Fall, welcher in der Praxis sehr häufig vorkommt, kann man die Regel kürzer fassen, und zwar:

„Man erhält den Widerstand zweier Zweigleitungen, wenn man das Produkt der Einzelwiderstände durch die Summe der Widerstände dividirt.“

Für diesen speziellen Fall, dass also nur zwei Abzweigungen mit den Widerständen w_1 und w_2 , sowie die Hauptleitung mit dem Widerstand W vorhanden ist, sollen noch die Grössen J , i_1 und i_2 bestimmt werden, um im späteren Verlaufe der Abhandlung direkt auf diese Stelle Bezug nehmen zu können.

Es ist

$$J = \frac{E}{W + x}$$

und

$$x = \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2};$$

demnach

$$W + x = W + \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2} = \frac{Ww_1 + Ww_2 + w_1 w_2}{w_1 + w_2},$$

also ergibt sich

$$J = \frac{E (w_1 + w_2)}{w_1 w_2 + Ww_1 + Ww_2}.$$

Ferner folgt aus der Bezeichnung

$$E = JW - i_1 w_1; i_1 = \frac{E - JW}{w_1}$$

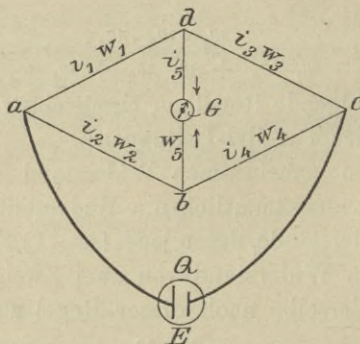
und, setzt man in diese Gleichung den Werth für J ein, so ist

$$i_1 = \left[E - \frac{E (w_1 + w_2) W}{w_1 w_2 + Ww_1 + Ww_2} \right] : w_1$$

oder, dies weiter ausgeführt:

$$i_1 = \frac{E w_2}{w_1 w_2 + Ww_1 + Ww_2}.$$

Fig. 4.



In derselben Weise erhält man aus der Bezeichnung $E = JW - i_2 w_2$ den Werth für

$$i_2 = \frac{E w_1}{w_1 w_2 + Ww_1 + Ww_2}.$$

Mit Hülfe dieser Sätze und der von Wheatstone angewandten Stromverzweigung „Wheatstone'schen Brücke“, ist man im Stande, mit leichter Mühe Widerstände zu bestimmen. Das Prinzip dieser Brückenmethode ist in der Skizze Figur 4 dargestellt. Die von der Stromquelle Q mit der elektromotorischen Kraft E ausgehende Hauptleitung mit dem Widerstande W verzweigt sich in die beiden Zweigleitungen $a d c$ und $a b c$. Beide Zweige sind durch eine dritte Leitung $d b$, welche ein Galvanometer enthält, mit einander verbunden, und diese theilt jede der beiden Zweigleitungen wieder in je zwei Theile, so dass im Ganzen sechs Leitungsstrecken vorhanden sind: $a Q c$, $a d$, $a b$, $d c$, $c b$, und $d b$ mit den bezüglichen Widerständen W , w_1 , w_2 , w_3 , w_4 , und w_5 und den Stromstärken J , i_1 , i_2 , i_3 , i_4 , und i_5 . Für die einzelnen Kreuzungs-

punkte erhält man mit Hilfe der Kirchhoff'schen Sätze folgende Beziehungen:

$$1) J = i_1 + i_2$$

bei Punkt *a*

$$2) J = i_3 + i_4$$

bei Punkt *c*;

$$3) i_1 = i_3 + i_5$$

bei *d*;

$$4) i_4 = i_2 + i_5$$

bei *b*; und ferner für die einzelnen Stromkreise:

$$5) i_1 w_1 + i_5 w_5 - i_2 w_2 = 0$$

für Kreis *adb*;

$$6) i_5 w_5 + i_4 w_4 - i_3 w_3 = 0$$

für Kreis *dbe*;

$$7) E = J W + i_1 w_1 + i_3 w_3$$

für Kreis *Qad c Q* und

$$8) E = J W + i_2 w_2 + i_4 w_4$$

für Kreis *Qabc Q*. Durch Ausführung dieser Gleichungen könnte man nun die einzelnen Werthe bestimmen; in diesem Falle interessiert aber nur, die Bedingung kennen zu lernen, unter welcher $i_5 = 0$ wird, d. h. also: Wie müssen die einzelnen Widerstände beschaffen sein, wenn durch die das Galvanometer enthaltende Brücke *db* kein Strom gehen soll?

Aus Gleichung 3 ergibt sich, dass, wenn $i_5 = 0$ wird, $i_1 = i_3$ sein muss und aus Gleichung 4 wird unter derselben Voraussetzung $i_4 = i_3$. Ferner geht Gleichung 5 über in $i_1 w_1 = i_2 w_2$, und ebenso Gleichung 6 in $i_3 w_3 = i_4 w_4$. Dividirt man diese letzten beiden Gleichungen durch einander, so erhält man

$$\frac{i_1 w_1}{i_3 w_3} = \frac{i_2 w_2}{i_4 w_4}$$

und, da $i_1 = i_3$ und $i_2 = i_4$ sein muss, so erhält man

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

oder auch

$$w_1 w_4 = w_2 w_3$$

als die gesuchte Bedingung; d. h.:

„Soll durch die Brücke *db* kein Strom gehen, so muss das Produkt der Widerstände der gegenüberliegenden Leiter einander gleich sein.“

Sind nun drei von diesen Widerständen bekannt, so kann man aus obiger Gleichung den vierten leicht ermitteln. Will man z. B. den Widerstand eines Kohlenstabes bestimmen, so schaltet man in die Leitung *db* das Galvanometer ein, welches, sobald ein Strom durch diese Leitung geht, diesen durch den Ausschlag seiner Magnetnadel anzeigt. Schaltet man nun den zu untersuchenden Kohlenstab in die

Leitung dc ein und macht noch zur grösseren Bequemlichkeit $w_1 = w_2$, wählt ferner für w_4 einen leicht veränderlichen Widerstand, etwa in Form eines genügend langen dünnen Drahtes, von welchem man je nach Bedarf ein mehr oder weniger langes Ende in bc einschalten kann und schliesst jetzt die Hauptleitung an die Stromquelle an, so wird zunächst die Magnetnadel einen Ausschlag zeigen, also ein Strom durch die Brücke gehen. Man vergrössert bezw. verkleinert die Drahtlänge von w_4 so lange, bis die Magnetnadel keinen Ausschlag mehr angiebt, dann geht auch kein Strom durch die Brücke, und man kann jetzt obige Gleichung zur Ermittlung des Widerstandes des Kohlenstabes anwenden, nachdem man sich den Widerstand des für w_4 eingeschalteten Drahtes berechnet hat. Nach dieser soll $w_1 w_4 = w_2 w_3$ sein, und da $w_1 = w_2$ gemacht worden ist, so folgt unmittelbar $w_4 = w_3$. Der Kohlenstab besitzt also denselben Widerstand wie der für w_4 eingeschaltete Draht, den man aus Länge, Querschnitt und den bezügl. Widerstandskoeffizienten leicht berechnen kann.

Diese Methode ist in ihrer Ausführung sehr einfach, erfordert nur wenig Instrumente und ist daher für die Praxis sehr bequem anzuwenden.

Es bleibt jetzt noch zu untersuchen, welche Wirkung der Strom auf den durchflossenen Leiter selbst ausübt.

Fasst man einen von einem genügend starken Strom durchflossenen Draht an, so fühlt man, dass sich derselbe immer mehr und mehr bis zu einer bestimmten Höchsttemperatur erwärmt. Wählt man zu diesem Versuch einen recht dünnen Draht mit grossem Widerstand und einen Strom von grosser Intensität, so tritt sogar ein Erglühen, eventuell auch ein Schmelzen des Drahtes ein. Diese Erscheinungen zeigen, dass der Strom bei seinem Durchgang durch Leiter Wärme entwickelt. Dieser Vorgang ist von Joule näher untersucht worden und demselben ist es gelungen, das Gesetz zu ermitteln, nach welchem die Wärmeentwicklung erfolgt. Joule fand, dass die Erwärmung um so schneller und stärker erfolgte, je grösser einestheils der Widerstand des Leiters und anderntheils die Stromstärke war. Bei gleichem Widerstand des Leiters fand er ferner, dass die Erwärmung nicht proportional mit der Intensität, sondern mit dem Quadrat derselben zunahm. Hieraus ergibt sich das Gesetz für die durch einen Strom von der Intensität J in einem Leiter vom Widerstande W entwickelte Wärmemenge

$$Q = \alpha W J^2,$$

worin die Konstante α den Werth $\alpha = 0,24$ hat, wenn W in Ohm und J in Ampère gegeben ist. Die entwickelte Wärmemenge erhält man dann in Grammkalorien. (Eine Grammkalorie ist diejenige Wärmemenge, welche 1 g Wasser zur Erhöhung seiner Temperatur um 1° C. gebraucht.)

Da nun nach dem Ohm'schen Gesetz

$$A = \frac{V}{O} \text{ oder } V = A \cdot O \text{ oder } O = \frac{V}{A}$$

ist, so kann man das Joule'sche Gesetz auch schreiben:

$$Q = 0,24 V \cdot A = 0,24 \frac{V^2}{O} = 0,24 O \cdot A^2.$$

Es sei hierbei noch bemerkt, dass in Folge der Erwärmung des Leiters sich auch der Widerstand desselben erhöht, und zwar kann man für die gewöhnlich in Frage kommenden Metalle eine Vermehrung des Widerstandes von 0,0038 auf 1 ° C. Erwärmung des Leiters annehmen, so dass sich hiernach der Widerstand eines Leiters, welcher bei 0 ° den Widerstandskoeffizienten k_0 besitzt, bei t^0 auf $k_0 (1 + 0,0038 t)$ erhöht. Eine Ausnahme von dieser allgemeinen Regel macht nur die Gaskohle, deren Widerstand mit der grösseren Temperatur um ein geringes abnimmt. Da nun Wärme gleichwerthig mit Arbeit ist, so leistet also der Strom bei dem Durchgang durch den Leiter eine Arbeit. Es erübrigt jetzt noch zum Schluss dieses Abschnittes, die von einem Strome geleistete Arbeit zu bestimmen.

Man kann hierzu wieder den bereits oben gewählten Vergleich zwischen einer Wasserleitungsanlage und dem elektrischen Strom benutzen, da auch für diesen Fall ganz analoge Beziehungen bestehen. Wie bereits oben gesagt, kann man die Intensität eines Stromes mit der Ausflussmenge und die Spannung mit der Druck- bzw. Gefällhöhe vergleichen. Die der ausfliessenden Wassermenge entsprechende Arbeit ermittelt sich aus dem Produkt des Gewichtes dieser Wassermenge und der Druck- bzw. Gefällhöhe derselben, also $A = \alpha Q \cdot h$. Ganz entsprechend wird auch die von einem Strome geleistete Arbeit durch das Produkt aus Intensität und Spannung dargestellt, so dass auch hier die Formel für die Arbeit entsprechend $A = \alpha J \cdot E$ lautet. Ebenso, wie man beim Messen des ausfliessenden Wassers und des Gefälles gewisse Einheiten annehmen muss, und sich hiernach der Werth von α richtet, also z. B. für h in m und Q in cbm, $\alpha = 1000$ ist, wenn die Arbeit in Meterkilogrammen ausgedrückt werden soll, ebenso hat auch hier die Konstante einen von der Wahl der Einheiten abhängigen Werth.

Will man z. B. die Arbeit eines Stromes in Meterkilogramm darstellen, so muss man, wenn J in Ampère und E in Volt gegeben ist, das Produkt dieser durch 9,81 dividiren, so dass also die Arbeit in Meterkilogramm =

$$\mathfrak{M} \text{ mkg} = \frac{\text{Anzahl Volt} \cdot \text{Anzahl Ampère}}{9,81}$$

ist, oder, wenn diese Arbeit in Pferdestärken ausgedrückt werden soll,

$$\mathfrak{M} H = \frac{\text{Anzahl Volt} \cdot \text{Anzahl Ampère}}{9,81 \cdot 75} = \frac{V \cdot A}{736}$$

d. h. also 736 Volt-Ampère sind gleichwerthig mit einer elektrischen Pferdekraft. Beispielsweise würde ein Strom von 13 A Stromstärke und 113 V Spannung eine elektrische Arbeit von $\frac{113 \cdot 13}{736} = \text{rund } 2$ Pferdekraften darstellen.

Um nun die in einem Leiter erzeugte Wärmemenge in Arbeit umzurechnen, hat man folgende Beziehungen: 1 kg-Kalorie ist = 424 mkg Arbeit, 1 mkg Arbeit = 9,81 Volt-Ampère und 1 kg-Kalorie = 1000 g-Kalorien; demnach ist

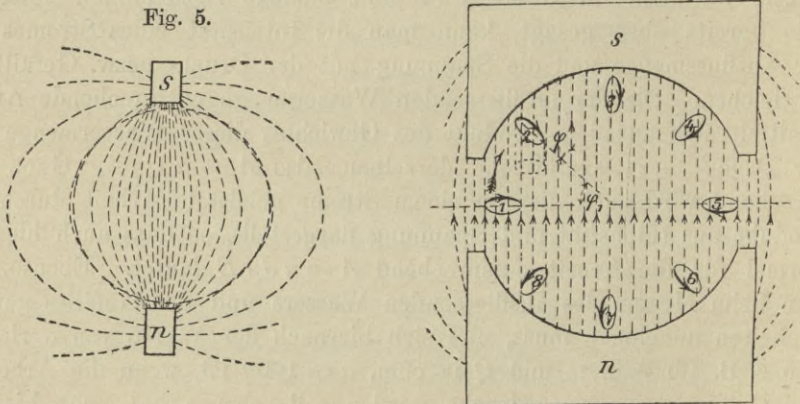
$$1 \text{ g-Kalorie} = \frac{1 \text{ kg-Kalorie}}{1000} = \frac{424 \cdot 9,81 \text{ V-A}}{1000}$$

oder endlich 1 g-Kalorie = 0,416 Volt-Ampère Arbeit.

IV. Die dynamo-elektrischen Maschinen.

Im Abschnitt I dieser Abhandlung war bereits gezeigt, wie ein Induktionsstrom in einem Leiter entsteht, wenn letzterer durch ein magnetisches Feld bewegt wird. Um einen solchen Induktionsstrom zu erzeugen, ist also einestheils ein magnetisches Feld und andernteils ein

Fig. 6.



geschlossener bewegter Leiter erforderlich. Wie schon oben näher ausgeführt, wird das magnetische Feld durch den von den magnetischen Kraftlinien durchstrichenen Raum gebildet, und die Intensität des Feldes ist um so grösser, je mehr Kraftlinien auf die senkrecht zu letzteren stehend gedachte Einheit der Fläche kommen.

Sind nun die das magnetische Feld erzeugenden Magnetpole nur von geringer Ausdehnung, so wird das durch sie gebildete Feld in der Intensität sehr ungleichmässig. Die Intensität des Feldes, also die Anzahl der Kraftlinien pro Flächeneinheit, wird namentlich unmittelbar zwischen den Polen sehr gross (vergl. Fig. 5), nimmt aber nach den Seiten hin sehr schnell ab. Ausserdem fällt eine grosse Anzahl Kraftlinien ausserhalb des benützbaren Raumes, welcher sich auf eine Kreisfläche beschränkt, deren Durchmesser ungefähr gleich dem Abstand der beiden Pole ist. Um nun ein Feld von grösserer Gleichmässigkeit zu

erhalten und um ferner möglichst viele Kraftlinien nutzbar zu machen, erweitert man die Magnetpole dadurch, dass man an dieselben sogenannte „Polschuhe“ von weichem Eisen ansetzt. Hierdurch erhält man ein Feld, dessen Kraftlinien fast parallel von einem Polschuh zum anderen verlaufen.

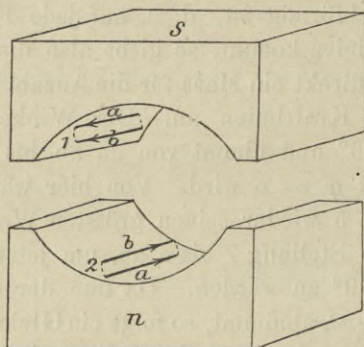
Es soll nun untersucht werden, welche Induktionsströme in einem kreisförmigen Leiter entstehen, welcher sich auf einer kreisförmigen Bahn in dem magnetischen Feld zwischen den Polen bewegt. Hierzu vergl. Fig. 6.

Die Bewegung des Leiters erfolge in der Richtung 1, 2, 3, 4, . . . 7, 8, 1. Die Fläche des Leiters besitzt in der Stellung 1 ihre grösste Ausdehnung senkrecht zur Richtung der Kraftlinien gemessen. Die Richtung der Kraftlinien ist, wie hier nochmals hervorgehoben sei, stets vom Nordpol zum Südpol zu nehmen. In der Stellung 2 bilde die Fläche des Leiters mit den Kraftlinien den Winkel φ , die Projektion der Fläche auf eine senkrecht zu den Kraftlinien stehende Ebene ist dann $F \cdot \sin \varphi$. Da nun die Anzahl der durchtretenden Kraftlinien stets auf eine senkrecht zu dem letzteren stehende Fläche bezogen werden muss, und da ferner das Feld nahezu gleichförmig ist, d. h. auf jede Flächeneinheit nahezu dieselbe Anzahl Kraftlinien kommt, so giebt also die Grösse der Flächenprojection $= F \cdot \sin \varphi$ direkt ein Mass für die Anzahl der durch die Fläche des Leiters tretenden Kraftlinien an. Der Winkel φ hat in 1 seinen grössten Werth von 90° und nimmt von da ab bis zur Stellung 3 fortwährend ab, woselbst $\varphi = 0$ wird. Von hier wächst derselbe wieder, bis er in der Stellung 5 wieder seinen grössten Werth von 90° erreicht, nimmt dann wieder in Stellung 7 bis 0 ab, um jetzt wieder zuzunehmen, und in 1 wieder $= 90^\circ$ zu werden. Da nun der sinus des Winkels in ähnlicher Weise zu- bzw. abnimmt, so folgt ein Gleiches für die Projektion der Fläche $= F \sin \varphi$, und entsprechend wechselt also auch die Anzahl der durch die Fläche des Leiters selbst gehenden Kraftlinien. Bewegt sich also der Leiter von 1 über 2 nach 3, so nimmt die Anzahl der in Frage kommenden Kraftlinien ab, es entsteht also ein Strom in der Richtung des Uhrzeigers von n aus gesehen, auf der vorderen Hälfte des Leiters also von oben nach unten. Diese Richtung im Leiter behält auch der Strom während der Weiterbewegung von 3 über 4 nach 5. Hierbei nimmt allerdings die Anzahl der Kraftlinien wieder zu, und der Induktionsstrom verläuft in der der Uhrzeigerbewegung entgegengesetzten Richtung, aber man betrachtet jetzt den Leiter von der entgegengesetzten Seite und die Richtung des Stromes im Leiter selbst bleibt demnach ungeändert. In dem Moment, wo der Leiter durch die Stellung 5 geht, bewegt sich derselbe momentan parallel zu den Kraftlinien, und es findet somit an dieser Stelle keine Aenderung der Anzahl derselben statt, mithin wird an dieser Stelle kein Strom induzirt. Bei der Weiterbewegung über 6 nach 7 nimmt die Anzahl der Kraftlinien wieder ab, der induzirte Strom geht im Leiter in der Richtung des Uhrzeigers, also auf der vorderen Hälfte des Leiters von oben nach unten. Der Induktionsstrom hat also im Leiter selbst

seine Richtung unmittelbar hinter 5 gewechselt. Diese Stromrichtung bleibt — aus denselben Gründen wie für die obere Hälfte der Bewegung — auf der ganzen unteren Hälfte der Bahn ungeändert, um erst wieder bei 1 zu wechseln, woselbst wieder wie bei 5 während eines Momentes kein Strom erregt wird. Genauer betrachtet sind die in dieser Weise entstehend gedachten Ströme jedoch nur Differenz-Ströme zwischen einem stärkeren in der äusseren Hälfte des Leiters induzirten und einem schwächeren, welcher in der inneren Hälfte erregt wird.

Zur besseren Erläuterung dieses Vorganges denke man sich zwei parallele Leiter a und b , deren durch sie gebildete Fläche radial liegt, parallel mit sich selbst im Kreise um die Achse bewegt. In beiden Leitern werden nun Ströme von gleicher Richtung entstehen, und zwar nach dem vorher Gesagten in der Stellung 1 in der Nähe des Südpoles (vergl. Fig. 7) von hinten nach vorn und in der Stellung 2 von vorn nach hinten verlaufend. Der Leiter a macht aber bei einer Umdrehung einen grösseren

Fig. 7.

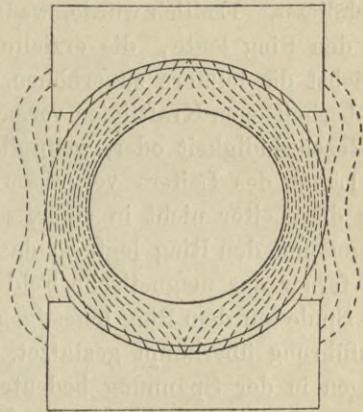
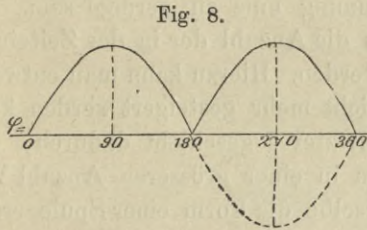


Weg als der näher der *Axe* gelegene Leiter b , und schneidet in Folge dessen auch mehr Kraftlinien als letzterer. Dadurch wird in a ein Strom von grösserer Spannung als der in b erzeugte induzirt, und die Folge davon ist, dass, wenn man die Enden von a und b verbindet, der in a entstehende Strom denjenigen von b vernichtet, wodurch allerdings ein gleich grosser Theil von ersterem mit aufgehoben wird. Der Rest des in a induzirten Stromes umkreist dann den rechteckigen oder kreisförmigen Leiter in der oben geschilderten Richtung. Die Grösse der Spannung eines induzirten Stromes hängt von der Anzahl der in der Zeiteinheit durchschnittenen Kraftlinien ab. Bei der Bewegung des kreisförmigen Leiters auf seiner Bahn ist diese Anzahl in der Stellung 1 und 5 gleich 0, während sie in 3 und 7 am grössten ist. Die Spannung des induzirten Stromes ist also ebenfalls bei 1 und 5 gleich 0, d. h. es wird kein Strom erzeugt, während dieselbe bei 3 und 7 ihren grössten Werth erreicht.

Die ein Mass für die Zahl der durchtretenden Kraftlinien bildende Projection der Fläche des Leiters auf eine senkrecht zur Kraftlinie stehende Fläche war $= F \cdot \sin \varphi$. Die bei unendlich kleiner Weiterbewegung

entstehende Zu- bzw. Abnahme dieser Fläche wird demnach durch den Werth $d F \cdot \sin \varphi = F \cdot \cos \varphi$ dargestellt, und da ferner der cosinus des Winkels zwischen Richtung der Fläche und den Kraftlinien gleich dem sinus des Drehwinkels φ_1 ist, so folgt, dass die Zu- bzw. Abnahme der Projektion der Fläche und dementsprechend die Zu- bzw. Abnahme der Kraftlinien, oder die Aenderung in der Spannung des induzirten Stromes, in demselben Verhältniss wie die Aenderung des sinus des Drehwinkels erfolgt. Demnach kann man auch den Verlauf der Aenderung in der Spannung durch die Sinus-Kurve des Drehwinkels darstellen. Trägt man also die Drehwinkel als Abscissen auf, so giebt die zugehörige Ordinate der Sinus-Kurve die Spannung des im Leiter induzirten Stromes an, wie dies Fig. 8 zeigt, in welcher jedoch, da die Spannung stets positiv zu nehmen ist, die untere Hälfte der Sinus-Kurve nach oben verlegt ist.

Fig. 9.



Um nun die besprochene schädliche Wirkung des inneren Theils des kreisförmigen Leiters möglichst zu verringern, muss man mit Hülfe von weichem Eisen die Kraftlinien von diesem Theil des Leiters fern zu halten suchen. Dies gelingt, wenn man den Leiter auf einen Ring von weichem Eisen wickelt. Die Kraftlinien werden jetzt, wenn der Ring die nöthige Masse hat, in den inneren Raum desselben nicht eindringen, sondern ihren Weg durch die Eisenmasse des Ringes nehmen; dadurch werden zugleich die vorher schädlich wirkenden Kraftlinien des inneren Raumes für die äussere Ringhälfte des Leiters nutzbar gemacht. In Fig. 9 ist dieser Verlauf der Kraftlinien eingetragen, dieselbe zeigt, wie die die Gegenströme der inneren Leiterhälfte erzeugenden Kraftlinien beseitigt sind, und wie zugleich eine Vergrösserung der Intensität des Feldes an den Stellen erzielt wird, welche von der äusseren Leiterhälfte durchschnitten werden.

Die zu Anfang der Betrachtung vorausgesetzte Gleichheit der Intensität des Feldes ist jetzt allerdings nicht mehr vorhanden; dadurch wird jedoch die Richtung der induzirten Ströme selbst nicht geändert,

sondern nur deren Spannung, welche jetzt nicht mehr genau in der vorher ermittelten Weise, der Sinus-Kurve entsprechend, ab- bzw. zunehmen wird.

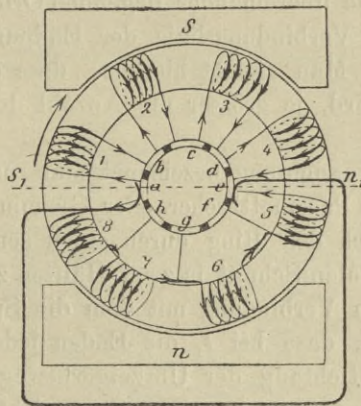
Würde man jetzt die Enden des den Ring umgebenden Leiters so nach der Achse leiten, dass an diese ein äusserer Stromkreis angeschlossen werden könnte, so würde man in letzterem einen Strom erhalten, welcher von 0 anfangend nach $\frac{1}{4}$ Drehung des Ringes seinen grössten Werth erhält, um dann wieder nach $\frac{1}{2}$ Umdrehung zu 0 zu werden. Jetzt würde der Strom seine Richtung wechseln, um erst zuzunehmen und dann wieder bis 0 abzunehmen, und jetzt abermals seine Richtung wechseln. Dieser Strom würde aber für die Praxis zu ungleich sein und ausserdem würde das magnetische Feld zu wenig ausgenützt, weil nur immer die Stelle desselben, an welcher sich der Leiter momentan befindet, benützt wird. Ferner ist es für viele Zwecke angenehmer, einen Strom zu erhalten, welcher den äusseren Stromkreis stets in derselben Richtung durchfliesst. Endlich würde, wenn man den Leiter nur in einer Windung um den Ring legte, die erzielte Spannung eine zu geringe sein. Um zunächst die letztere zu erhöhen, muss die Anzahl der in der Zeiteinheit durchschnittenen Kraftlinien vermehrt werden. Hierzu kann man entweder die Geschwindigkeit oder, wenn diese nicht mehr gesteigert werden kann, die Länge des Leiters vergrössern. Letzteres geschieht dadurch, dass man den Leiter nicht in einer, sondern in einer grösseren Anzahl Windungen um den Ring legt, so dass derselbe die Form einer Spule erhält. Um ferner das magnetische Feld mehr auszunützen, wird man nicht nur eine Spule auf dem Ring befestigen, sondern so viele, als es die praktische Ausführung überhaupt gestattet. Dadurch werden zugleich die Schwankungen in der Spannung bedeutend gemildert, denn es wird sich dann immer nach einer sehr kleinen Drehung, deren Grösse von der Anzahl der Spulen abhängig ist, eine Spule in ihrer grössten Wirkung befinden.

Es handelt sich jetzt noch um die Gleichrichtung der induzierten Ströme im äusseren Stromkreis. Dies ermöglicht man mit Hülfe des Kommutators oder Kollektors (auch Stromwenders oder Stromsammlers). Derselbe besteht aus so vielen von einander und gegen die Achse isolirten Metallstäben oder Lamellen, als Spulen auf dem Ringe vorhanden sind, und welche zusammen in Form eines Cylinders konzentrisch zur Achse auf letzterer befestigt sind. Nachdem dann die einzelnen Spulen auf den Ring gewickelt sind, verbindet man den Anfang der ersten Spule mit der zunächst gelegenen Lamelle *a* (vgl. Fig. 10 auf S. 27), das Ende dieser Spule jedoch mit der neben liegenden Lamelle *b*. An letztere schliesst man den Anfang der zweiten Spule an und bringt das Ende derselben wieder mit der nächsten Lamelle *c* in Verbindung usw. Statt dessen kann man auch, wie dies in der Fig. 10 bei den Spulen 5, 6, 7 und 8 gezeigt ist, den Anfang einer Spule direkt mit dem Ende der vorhergehenden verbinden und braucht dann nur von der Verbindungsstelle aus einen Draht nach der zugehörigen Lamelle zu führen. Hierdurch sind

sowohl alle Spulen nacheinander leitend mit einander verbunden, als auch jede Spule mit zwei von einander isolirten Sammler-Lamellen. Gegen die einzelnen Lamellen, welche, wie schon erwähnt, konaxial in cylindrischer Form an der Achse befestigt sind, schleifen an zwei gegenüberliegenden Lamellen zur Ableitung des Stromes zwei Bürsten, an welche sich der äussere Stromkreis anschliesst. Der Vorgang ist jetzt folgender:

Der in der Spule 1 induzirte Strom geht durch die zur Lamelle *b* führenden Drähte, bezw. bei direkter Verbindung der Enden der Spulendrähte durch diese Verbindungsstelle zur Spule 2, nimmt den dort induzirten, welcher von gleicher Richtung ist, mit auf und beide gehen zur Spule 3. Nach Aufnahme des hier induzirten Stromes gehen alle drei zur Spule 4, vereinigen sich jetzt mit dem Strom dieser Spule und würden jetzt zur Spule 5 gehen, wenn nicht der in dieser Spule induzirte Strom die entgegengesetzte Richtung hätte; die in der oberen

Fig. 10.



Hälfte entstehenden Induktionsströme werden daher, wenn an die bei Lamelle *e* aufliegende Bürste ein geschlossener äusserer Stromkreis anschliesst, durch den Verbindungsdraht nach *e* und von hier durch die Bürste in den äusseren Stromkreis gehen, dessen anderes Ende an die bei Lamelle *a* aufliegende Bürste anschliesst. In ganz derselben Weise geht in der unteren Ringhälfte der Strom von Spule 8 nach Spule 7, beide nach 6 und diese drei nach 5. Man erkennt, dass, wenn kein äusserer Stromkreis an die Bürsten angeschlossen ist, die Induktionsströme der oberen und die der unteren Ringhälfte in *e* zusammenstossen und sich gegenseitig aufheben würden; dass jedoch, wenn ein äusserer Stromkreis in der vorstehend gedachten Weise vorhanden ist, die Induktionsströme beider Ringhälften vereinigt durch diesen gehen werden. Der jetzt im äusseren Kreise vorhandene Strom behält seine Richtung dauernd bei und besitzt eine fast konstant bleibende Spannung, während die Intensität dieses Stromes doppelt so gross ist, als die in jeder Ringhälfte

erzeugte. Zugleich erkennt man, dass beide Ringhälften im Verhältniss zum äusseren Stromkreis parallel zu einander geschaltet sind, also eine doppelte Verzweigung mit gleichen Einzelwiderständen bilden. Es bleibt noch festzustellen, wie sich die Spannung dieses Induktionsstroms verhält. Wie bereits gezeigt, nimmt die Spannung jeder Spule ihrem Drehwinkel entsprechend von 0 bis 90° zu und von 90 bis 180° wieder ab. Sind nun n Spulen auf dem Ringe vorhanden, so kommt nach jeder Drehung von $\frac{360^\circ}{n}$ immer eine Spule zu ihrer höchsten Wirkung, hierauf nimmt die Spannung etwas ab, um abermals nach $\frac{360^\circ}{n}$ Weiterdrehung ihren höchsten Werth wieder zu erhalten. Diesen Verlauf kann man sich leicht graphisch darstellen, wenn man für jede Spule die Spannungskurve (Sinuskurve) so über der Abscissen-Axe konstruirt, dass der Anfang jeder derselben um $\frac{360^\circ}{n}$ von dem der vorhergehenden Kurve entfernt liegt. Addirt man die übereinander liegenden Ordinaten dieser Kurven, so erhält man in der Verbindungslinie der Endpunkte dieser Ordinaten die gesuchte Kurve. Man ersieht hieraus, dass die Spannung um so gleichmässiger sein wird, je grösser die Anzahl der auf dem Ringe befindlichen Spulen ist.

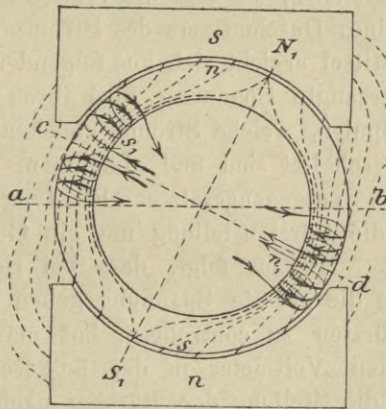
Diese ganze Vorrichtung bezeichnet man nach den Namen ihrer Erfinder entweder als Paccinotti'scher oder Gramme'scher Ring-Induktor.

Denkt man sich den Ring durch einen senkrecht zu den Kraftlinien stehenden achsialen Schnitt in zwei Hälften zerlegt und betrachtet jede dieser Hälften in Verbindung mit dem die Spulen durchfliessenden Strom, so zeigt sich, dass bei s_1 die Enden jeder der beiden Hälften vom Strome in der Richtung der Uhrzeigerbewegung umkreist werden, während bei n_1 die entgegengesetzte Stromrichtung stattfindet. Die Folge ist, dass jede der beiden Hälften einen Elektromagneten bildet, und zwar liegen bei n_1 die beiden Nordpole und bei s_1 die Südpole dieser Magnete. Bei der Drehung des Ringes bleiben die Pole an diesen Stellen im Raume bestehen, wandern also im Ringe selbst.

Zugleich wird durch die das magnetische Feld bildenden Hauptpole der dem Südpol s gegenüber liegende Theil des Ringes zu einem Nordpol (n) und der dem Nordpol gegenüber liegende Theil desselben zu einem Südpol (s) umgewandelt. Der Ring erhielte also hiernach vier Pole, welche je um einen rechten Winkel von einander entfernt liegen. Da jedoch die beiden Nordpole (n) und n_1 sowie die beiden Südpole (s) und s_1 zusammenliegen, werden diese Pole nicht für sich bestehen, sondern die beiden Nordpole n und n_1 werden zusammen einen gemeinschaftlichen Nordpol N_1 und die beiden Südpole s und s_1 einen gemeinschaftlichen Südpol S_1 im Ringe bilden, deren Lage von dem Verhältniss der Stärke des Poles n zu n_1 bzw. s zu s_1 abhängig ist.

Je stärker der Induktionsstrom den Ring polarisirt, um so mehr werden die resultirenden Pole N_1 und S_1 zur Seite verschoben erscheinen. Wie man aus der Skizze (Fig. 11) sieht, findet diese Verschiebung immer im Sinne der Drehrichtung des Ringes statt. Die Folge dieser Verschiebung der Pole ist, dass auch die Richtung der Kraftlinien geändert wird; auch diese gehen jetzt nicht mehr von dem Polschuh N aus nach gerade gegenüber liegenden Punkten von S , sondern ihre Richtung wird nun auch derjenigen der beiden resultirenden Pole N_1 S_1 parallel. Hieraus folgt wiederum, dass sich die beiden Stellen, an welchen sich die Spulen parallel zu den Kraftlinien bewegen, und an welchen demnach kein Strom induzirt wird, um ebensoviel in der Drehrichtung verschieben werden. Die Verbindungslinie dieser Punkte, die „neutrale Achse“, ist also um einen gewissen Winkel gegen ihre ursprünglich angenommene Lage gedreht. Diese Verschiebung der neutralen Achse, sowie der resultirenden Pole und der wirkliche Verlauf der Kraftlinien ist in Fig. 11 skizzirt.

Fig.11.



Die den Strom vom Stromwender abnehmenden Bürsten müssen nun ebenfalls in der Drehrichtung des Ringes verschoben werden; denn würde man die Bürsten an den der Richtung $a b$ angehörigen Sammler-Lamellen zur Anlage bringen, so würde der zwischen a und c induzierte Strom, welcher die entgegengesetzte Richtung des im Theile $c b$ erzeugten Stromes besitzt, den letzteren schwächen, und ausserdem würde dieser Theil des Stromes der unteren Ringhälfte verloren gehen.

Ganz dasselbe ist an der gegenüber liegenden Stelle zwischen b und d der Fall. Sind z. B. auf einem Ringe n Spulen vorhanden, und wären die Bürsten gegen die neutrale Linie $c d$ um $\frac{360^\circ}{n}$ zurückgestellt, so werden in jeder Ringhälfte nur noch $\left(\frac{n}{2} - 1\right)$ Spulen einen

gleichgerichteten Strom erzeugen, und ausserdem wird durch die eine entgegengesetzt wirkende Spule die Wirkung einer anderen Spule aufgehoben, so dass also nur noch $\left(\frac{n}{2} - 2\right)$ Spulen in jeder Ringhälfte als wirksame Spulen übrig bleiben. Demnach werden also von den n Spulen des Ringes $n - 2 \left(\frac{n}{2} - 2\right) = 4$ Spulen wirkungslos. Man erkennt hieraus, wie wichtig es ist, dass die Bürsten genau in der neutralen Linie zur Anlage kommen. Eine falsche Bürstenstellung hat ausserdem noch den Nachtheil, dass sich an den Anlagestellen der Bürsten am Sammler eine starke Funkenbildung einstellt, welche durch den entgegengesetzten Strom der unrichtig eingeschalteten Spulen gebildet wird, und diese wirkt sehr zerstörend auf die Sammler-Lamellen ein. Diese Erscheinung bietet aber zugleich ein Mittel, die falsche Stellung der Bürsten zu erkennen und zu beseitigen; man verstellt einfach das Bürstenpaar so lange, bis die Funkenbildung ein Minimum ist, wobei man aber darauf achten muss, dass die beiden Bürsten stets einander genau gegenüberstehen, so dass die Anlagestellen derselben stets in den Endpunkten eines Durchmessers des Stromsammlers liegen.

Ein ferneres Mittel ergibt sich aus folgender Betrachtung. Die in jeder Ringhälfte erzeugte Spannung wird ihren grössten Werth erreichen, wenn alle Spulen, welche Ströme gleicher Richtung induziren, in dieser Hälfte eingeschaltet sind und abnehmen, sobald auch nur ein Theil einer Spule in entgegengesetzter Richtung induzirt wird, was sofort eintritt, wenn die Bürstenstellung um ein Geringes von der neutralen Linie abweicht. Hieraus folgt, dass bei richtiger Stellung der Bürsten die Maschine die grösste Spannung geben wird. Um demnach die Stellung der Bürsten zu controliren, hat man nur nöthig, einen möglichst empfindlichen Voltmeter in den äusseren Stromkreis einzuschalten und hierauf die Stellung der Bürsten nach beiden Richtungen hin etwas zu ändern. Nimmt die Spannung hierbei nach beiden Seiten hin ab, so standen die Bürsten richtig, andernfalls muss durch weiteres Verstellen der Bürsten unter gleichzeitiger Beobachtung des Voltmeters der Punkt der grössten Spannung festgestellt werden.

Um einen ununterbrochenen Strom zu erhalten, ist es wesentlich, dass jede der beiden Bürsten schon die nächste Lamelle berührt, bevor die vorhergehende Lamelle verlassen ist. Es tritt dadurch also während eines Momentes eine direkte Verbindung der beiden Lamellen durch die Bürste ein, und die zwischen diesen beiden Lamellen befindliche Spule bildet für diesen Augenblick einen in sich durch die Bürste geschlossenen Leiter. Wenn nun die betreffende Spule ganz stromlos wäre, würde dieser „Kurzschluss“ keinen wesentlichen Nachtheil haben; in Wirklichkeit werden aber stets in dieser „kurz geschlossenen“ Spule noch sogenannte Extrastrome induzirt, welche durch das plötzliche Aus-

schalten und hierauf unmittelbare Wiedereinschalten in dem äusseren Stromkreis entstehen. Die Richtung dieser Extraströme ist theilweis der des Hauptstromes entgegengesetzt. Diese Ströme treten an den Kanten der beiden, durch die Bürste mit einander verbundenen Lamellen über und geben zu einer Funkenbildung an diesen Punkten Veranlassung. Es wird sich also stets, auch wenn die Bürsten ganz richtig anliegen, eine, jedoch nur schwache Funkenbildung an den Bürsten bemerkbar machen, welche nicht mehr durch weiteres Verstellen derselben beseitigt werden kann. Liegen die Bürsten aber an einer unrichtigen Stelle des Sammlers auf, so wird sich eine bedeutend stärkere Funkenbildung zeigen, weil sich dann die kurz geschlossene Spule noch in einem wirksamen Theil des magnetischen Feldes befindet, demnach ausser den Extraströmen noch der vom magnetischen Feld herrührende Induktionsstrom von einer Lamelle zur andern übergeht.

Die Folge dieser Funkenbildung, welche also namentlich an den Kanten der Lamellen auftritt, ist, dass diese Kanten eine stärkere Abnutzung als der übrige Theil der Lamelle erleiden, und daher erscheint nach einer gewissen Betriebszeit die Oberfläche der Lamelle nach einem kleineren Radius gekrümmt, als es dem Durchmesser des Sammlers entsprechen würde.

Der Satz, dass in jedem durch ein magnetisches Feld bewegten Leiter Induktionsströme entstehen, findet nicht allein auf den den Ring umgebenden Leiter, sondern auch auf den Eisenkern des Ringes selbst seine Anwendung. Auch in diesem werden Ströme induziert, welche parallel zur Achse des Ringes verlaufen. Diese Ströme sind von Foucault näher untersucht und deshalb mit dem Namen Foucaultsche Ströme belegt worden. Sie äussern ihr Vorhandensein dadurch, dass sie den Ring- oder Ankerkern erwärmen; zugleich bedingen sie einen gewissen Verlust an Arbeit, da jeder Induktionsstrom zu seiner Erzeugung einen bestimmten Aufwand von Arbeit erfordert, so dass diese Ströme den Gang der Maschine ganz unnöthig erschweren. Um dieselben nun so gering wie möglich zu machen, muss man den Ankerkern in achsialer Richtung, oder allgemeiner, in der Richtung, in welcher die Extraströme verlaufen, möglichst oft theilen, und die einzelnen Theile, welche sich als ringförmige flache Scheiben darstellen, durch Isolirung von einander trennen. Dagegen darf keine Trennung des Kernes in radialer Richtung erfolgen, weil dadurch der Weg der Kraftlinien unterbrochen wird.

Besitzt der Eisenkern des Ringes die genügende Masse, so wird dadurch im günstigsten Falle die bei der genaueren Betrachtung über die Entstehung des Induktionsstromes besprochene schädliche Wirkung des inneren Theiles der Windungen aufgehoben und nur durch die Polarität des Ringes selbst werden in diesem Theil der Windungen schwache

Induktionsströme erzeugt. Die Wirkung dieser Hälfte des ganzen Drahtes ist also nur eine sehr geringe. Hieraus folgt, dass die Nutzwirkung des Drahtes verhältnissmässig um so geringer ist, je grösser die Ausdehnung des Gramme'schen Ringes in achsialer Richtung ist, vorausgesetzt, dass man nicht zu den sehr komplizirten Konstruktionen schreitet, bei welchen im Innern des Ringes nochmals Elektromagnetpole gebildet werden. Aus diesem Grunde ist man auch grösstentheils von der Ausführung dieses Cylinderringes zurückgekommen und fertigt an dessen Stelle den Flachring an, dessen Ausdehnung in achsialer Richtung verringert, dagegen in radialer Richtung vergrössert ist.

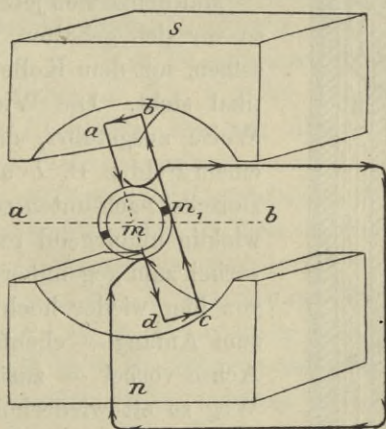
Bei den Flachring-Induktoren kann man dadurch leicht den grösseren Theil des Drahtes nutzbar machen, dass man die Polschuhe so ausbildet, dass sie den Flachring umfassen, oder man bringt zu beiden Seiten des Ringes gegenüberstehende Pole an, zwischen welchen sich der Flachring bewegt. Dadurch wird der Draht fast in seiner ganzen Länge nutzbar gemacht. Der Flachring hat jedoch noch den Nachtheil, dass die Wickelungshöhe der einzelnen Spulen, und damit auch die Drahtlänge jeder Spule, beschränkt ist, weil der innere Umfang des Ringes viel kleiner ist als der äussere. Man kann deshalb den Spulendraht bei grösserer Wickelungshöhe im Innern des Ringes nicht unterbringen, und ausserdem muss ein grösserer Theil des äusseren Ringumfanges unbedeckt bleiben, weil die Endflächen jeder Spule aus Zweckmässigkeits-Rücksichten für die Ausführung der Wickelung parallel sein müssen. Dagegen besitzen die Flachring-Anker den grossen Vortheil, dass jede Spule von den andern unabhängig ist und bei Beschädigung des Drahtes einer derselben diese Spule leicht abgewickelt und wieder neu gewickelt werden kann.

Im Jahre 1872 wurde von v. Hefener-Alteneck ein neuer Induktor, der sogenannte Trommelinduktor, konstruirt, welcher die Nachtheile des Gramme'schen Cylinder- und Flachringes beseitigt.

Bei diesem Induktor wird der den Kern umgebende Leiter in Form eines Rechteckes so durch das magnetische Feld geführt, dass, wenn die eine Längseite des Rechteckes vom Nordpol induzirt wird, die Induzirung der anderen Längsseite durch den Südpol erfolgt. Um die Entstehung und den Verlauf dieser Induktionsströme zu verfolgen, ist in Fig. 12 ein solcher Leitungsdraht $a b c d a$, dessen Fläche durch die Drehachse $m m$ geht, nebst den Magnetpolen perspektivisch dargestellt. Denkt man sich diesen Leiter in der Richtung der Uhrzeigerbewegung um die Achse bewegt, so entsteht in derselben Weise und aus denselben Gründen, wie beim Ringinduktor, beim Südpol in dem Leiter $a b$ ein Induktionsstrom in der Richtung von b nach a , und zugleich in dem Leiterstück $c d$ ein vom Nordpol induzirtes Strom in der Richtung von d nach c . Beide Ströme sind in achsialer Richtung zwar entgegengesetzt gerichtet,

verlaufen jedoch im Leiter selbst in einer einander verstärkenden Richtung, da beide Leiterstücke durch die Leiter $a d$ und $c b$ mit einander verbunden sind. In diesem Leiter entsteht also bei der Drehung um seine Achse ein dauernder Strom, der denselben in der Richtung $m_1 b a m d c m_1$ umkreist. Verbindet man demnach das eine Ende des Leiters mit der einen Lamelle eines zweitheiligen Kommutators und das andere Ende mit der anderen Lamelle desselben und schliesst an die Schleiffedern den äusseren Stromkreis an, so erhält man in letzterem einen ununterbrochenen Strom von gleichbleibender Richtung. Die Stromrichtung im bewegten Leiter ändert sich zwar, sobald derselbe über die neutrale Achse hinaus bewegt wird, bleibt aber in Folge des Kommutators im äusseren Stromkreise dieselbe. Auch dieser Leiter wird in dem Moment, in welchem sich die beiden Leiterstücke $a b$ und $c d$ parallel zu den Kraftlinien bewegen, wenn also die Fläche des Leiters mit der neutralen Achse zusammenfällt, stromlos aus ganz denselben Gründen, wie solche beim Ringinduktor näher ausgeführt waren.

Fig.12.



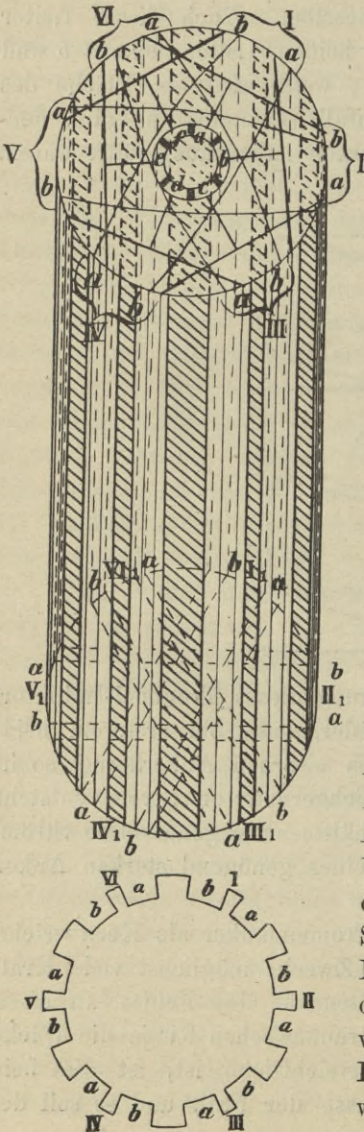
Der Unterschied zwischen der Wirkung dieses Trommel-Induktors und des Gramme'schen Ringes ist also der, dass bei ersterem beide Leiterhälften auch ohne Anwendung eines eisernen Ankerkernes so induziert werden, dass im Leiter ein gleichgerichteter Strom entsteht, während beim letzteren die innere Leiterhälfte entgegengesetzte Ströme induziert, welche nur durch Anwendung eines genügend starken Ankerkernes beseitigt werden können.

Man verwendet jedoch auch beim Trommelanker als Kern weiches Eisen, dasselbe hat aber hier nur den Zweck, möglichst viele Kraftlinien heranzuziehen und dadurch die Intensität des Feldes an dieser Stelle zu erhöhen. Während aber beim Gramme'schen Ring die Wicklung selbst eine sehr einfache und übersichtliche ist, ist dies beim Trommel-Induktor nicht in gleichem Masse der Fall, und es soll des-

halb im Folgenden die Ausführung einer solchen Trommelwicklung genauer beschrieben werden.

Als Beispiel sei der in Fig. 13 skizzierte, mit 6 Spulen zu versehende Induktor gewählt. Man theile zunächst den Umfang des Induktors in 6 gleiche Theile (Felder). Würde man die Spulen direkt auf diese Felder so aufwickeln, dass die Ebene jeder Spule durch die Achse geht, so müsste, nachdem man die ersten drei Spulen auf die Felder *I* und *IV*, *II* und *V*, *III* und *VI* gewickelt hätte, die vierte Spule über die erste, die fünfte über die zweite und die sechste über die dritte gewickelt werden. Hierbei würden aber Drähte mit

Fig. 13.



großem Spannungsunterschied über einander zu liegen kommen, was leicht Verletzungen der Isolirung der Drähte zur Folge hat. Um dies zu vermeiden, theile man jedes der sechs Felder nochmals in zwei Theile, so dass also im Ganzen 12 Felder entstehen.

Man denke sich jetzt die eiserne Trommel so vor sich gehalten, dass die Achse derselben, mit dem Kollektor nach oben, vertikal steht. Die Wicklung wird in der Weise ausgeführt, dass man, bei irgend einem Feld z. B. *Ia* anfangend, den Draht zunächst nach unten zu I_1a , von hier rechtwinklig umbiegend rechts neben der Achse vorbei zum gegenüberliegenden Feld IV_1b , von hier wieder hoch nach IVb und jetzt zum Anfang — ebenfalls rechts neben der Achse vorbei — zurückführt, und diesen Weg so oft wiederholt, bis die Spule mit der nöthigen Anzahl Windungen versehen ist. Das letzte Ende dieser Spule, welches bei IVb hochkommt, führt man direkt zum Anfang der nächsten Spule nach dem Felde *IIa* und umgibt diese Spule in der Richtung $IIa II_1a V_1b Vb IIa$ mit derselben Anzahl Windungen. Mit dem bei Vb hochkommenen Ende beginnt man wieder direkt die Spule $IIIa III_1a VI_1b VIb IIIa$ zu wickeln. Nach Vollendung dieser Spule geht man mit dem Ende derselben von VIb nach IVa und wickelt die Spule $IVa IV_1a Ib I_1b$ in dieser Richtung. Das bei Ib hochkommende Ende wird wieder zum Anfang der fünften Spule

nach Va geführt und die Wickelung $Va V_1a II_1b IIb$ vorgenommen und mit dem bei IIb erscheinenden Ende derselben die letzte Spule in der Richtung $VIa VI_1a III_1b IIIb$ mit der nöthigen Anzahl Windungen versehen. Das Ende dieser Spule ist nun noch mit dem Anfang der ersten Spule bei Ia zu verbinden und die Wickelung selbst ist fertig.

Um die Verbindung der einzelnen Spulen mit den Sammler-Lamellen zu bewirken, hat man nur nöthig, die sechs Verbindungs- oder Uebergangsdrähte $IVb IIa, Vb IIIa, VIb IVa, Ib Va, IIb VIa$, und $IIIb Ia$ mit den zunächst gelegenen Sammler-Lamellen zu verbinden, also in derselben Weise, wie dies für die Spulen der unteren Ringhälfte beim Ring-Induktor oben skizzirt war, und der Induktor ist zum Gebrauch fertig. Die sämmtlichen Spulen stellen einen in sich geschlossenen Kreis dar, und ferner liegt jede Spule zwischen zwei benachbarten Lamellen.

Um den Verlauf des Induktionsstromes festzustellen, denke man sich den Induktor zwischen zwei Magnetpole N und S gebracht. Das Feld I sei gerade ganz über die neutrale Achse in den Bereich des Nordpales getreten, dann befindet sich also das Feld IV gerade ganz unter der Einwirkung des Südpales. Der im Feld $Ia I_1a$ induzirte Strom vereinigt sich mit dem in $IV_1b IVb$ erzeugten, vereinigt gehen beide nach IIa , den Strom der Spule $IIa II_1a V_1b Vb$ aufnehmend und von hier zur Spule $IIIa III_1a VI_1b VIb$. Der von diesen drei Spulen induzirte Strom stösst jetzt im Uebergangsdraht nach IVa auf den von dieser Spule herrührenden, entgegengesetzt gerichteten Strom und geht deshalb zur Lamelle e , vorausgesetzt, dass an dieser Lamelle die Bürste anliegt, an welcher der äussere Stromkreis anschliesst.

Verfolgt man jetzt die in den Spulen $IIIb III_1b VI_1a VIa, IIb II_1b V_1a Va$ und $Ib I_1b IV_1a IVa$ in dieser Richtung induzirten Ströme, so sieht man, dass sich auch die Ströme dieser drei Spulen verstärken. Der von denselben erzeugte Strom vereinigt sich mit dem ersteren und beide gehen durch die Lamelle e durch die Bürste und den äusseren Stromkreis, — dessen anderes Ende an der gegenüberliegenden Bürste, welche auf Lamelle b aufliegt — zur Ausgangsstelle beider Ströme zurück.

Wie man sieht, liegen bei dieser Verbindung der Lamellen mit den Spulen die Bürsten nicht in der neutralen Linie, welche in diesem Falle zwischen den Feldern I und VI und III und IV liegen würde, sondern sind um ca. 90° gegen dieselbe gedreht. Wollte man die Bürsten wieder in der neutralen Linie zur Anlage bringen, so müsste man den Kollektor um ca. 90° zurückdrehen, was aber nur eine ganz unnöthige und sogar schädliche Verlängerung der Verbindungsdrähte der Uebergangsdrähte mit den Lamellen zur Folge haben würde.

Im Uebrigen gelten die beim Ring-Induktor gemachten Ausführungen auch genau so für den Trommel-Induktor. Auch hier wird

die Eisenmasse des Induktors durch die sie umkreisenden Ströme polarisirt. Die Pole des hierdurch zum Elektromagneten umgewandelten Kernes liegen jedoch an den Enden eines Durchmessers in der neutralen Linie, also an den Langseiten. Durch die gleichzeitige Polarisirung des Eisenkernes durch die Magnetpole bilden sich auch hier resultirende Pole, welche in ganz derselben Weise, wie bereits oben näher erläutert, auch die Richtung der Kraftlinien beeinflussen, und eine Drehung der neutralen Axe zur Folge haben.

Ebenso wie beim Gramme'schen Ringe findet auch hier durch die Bürsten ein Kurzschluss zwischen den Spulen statt, in Folge dessen sich eine Funkenbildung an der Bürste zeigen wird, welche bei ungenauer Einstellung aus denselben Gründen, wie früher, noch verstärkt wird. Ferner werden auch in diesem Induktorkern axial verlaufende Foucault'sche Ströme auftreten, deren Ausdehnung durch möglichst weitgehende Zerlegung des Kernes in kreisförmige und von einander isolirte Scheiben verhindert werden muss.

Die Vor- und Nachteile der beiden Induktoren sind also nochmals kurz folgende: Beim Trommelanker wird fast die ganze Drahtlänge zur Induktion ausgenützt, während beim Ring-Induktor nur ein gewisser Theil derselben zur Nutzwirkung gelangt. Ferner ist beim Ring-Induktor die Wickelhöhe der Spulen sehr beschränkt, was beim Trommel-Induktor nicht der Fall ist. Dagegen hat der Trommel-Induktor gegenüber dem Gramme'schen Ringe den Nachtheil, dass die Reparatur einzelner Spulen sehr schwierig ist, da an den Stirnenden des Ankers die Windungen der verschiedenen Spulen übereinander liegen, so dass z. B., wenn bei der oben geschilderten Wickelung die erste Spule defekt wird, der ganze Anker abgewickelt werden muss, während man beim Ring-Induktor zu jeder einzelnen Spule gelangen kann, ohne die anderen zu berühren. Ferner hat ersterer den Nachtheil, dass man die Umfangsgeschwindigkeit nicht so weit steigern kann, als bei letzterem, weil sich die Spulendrähte wegen der grösseren Länge leichter abheben und dann gegen die Polschule schleifen, und endlich lässt sich beim Ring-Induktor wegen des bedeutend grösseren Durchmessers desselben leichter eine grosse Umfangsgeschwindigkeit erzielen als beim Trommel-Induktor.

Fast sämmtliche in Deutschland gebräuchlichen Induktoren für Gleichstrommaschinen sind nach dem einen oder anderen dieser beiden Prinzipien gebaut, prinzipiell hiervon verschieden sind nur wenige, wie z. B. der Brush-Anker und der Thomson-Houston-Induktor; da jedoch Maschinen mit diesen Induktoren hier nur ausnahmsweise in Anwendung sind, soll auf diese Konstruktionen nicht näher eingegangen werden.

Es bleibt jetzt noch der zweite Haupttheil der Dynamomaschinen, das magnetische Feld und die Erzeugung desselben näher zu erörtern.

Die einfachste Art und Weise, ein magnetisches Feld herzustellen, ist die, dass man Stahlmagnete verwendet, wie dies auch im Anfange

des Baues der Lichtmaschinen geschehen ist und jetzt noch beim Bau kleiner Maschinen geschieht. Später wurden diese Stahlmagnete durch Elektromagnete, welche durch Batterien aus galvanischen Elementen erregt wurden, ersetzt. Im Jahre 1866 stellte Werner Siemens das sogenannte „elektrodynamische Princip“ auf, nach welchem die Elektromagnete durch den von der Maschine selbst erzeugten Strom gespeist werden, wodurch besondere Erregungsbatterien überflüssig und ausserdem die Leistungsfähigkeit der Maschinen erhöht wurde. Bei den nach diesem Prinzip gebauten Maschinen wird der von den Bürsten aufgenommene Strom zunächst durch die Drahtwindungen der Elektromagnete und hierauf erst in den äusseren Stromkreis geleitet. Weil die Wickelung der Feldmagnete direkt im äusseren Stromkreis liegt, bezeichnet man diese Maschinen mit dem Namen „Hauptstrommaschinen“.

In Fig. 14 ist eine solche Maschine im Prinzip dargestellt. Es ist klar, dass, wenn die Magnete erst erregt sind, also ein magnetisches Feld gebildet ist, der nun bei der Bewegung des Ankers entstehende Strom die Wirkung der Elektromagnete erhöht und dadurch wieder das magnetische Feld an Intensität gewinnt. Dies hat wiederum einen stärkeren Induktionsstrom und dieser wieder ein intensiveres Feld zur Folge. Die gegenseitige Steigerung geht soweit, bis der Eisenkern der Elektromagnete gesättigt ist, also durch weitere Vergrösserung der Stromstärke die Wirkung der Magnete nicht mehr vergrössert werden kann, die Maschine also bis zu ihrer grössten Leistungsfähigkeit gelangt ist. Bei den weiteren Versuchen mit diesen Maschinen zeigte sich, dass der im Eisen nach erfolgter Magnetisirung zurückbleibende geringe Theil Magnetismus schon genügt, die Maschine zu erregen, und weiterhin fand man, dass sogar der äusserst geringe Magnetismus, den jedes Eisen schon besitzt, ausreichend zur erstmaligen Erregung der Maschine ist.

Diese Maschinen haben nun den Nachtheil, dass ihre Wirkung direkt von dem äusseren Stromkreis und dem Widerstand desselben abhängig ist. Denn, wird der äussere Stromkreis auch nur für einen Moment unterbrochen, so verlieren die Elektromagnete, da in diesem Moment kein Strom durch die Wickelung derselben geht, ihre Wirkung, und die Maschine wird stromlos. Mit Hülfe des remanenten Magnetismus muss sich dieselbe nun erst wieder heraufarbeiten.

Wächst ferner der Widerstand im äusseren Stromkreise, so wird, da nach dem Ohm'schen Gesetz $J = \frac{E}{W}$ ist, die Intensität des Stromes geringer, und dadurch wird auch die Wirkung der Elektromagnete, mithin auch die Intensität des magnetischen Feldes verringert, was wiederum eine weitere Schwächung des Stromes zur Folge hat.

Nimmt dagegen der Widerstand ab, so vergrössert sich die Intensität des Stromes und dadurch wieder die Intensität des Feldes, welches wiederum eine weitere Steigerung der Stromstärke bedingt. Bei

Kurzschluss im äusseren Kreise, also bei sehr geringem Widerstand in demselben, wird daher ein Strom von sehr grosser Intensität induziert, welcher meist eine Beschädigung des Spulendrahtes wegen der grossen Wärmeentwicklung zur Folge haben wird. Man ersieht, dass der von diesen Maschinen erzeugte Strom sehr ungleichmässig wegen des nie ganz gleich bleibenden Widerstandes im äusseren Kreise ist. Um wenigstens eine gewisse Regulirung erzielen zu können, schaltet man einen von Hand veränderlichen Widerstand parallel zu den Magnetwickelungen ein. Nach dem bereits oben angeführten Beispiel über Stromverzweigung erkennt man, dass durch Vergrösserung des Regulirwiderstandes ein grösserer Theil des Stromes durch die Magnetwicklung geht, während bei Verringerung desselben ein schwächerer Strom durch dieselben kreist. Dementsprechend wird die Maschine im ersten Fall einen stärkeren, im zweiten Fall einen schwächeren Strom induziren.

Fig. 14.

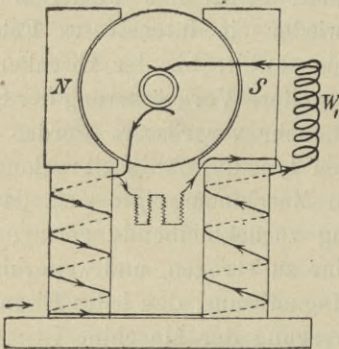
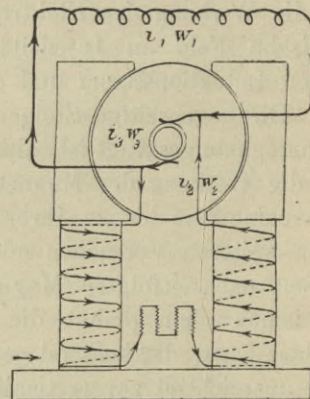


Fig. 15.



Man muss also, wenn sich der Widerstand im äusseren Stromkreis vergrössert, auch den Regulirwiderstand vergrössern, und letzteren verkleinern, wenn ersterer sich verringert. Hierdurch ist man im Stande, die Wirkung der Maschine (allerdings nur in ziemlich engen Grenzen) von Hand zu ändern, trotzdem bleibt der Strom dieser Maschinen noch immer sehr ungleich und ist daher für gewisse Zwecke überhaupt nicht zu verwerthen.

Bezeichnet man den Widerstand im Hauptstromkreis ausschliesslich der Magnetwicklung mit w_1 , den der Magnetwicklung mit w_2 und den hierzu parallel geschalteten Regulir-Widerstand mit w_2' , sowie den der Induktorwicklung mit w_3 und die entsprechenden Stromstärken mit i_1, i_2, i_2' und i_3 , ferner die an den Polklemmen vorhandene Spannung (Klemmenspannung) mit e_1 und die überhaupt im Induktor erzeugte Spannung mit e_3 , so gelten folgende Beziehungen: Nach dem Ohm'schen Gesetz ist

$$i_1 = \frac{e_1}{w_1 + \frac{w_2 w_2'}{w_2 + w_2'}}, \text{ oder:}$$

$$1. e_1 = i_1 \left(w_1 + \frac{w_2 \cdot w_2'}{w_2 + w_2'} \right)$$

denn die beiden parallelen Stromzweige mit den Einzelwiderständen w_2 und w_2' haben den gemeinsamen Widerstand

$$\frac{w_2 \cdot w_2'}{w_2 + w_2'}$$

ebenso erhält man

$$2. e_3 = i_3 \left(w_1 + \frac{w_2 w_2'}{w_2 + w_2'} \right)$$

und endlich

$$3. i_1 = i_2 + i_2' = i_3.$$

Bei der Bestimmung des Widerstandes w_3 der Induktorwickelungen ist zu beachten, dass der Strom denselben in zwei Hälften durchfließt und jede Hälfte nur durch die Hälfte der Spulen gehen muss. Bezeichnet man mit l die Länge des Drahtes einer der n Spulen, mit q den Querschnitt und mit k den Widerstandskoeffizienten desselben, so ist der Widerstand einer Spule $= k \frac{l}{q}$ und der des halben Induktors

$= \frac{n l}{2 q} k$. Da ferner beide Hälften parallel geschaltet und gleich sind,

steht dem ganzen Strome $i_3 = i_1$ nur der Widerstand $w_3 = \frac{n l}{4 q} k$ im In-

duktor entgegen. Der in der Maschine selbst vorhandene Widerstand beträgt also

$$\frac{n l}{4 q} k + \frac{w_2 w_2'}{w_2 + w_2'}.$$

Der hierdurch bedingte Spannungsverlust in der Maschine beträgt demnach

$$e = i_1 \left(\frac{n l}{4 q} k + \frac{w_2 w_2'}{w_2 + w_2'} \right).$$

Um die bei den Hauptstrommaschinen beregten Uebelstände zu beseitigen, hat man den Strom für die Magnetwickelungen parallel zum Hauptstrom an den Bürsten abgezweigt, die Magnetwickelungen also im „Nebenschluss“ zum äusseren Stromkreis gelegt. Die nach diesem Prinzip gebauten Maschinen nennt man deshalb „Nebenschlussmaschinen“. Bei diesen Maschinen geht der äussere Stromkreis direkt von den Bürsten bezw. Polklemmen ab, während die Nebenschlussleitung der Magnetwicklung ebenfalls mit besonderer Leitung an die Bürsten anschliesst, wie dies in der beistehenden Fig. 15 schematisch dargestellt ist.

Bezeichnet man wieder mit w_1 den Widerstand des Hauptstromkreises, mit w_2 den der Magnetwickelungen und mit w_3 den nach obigem bestimmten Widerstand der Ankerwickelungen, sowie die entsprechenden

Stromstärken mit i_1 , i_2 und i_3 , ferner mit e_3 die überhaupt in dem Induktor erzeugte Spannung und mit e die Spannung an den Bürsten bzw. Polklemmen, so gelten folgende Gleichungen für diese Maschinen:

Der gemeinsame Widerstand des Hauptkreises und des Nebenschlusses ist $= \frac{w_1 \cdot w_2}{w_1 + w_2}$. Der im Induktor erzeugte Gesamtstrom i_3

theilt sich in den den Hauptkreis durchfliessenden i_1 und den durch den Nebenschluss der Magnetwickelungen gehenden i_2 , also ist

$$i_3 = i_1 + i_2.$$

Diesem Gesamtstrom i_3 mit der Spannung e_3 steht demnach ein Widerstand

$$w_3 + \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2}$$

entgegen, so dass also

$$e_3 = i_3 \left(w_3 + \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2} \right)$$

ist. Die Klemmenspannung ist nun sowohl für den äusseren Stromkreis als auch für den Nebenschluss dieselbe, also ist

$$e = i_1 w_1 = i_2 w_2.$$

Dies sind die Grundgleichungen dieser Maschine. Man misst mittelst des Voltmeters die Klemmenspannung e , mit Hilfe des Ampèremeters i_1 und berechnet sich nun noch w_2 und w_3 . Dann lässt sich die durch den Nebenschluss gehende Stromstärke i_2 , sowie sämtliche anderen Grössen berechnen. Da nun der in den Magnetwickelungen kreisende Strom für den äusseren Stromkreis verloren ist, sucht man diesen Verlust dadurch möglichst zu vermindern, dass man die Magnetwickelungen mit dünnem Drahte, also grossem Widerstande, ausführt. Um eine genügende magnetische Kraft zu erzielen, muss man wegen der geringen Stromintensität die Schenkel mit einer sehr grossen Zahl Windungen umgeben, da für die elektromagnetische Wirkung nur die Anzahl der Ampère-Windungen massgebend ist. Denkt man sich jetzt den Widerstand im äusseren Stromkreise vergrössert, so wird der Strom im Nebenschluss stärker, wenn man für den Augenblick noch gleichbleibende Intensität des Feldes voraussetzt. Denn nach den bei den Kirchhoff'schen Gesetzen entwickelten Formeln für zwei parallele Stromleiter berechnet sich die Stromstärke im Nebenschluss zu

$$i_2 = \frac{e_3 \cdot w_1}{w_1 w_2 + w_1 w_3 + w_2 w_3}$$

oder, durch w_1 dividirt,

$$i_2 = \frac{e_3}{w_2 + w_3 + \frac{w_2 w_3}{w_1}}$$

Bei Vergrößerung des Widerstandes im äusseren Stromkreise w_1 wird der Werth des Nenners kleiner, also i_2 grösser. Die grössere Stromstärke in den Magnetwickelungen hat jedoch eine grössere Intensität des magnetischen Feldes, also eine Vergrößerung von e_3 zur Folge, und dadurch wird wieder ein stärkerer Strom bedingt. Umgekehrt wird, wenn der Widerstand w_1 abnimmt, auch i_2 geringer, und dadurch das magnetische Feld an Intensität verlieren. Man erkennt hieraus, dass die Nebenschlussmaschine die sehr vorteilhafte Eigenschaft hat, dass sich die Stromspannung bei vergrössertem äusseren Widerstande erhöht und bei geringer werdendem äusseren Widerstand selbstthätig verkleinert, so dass also bei event. Kurzschluss in der äusseren Leitung die Maschinenspannung fast momentan so rasch sinkt, dass weitere Defekte in Folge dieses Kurzschlusses ausgeschlossen sind. Um die Spannung der Maschine nach Bedarf verändern zu können, ist in der

Fig. 16.

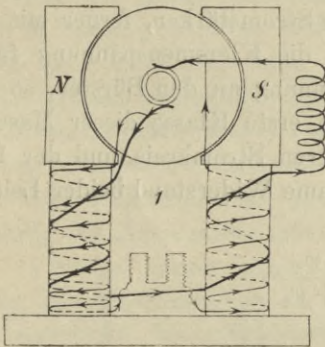
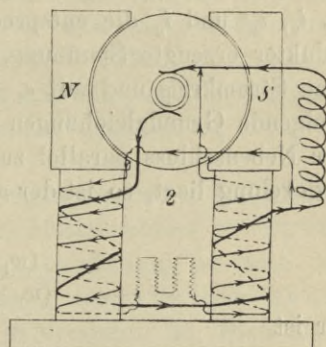


Fig. 17.



Leitung des Nebenschlusses noch ein von Hand verstellbarer Regulirwiderstand eingeschaltet. Derselbe muss vergrössert werden, wenn der Widerstand im äusseren Kreise zunimmt, und verkleinert, wenn letzterer abnimmt. Diese Maschinen finden sehr vielfache Verwendung und sind sehr gut brauchbar bei Bogenlichtbeleuchtungen, Speisung von Akkumulatoren usw., so dass diese Nebenschlussmaschinen in neuester Zeit zu Beleuchtungs-Anlagen hauptsächlich zur Verwendung gelangen.

Während also bei den Hauptstrommaschinen die Spannung des Stromes im umgekehrten Verhältniss zum äusseren Widerstand stand, steht dieselbe bei den Nebenschlussmaschinen im direkten Verhältniss zu demselben, und der Gedanke lag daher nahe, beide Systeme zu vereinigen, um dadurch eine Maschine zu erhalten, welche eine vom äusseren Stromkreise unabhängige, also konstante Spannung besitzt. Dies ist bei den „Compound“- , „Verbund“- oder „Gleichspannungsmaschinen“ geschehen, welche entweder nach dem in Fig. 16 oder 17 dargestellten Prinzip gebaut werden.

Beide Arten besitzen eine doppelte Wickelung der Magnetschenkel, deren eine im Nebenschluss zum Hauptkreis liegt und aus vielen Windungen

eines dünneren Drahtes besteht, während die andere aus wenig Windungen eines dicken Drahtes, durch welche der Hauptstrom selbst geht, ausgeführt ist.

Bei den nach dem in Fig. 16 dargestellten Prinzip konstruierten Maschinen wird der Strom für die Nebenschlussleitung direkt von den Bürsten der Maschine abgezweigt. Der Nebenschluss liegt hier also parallel zum äusseren Stromkreis und der starken Magnetwicklung; während bei den nach Fig. 17 ausgeführten Maschinen der Nebenschluss nicht direkt an den Bürsten, sondern vom Hauptstrom erst dann abgezweigt wird, nachdem letzterer die Hauptstromwicklung der Magnete durchflossen hat; der Nebenschluss liegt also hier nur parallel mit dem äusseren Stromkreise.

Bezeichnet man wieder mit w_1 den Widerstand im äusseren Stromkreis ausschliesslich der Magnetwicklung, mit w_2 den Widerstand der Nebenschlusswicklung, mit w_2' denjenigen der starken oder Hauptstrom-Magnetwicklung und mit w_3 denjenigen der Ankerwindungen, ferner mit i_1, i_2, i_2' und i_3 die entsprechenden Stromstärken, ferner mit e_3 die im Induktor erzeugte Spannung, mit e_1 die Klemmenspannung für den äusseren Stromkreis und mit e_2 die Spannung an den Bürsten, so erhält man folgende Grundgleichungen für die erste Klasse dieser Maschinen. Da der Nebenschluss parallel zum äusseren Stromkreis und der Hauptstromwicklung liegt, so ist der gemeinsame Widerstand beider Leitungen gleich

$$\frac{(w_1 + w_2') w_2}{(w_1 + w_2') + w_2}.$$

Ferner ist

$$i_1 = i_2' \text{ und } i_3 = i_2 + i_2' = i_1 + i_2.$$

Demnach ist die überhaupt im Induktor erzeugte Spannung

$$e_3 = i_3 \left[\frac{(w_1 + w_2') w_2}{(w_1 + w_2') + w_2} \right],$$

ferner die Spannung an den Bürsten

$$e_2 = i_1 (w_1 + w_2') \text{ oder } e = i_2 \cdot w_2$$

und endlich die Klemmenspannung für den äusseren Stromkreis

$$e_1 = i_1 w_1.$$

Für die zweite Klasse dieser Maschinen erhält man bei derselben Bezeichnung folgende Gleichungen

$$i_3 = i_2' = i_2 + i_1.$$

Ferner für die Klemmenspannung

$$e_1 = i_1 w_1 = i_3 w_2$$

und für die Bürstenspannung

$$e_2 = i_2' \left(w_2' + \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2} \right).$$

Die gesammte Spannung im Induktor ergibt sich demnach zu

$$e_3 = i_3 \left(w_3 + w_2' + \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2} \right).$$

Beide Maschinenarten haben nahezu denselben Effekt; bei beiden kann man durch richtige Wahl des Verhältnisses der Anzahl der Nebenschluss-Windungen zu denjenigen des Hauptstromes erzielen, dass die Maschine für jeden beliebigen Widerstand im äusseren Stromkreis dieselbe Stromspannung liefert. Da sich die einzelnen Widerstände der Maschine jedoch beim Betriebe durch die unvermeidliche Erwärmung etwas ändern, und in Folge dessen sich auch die Spannung ändern würde, desgl. auch durch ungleichen Gang der Betriebsmaschine, muss man auch bei diesen Maschinen noch einen von Hand veränderlichen Regulir-Widerstand in die Nebenschlussleitung einschalten und mit Hülfe desselben kann man nun eine vollständig gleichbleibende Stromspannung erzielen. Die Ausführung dieser Gleichspannungsmaschinen ist jedoch wirthschaftlich nur bis zu einer gewissen Grösse (bis etwa 300 Amp.) zu empfehlen, denn da bei diesen Maschinen durch die eine Wickelung die ganze Stromstärke gehen muss, so werden die Drähte dieser Wickelung bald so dick, dass sie sich nicht mehr gut wickeln lassen, man kann sich dann noch dadurch helfen, dass man mehrere dünnere Drähte in Parallelschaltung zu einander um die Magnetschenkel legt, doch ist auch dies zweckmässig nur noch bis zu der oben angegebenen Stromstärke rathsam.

Sind Maschinen mit grösseren Stromstärken erforderlich, so ist jedenfalls die Anwendung einer Nebenschlussmaschine zu empfehlen.

Vermöge dieser doppelten Magnetwicklung ist man auch im Stande, die Maschinen so zu konstruiren, dass sie eine konstante Stromstärke bei veränderlichem Widerstand im äusseren Kreise liefern; man muss aber für diesen Fall die Magnetwickelungen des Hauptstromes in entgegengesetzter Richtung zu der Nebenschlussleitung um die Magnetschenkel führen; dies hat natürlich zur Folge, dass die magnetisirende Wirkung der Nebenschlusswickelungen durch diejenige des Hauptstromes theilweise aufgehoben wird, und dadurch wird natürlich ein unter Umständen sehr bedeutender Kraftverlust in der Maschine bewirkt. Man thut daher im Allgemeinen besser, diese Regelung von Hand mit Hülfe des vorhandenen Regulirwiderstandes auszuführen.

Um das magnetische Feld noch mehr zu verstärken, bezw. um den Theil des Induktors, welcher sich momentan in dem schwächeren Theil des magnetischen Feldes bewegt, nutzbarer zu machen, hat man, namentlich bei grösseren Maschinen, den Induktor nicht nur mit einem, sondern mit mehreren Polpaaren umgeben. In Folge dessen ist nicht nur ein magnetisches Feld und diesem entsprechend nur eine neutrale Linie vorhanden, sondern eben so viele, als Polpaare vorhanden sind. Da nun stets eine Richtungsänderung des Induktionsstromes einer Spule erfolgt, wenn diese eine neutrale Linie überschreitet, und für jede Stromrichtung in der Spule am Kollektor eine Bürste vorhanden sein muss, so folgt, dass hier so viele Bürstenpaare am Sammler angebracht werden

müssen, als neutrale Linien vorhanden sind, und dass die ersteren unter denselben Winkeln zu einander stehen müssen, wie letztere. Das ist ein Nachtheil dieser mehrpoligen Maschinen, da durch die Anhäufung der Bürstenpaare um den Sammler dieser selbst, sowie die zunächst gelegenen Theile der Maschine weniger gut zugänglich werden, und ausserdem ist die richtige Einstellung dieser Bürstenpaare noch bedeutend schwieriger als bei den zweipoligen Maschinen zu bewirken. Die Anhäufung der Bürstenpaare hat man allerdings durch die von Mordey angewandte Methode der Gruppierung der einzelnen Spulen und durch entsprechende Verbindung der Sammler-Lamellen beseitigt, so dass auch für diese Maschinen nur ein Bürstenpaar erforderlich wird, dessen Bürsten unter demselben Winkel zu einander stehen, wie zwei zunächst gelegene neutrale Axen. Es bleibt aber ausserdem noch der Nachtheil, dass eine grosse Zahl Kraftlinien direkt von einem Pol zum benachbarten ungleichnamigen übertreten und dadurch für den nutzbaren Theil des magnetischen Feldes verloren gehen. Um diesen Verlust möglichst gering zu halten, dürfen die ungleichnamigen Pole einander nicht zu nahe gebracht werden, und dies kann mit Erfolg nur bei grösseren Maschinen, welche ausserhalb der vorliegenden Betrachtung liegen, erfolgen. Aus diesem Grunde ist auf eine genauere Betrachtung dieser Maschinen, sowie der Mordeyschen Methode an dieser Stelle verzichtet.

Ausser den bisher besprochenen Gleichstrommaschinen finden in neuerer Zeit für gewisse Zwecke wieder die Wechselstrommaschinen eine grössere Verwendung. Diese Maschinen senden in schneller Folge Induktionsströme von hoher Spannung in entgegengesetzten Richtungen in die Leitung. In Folge ihrer Eigenschaft, sehr hochgespannte Ströme (3000 V. und darüber) zu indiziren, eignen sich diese Maschinen namentlich für solche Zwecke, bei denen die Fortleitung der elektrischen Energie auf grössere Entfernungen erforderlich ist, weil in Folge der hohen Spannung die Stromstärke und mithin auch der Leitungsquerschnitt entsprechend geringer wird, also namentlich für Kraftübertragungen, sowie auch für Beleuchtungsanlagen, bei denen die Dynamo weit von der eigentlichen Beleuchtungsanlage entfernt ist. Da aber solche Anlagen ausserhalb des Rahmens der vorliegenden Abhandlung liegen, und da ausserdem, wie weiter unten näher erörtert werden wird, die Lichtvertheilung bei Bogenlampen unter Anwendung von Wechselstrom bei Beleuchtung von Werkstatts- und Hofräumen eine ungünstigere ist, als bei Verwendung von Gleichstrom, ferner diese Maschinen auch die Anwendung von Akkumulatoren nicht gestatten, so soll auf diese Maschinen auch hier nicht näher eingegangen werden.

Bei allen Dynamomaschinen, gleichviel, welcher besonderen Gattung dieselben angehören, hängt die von der Maschine erzeugte Spannung stets von der Anzahl der in der Zeiteinheit von dem auf dem Induktor befindlichen Leiter durchschnittlichen Kraftlinien ab; bei gleich-

bleibendem magnetischen Felde demnach entweder von der auf dem Anker befindlichen Länge des Leiters, oder bei gleichbleibender Länge von der Geschwindigkeit, mit welcher sich der Leiter durch das magnetische Feld bewegt, d. h. von der Umfangsgeschwindigkeit des Induktors. Will man demnach die Spannung einer vorhandenen Maschine um etwas erhöhen oder erniedrigen, muss man die Umdrehungszahl entsprechend vergrössern oder verkleinern. Eine Umfangsgeschwindigkeit des Induktors von 20 m bei Flachring- und 15 m bei Trommelinduktoren soll man jedoch nicht überschreiten, da sonst durch die Centrifugalkraft die Spulendrähte leicht vom Anker etwas abgehoben werden und dann bei dem sehr geringen Spielraum zwischen Spule und Polschuh sehr leicht verletzt werden können.

Mit der Zunahme der Spannung ist aber auch bei gleichbleibendem äusseren Widerstande eine Zunahme der Stromintensität verbunden, und, da von dieser der Querschnitt bezw. die Erwärmung des Spulendrahtes abhängig ist, so folgt, dass man in diesem Falle die Erhöhung der Spannung und damit der Intensität nur dann vornehmen darf, wenn die Maschine unter den bisherigen Verhältnissen bei längeren Betriebszeiten gut gearbeitet hat, wenn also namentlich die Spulendrähte sich nur unbedeutend erwärmt hatten.

Zeigt sich andernfalls, dass bei einer Maschine die Ankerdrähte sehr heiss werden, so dass schadhafte Brandstellen an der Isolirung auftreten, so muss man entweder den äusseren Widerstand erhöhen oder die Umdrehungszahl verringern, um eine geringere Stromstärke zu erzielen, vorausgesetzt, dass nicht andere Fehler in der Maschine, welche später besprochen werden sollen, die Ursache dieser Erscheinung sind. Welches von beiden Mitteln in jedem besonderen Fall anzuwenden ist, muss unter Berücksichtigung der gerade vorliegenden Verhältnisse entschieden werden.

V. Die Akkumulatoren.

Bei vielen Beleuchtungsanlagen ist es erwünscht, die ganze Anlage oder einen bestimmten Theil derselben unabhängig von der Dynamomaschine selbst in Betrieb setzen zu können. Diesen Zweck kann man mit Hilfe der Akkumulatoren erreichen. Diese sind, wie schon der Name sagt, nur Sammler für bereits erzeugte Elektrizität, welche, nachdem sie in den Akkumulatorzellen zu einer beliebigen Zeit angehäuft ist, d. h. der Akkumulator geladen ist, zu jeder beliebigen Zeit wieder aus denselben zum Gebrauch entnommen werden kann. Die Akkumulatoren sind also keine Elektrizitätserreger „erster Klasse“ oder „primärer Art“, sondern sekundärer Art, zu deren Erregung oder Ladung stets ein Elektrizitätserreger primärer Art, wie galvanische Batterien oder Dynamo-

maschinen, verwendet werden muss. Eine direkte Benutzung der sekundären Batterien, wie solche mit den Erregern der ersten Klasse möglich ist, ist also hier ausgeschlossen. Zur Herstellung der Akkumulatoren gab folgende Erscheinung Veranlassung: Stellt man zwei Bleiplatten in möglichst geringem Abstand einander in verdünnter Schwefelsäure gegenüber und verbindet die eine Platte mit dem positiven, die andere mit dem negativen Pol einer Batterie oder einer Dynamomaschine, so wird die positive Platte an ihrer Oberfläche leicht oxydirt, dadurch wird Wasserstoff frei, dieser tritt zur negativen Platte über und sammelt sich auf der Oberfläche derselben an, bis dieselbe mit einer dünnen Schicht Wasserstoff bedeckt ist. Unterbricht man jetzt den Ladestrom und verbindet die beiden Platten durch einen Leiter, so zeigt sich, dass dieser von einem Strome durchflossen wird, welcher von der vorher mit dem negativen Pole verbundenen Platte ausgeht und zur positiven Platte übertritt. Der Entladestrom hat also die entgegengesetzte Richtung des Ladestromes. Bei der Entladung wird der an der negativen Platte befindliche Wasserstoff wieder oxydirt und zugleich tritt eine Reduzierung des auf der positiven Platte bei der Ladung gebildeten Oxydes ein. Durch häufige Wiederholung dieses Versuchs werden die Platten porös und dadurch die Oberflächen vergrößert, in Folge dessen auch die hiervon abhängige Aufnahmefähigkeit oder „Kapazität“ des Elementes, denn während die Stärke des Lade- bzw. Entladestromes von der Grösse der positiven oder negativen Platten abhängig ist, ist die Dauer der Entladung bei gleicher Stromstärke, also die Kapazität des Elementes, der Dicke der auf den positiven Platten befindlichen Oxydschicht proportional.

Diese Erscheinung ist zuerst von Planté in grösserem Massstabe benutzt, um die von einem Elektrizitätserreger erster Klasse erzeugte Elektrizität in einer Reihe solcher Akkumulatorzellen anzuhäufen, um dieselbe zu anderen Zeiten und beliebigen Zwecken zu benutzen. Die Zellen sind zu Anfang nur im Stande, sehr geringe Elektrizitätsmengen aufzunehmen — die Kapazität derselben ist eine sehr geringe — erst durch lang andauernde Behandlung, durch fortwährendes Laden und Entladen (Formiren), gelingt es, die Kapazität soweit zu erhöhen, dass die Elemente für praktische Zwecke brauchbar werden.

Die Akkumulatoren sind dann von Faure dadurch wesentlich verbessert worden, dass derselbe die Platten gleich zu Anfang mit einer Schicht Mennige ($Pb_2 O_3$) überzog und sie dann in eine 10 pCt. Säure enthaltende Lösung von Schwefelsäure brachte. Beim Laden wird die an der positiven Platte befindliche Mennige zu Bleisuperoxyd ($Pb O_2$) oxydirt, während der an der negativen Platte freiwerdende Wasserstoff die Mennige dieser Platte zunächst zu Bleioxyd ($Pb O$), dann zu Bleisuboxyd und endlich zu sehr porösem metallischen Blei reduziert. Durch die Anwesenheit der Schwefelsäure wird der Vorgang noch dahin abgeändert, dass sich das Bleioxyd in schwefelsaures Bleioxyd verwandelt,

welches an der negativen Platte zu Blei reduziert wird. Die Folge davon ist, dass sich der Säuregehalt der Lösung beim Laden des Elementes erhöht, weil die vorher gebundene Schwefelsäure des schwefelsauren Bleioxydes frei wird und in die Lösung geht. Hiermit ist demnach eine Vergrösserung des spezifischen Gewichtes der Flüssigkeit beim Laden verbunden, während beim Entladen sich wiederum schwefelsaures Bleioxyd bildet und damit der Säuregehalt, bezw. das spezifische Gewicht der Lösung, wieder abnimmt. Bei Verwendung einer 10 pCt. Lösung erfolgt eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes bis auf 1,18 beim Laden, während dasselbe beim Entladen bis auf 1,14 abnimmt.

Durch das beschriebene Verfahren gelang es Faure, die Vorbereitungszeit ganz bedeutend abzukürzen und ausserdem noch eine grössere Kapazität der Elemente zu erzielen. Neuerdings verwendet man einen vortheilhafteren Belag für die Bleiplatten, und zwar belegt man die negative Platte mit einer Mischung aus Mennige und Bleiglätte zu gleichen Theilen, während man die positiven Platten mit einem Ueberzug, aus fein zertheiltem Blei und Mennige bestehend, versieht. Bei Anwendung dieser Beläge gelingt die Formirung in noch kürzerer Zeit, während zugleich die Aufnahmefähigkeit des Elementes noch mehr gesteigert wird. Im übrigen bleiben die Vorgänge beim Laden und Entladen dieselben.

Während des Ladens steigt die elektromotorische Gegenkraft des Elementes zunächst langsam — namentlich bei Anwendung eines schwachen Ladestromes — bis auf ca. 2,1 V. und steigt dann in der letzten Zeit der Ladung ziemlich schnell bis zum Höchstwerth von 2,7 V. Zugleich erhöht sich das spezifische Gewicht der Flüssigkeit allmählich bis auf 1,18. Ist dieser Werth erreicht, so steigen an den negativen Platten Gasblasen in grösserer Menge auf und geben dadurch die Vollendung der Ladung zu erkennen.

Beim Entladen sinkt die Spannung des Elementes anfangs sehr schnell, innerhalb weniger Minuten von 2,7 V. bis auf 1,9 V., bleibt hierauf längere Zeit fast konstant und sinkt dann erst gegen Ende der Entladung wieder ziemlich schnell bis auf 1,7 V., während zugleich das spezifische Gewicht der Lösung bis auf 1,14 zurückgeht. Zur besseren Erhaltung des Akkumulators ist jedoch eine so weit gehende Entladung zu vermeiden und dieselbe zu unterbrechen, sobald die Spannung bis auf 1,8 V. gesunken ist. Die elektromotorische Kraft eines Elementes beträgt bei der Entladung also durchschnittlich nur 1,9 V.

Die Bogenlampen verlangen nun im allgemeinen zu ihrem Betriebe ca. 45 bis 50 V. Spannung und es ist nun die Frage, wie ist diese Spannung mittelst des Akkumulators zu erreichen? — Im zweiten Kapitel dieser Abhandlung wurden die Grössen „elektromotorische Kraft“, „Spannung“, „Intensität“ und „Widerstand“ mit den bezüglichen Grössen „Pumpwerk“, „Druckhöhe“, „Ausflussmenge“ und „Reibung“ bei einer

Wasserleitungsanlage verglichen. Es spielte hierbei die Pumpe, welche die Druckhöhe konstant erhielt, dieselbe Rolle, wie die elektromotorische Kraft im engeren Sinne, welche die Spannungs-Differenz dauernd aufrecht erhält. Ändert man nun in der hydraulischen Rohrleitungs-Anlage selbst nichts, schaltet aber noch eine Pumpe ein, deren Saugerrohr mit dem Druckrohr einer tieferstehenden Pumpe verbunden ist, so dass die untere Pumpe der oberen das Wasser zupumpt, so wird in der Menge des geförderten Wassers nichts geändert, dagegen wird das Wasser auf die doppelte Höhe gehoben, die Druckhöhe also verdoppelt. Stellt man dagegen die zweite Pumpe in derselben Höhe mit der ersten auf, so wird jetzt die Druckhöhe nicht geändert, wohl aber wird die doppelte Wassermenge gefördert. Während man ohne jeden Verlust im letzten Fall auch verschiedene Pumpen anwenden kann und die geförderte Wassermenge dann gleich der Summe der Fördermengen jeder der beiden Pumpen ist, müssen im ersten Falle die Pumpen, bzw. deren Fördermengen, gleich sein, jedenfalls ist in diesem Falle die Fördermenge der kleineren Pumpe massgebend.

Fig. 18.

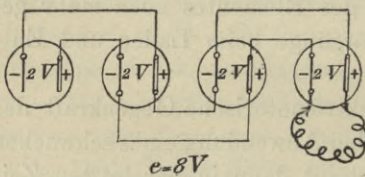


Fig. 19.

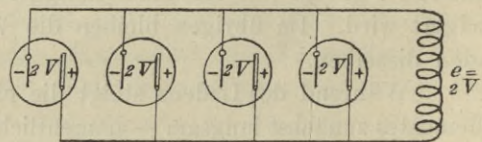
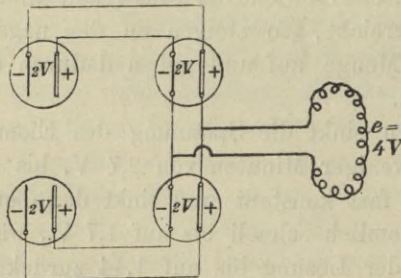


Fig. 20.



Dies kann man auf alle Elektrizitätserreger sowohl primärer als sekundärer Art direkt anwenden, wenn man die Pumpe mit einem Element oder Dynamomaschine, das Druckrohr mit dem vom positiven Pole und das Saugerrohr mit dem vom negativen Pole ausgehenden Leitungsdraht vergleicht. Verbindet man z. B. 4 Elemente so miteinander, wie in Fig. 18 angegeben, also immer die ungleichnamigen Pole mit einander, indem man den negativen Pol des ersten Elementes an den positiven Pol des zweiten, den negativen des zweiten an den positiven des dritten Elementes anschliesst u. s. w., so wird dadurch die Intensität des Stromes

im Schliessungskreise nicht geändert, wohl aber die Spannung desselben, welche jetzt 4 Mal so gross, als die eines Elementes ist. Diese Schaltung nennt man „Hintereinanderschaltung“ oder „Schaltung auf Spannung“.

Verbindet man dagegen alle vier negativen und ebenso alle vier positiven Pole direkt mit einander, so wird die Spannung dieser Batterie dieselbe Grösse haben wie die eines Elementes, dafür wird aber die Intensität des von der Batterie gelieferten Stromes die vierfache von der eines Elementes sein. Diese in Fig. 19 skizzierte Schaltung nennt man „Parallel-Schaltung“ oder „Schaltung auf Intensität“.

Genügt für einen bestimmten Fall sowohl die Spannung, als auch die Intensität eines Elementes nicht, so verbindet man beide Schaltungen miteinander in der Weise, dass man entweder erst Gruppen von so vielen hintereinander geschalteten Elementen bildet, dass jede Gruppe die erforderliche Spannung ergibt, und dann so viele dieser Gruppen parallel schaltet, bis die genügende Intensität vorhanden ist, oder man schaltet erst so viele Elemente parallel zu einander, bis die Intensität derselben genügt, und hierauf so viele dieser Gruppen hintereinander, bis die erforderliche Spannung erreicht ist.

Beides ist für die Wirkung ganz gleichbedeutend.

Eine solche „gemischte Schaltung“ zeigt Fig. 20.

Man erkennt, dass man mit Hilfe dieser Schaltungsmethoden jede gewünschte Spannung und Intensität erzielen kann.

Wenn ein Akkumulator-Element einen Strom von 10 Ampère und 1,9 Volt Spannung 10 Stunden hindurch liefern kann, so wird auch eine Batterie von 25 solchen hintereinander geschalteten Elementen nur einen Strom von 10 Ampère während 10 Stunden = 100 Ampère-Stunden liefern können; jedoch wird die Spannung jetzt nicht 1,9 V., sondern $1,9 \times 25 = 47,5$ V. betragen. Schaltet man dagegen die 25 Elemente parallel zu einander, so erhält man einen Strom von $25 \times 10 = 250$ Amp. ebenfalls 10 Stunden hindurch = 2500 Ampère-Stunden; jedoch hat derselbe nur 1,9 V. Spannung. Die Arbeitsleistung ist in beiden Fällen genau dieselbe, nämlich das eine Mal $1,9 \cdot 25 \cdot 10 = 475$ V.-Amp. und das andere Mal $47,5 \cdot 10 = 475$ V.-Amp. oder $= \frac{475}{9,81}$ Meter-Kilogramm $= \frac{475}{736}$ elektrische Pferdestärken.

Es sei noch erwähnt, dass man, ebenso wie bei der analogen Pumpenanlage, bei der Hintereinanderschaltung nur gleiche Elemente, d. h. Elemente von gleicher Kapazität, dagegen bei der Parallelschaltung nur Elemente von gleicher Spannung mit einander verbinden darf.

Für die Schaltungen galvanischer Elemente sei bei dieser Gelegenheit noch erwähnt, dass man Hintereinanderschaltung wählt, wenn der

äussere Widerstand sehr gross ist (lange Leitungen etc.), und Parallelschaltung, wenn derselbe verhältnissmässig gering ist.

Bei der Anlage eines Akkumulators ist nun folgendes zu beachten. Aus dem Unterschied zwischen der Höchstspannung von 2,7 *V* pro Element zu Ende der Ladung, welche auch zu Anfang der Entladung vorhanden ist, und der Endspannung von 1,8 *V* bei der Entladung folgt, dass sowohl während der Ladung, als auch während der Entladung, die Betriebsspannung ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen ist.

Um diese Verhältnisse besser untersuchen zu können, sei als Beispiel ein Akkumulator für eine Lichtleitung, welche 50 *V* Betriebsspannung erfordert, angenommen.

Die Anzahl der Zellen ergibt sich in der Weise, dass man die benötigte Betriebsspannung — hier also 50 *V* — durch den kleinsten Werth der Entladespannung eines Elementes dividirt, hier also $\frac{50}{1,8} = 28$ Zellen. Voll geladen besitzen diese 28 Zellen nun aber $28 \times 2,7 = 75,6$ *V*, also eine um 25,6 *V* höhere Spannung als für den Betrieb erforderlich ist. Wenn nun stets alle von dem Akkumulator zu speisenden Lampen zu gleicher Zeit brennen und beispielsweise konstant eine Stromstärke von 60 Amp. gebrauchen würden, könnte man in diesem Falle die überzählige Spannung durch einen veränderlichen Widerstand aufnehmen.

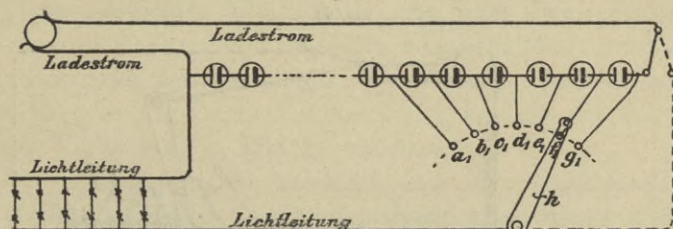
Nach dem Ohm'schen Gesetz $J = \frac{E}{W}$ oder $\frac{E}{J} = W$ wäre in diesem Falle demnach ein Widerstand von $W = \frac{25,6}{60} = 0,42$ Ohm erforderlich, welcher bei abnehmender Spannung des Akkumulators allmählich auszuschalten wäre. Dieses Mittel bedingt aber, wie man sieht, den stetigen Stromverbrauch von 60 Amp., also gleichzeitiges Brennen aller Lampen. Denn würde z. B. zu Anfang der Entladung nur ein Stromverbrauch von 10 Amp. stattfinden, so würden durch den vorgeschalteten Widerstand von 0,42 *O* nur $10 \times 0,42 = 4,2$ *V* aufgehoben, und die Lampen demnach durch eine Spannung von $75,6 - 4,2 = 71,4$ *V* bedeutend überlastet und damit unbrauchbar gemacht werden.

Für den Fall also, dass der Stromverbrauch ein schwankender ist, muss die Regelung der Spannung auf andere Weise erfolgen. Dies geschieht dadurch, dass man mit abnehmender Spannung nach einander immer mehr und mehr Elemente mit Hülfe des Zellenschalters in die Lichtleitung einschaltet, so dass, während zu Beginn der Entladung nur $\frac{50}{2,7} =$ rd. 18 Zellen ihren Strom in die Leitung senden, zum Schluss $\frac{50}{1,8} = 28$ also sämtliche Zellen eingeschaltet sein müssen. Während der Entladung sind also die letzten 10 Zellen eine nach der anderen in die Leitung mit einzuschliessen.

Es geschieht dies mit Hülfe des „Zellenschalters“, dessen principielle Einrichtung aus Figur 21 zu ersehen ist. Man erkennt leicht, dass durch Umlegen des Handhebels h nach rechts Zellen ein- und beim Umlegen nach links solche ausgeschaltet werden.

Mittelt dieses Zellenschalters ist also die Konstant-Erhaltung der Spannung bei der Entladung ohne Strom- bzw. Spannungs-Verlust ermöglicht. Während der Ladung steigt nun die Spannung im angezogenen Beispiel von 50 bis auf rd. 76 V; dementsprechend müsste nun auch die Spannung der ladenden Dynamo, wenn auch bei abnehmender Stromstärke, steigen.

Fig. 21.



Wie aus dem vorhergehenden Kapitel hervorgeht, hat nun die Nebenschlussmaschine die Eigenschaft, dass die Polklemmen-Spannung dieser Maschinen bei wachsendem äusseren Widerstand zunimmt, sodass also diese Maschinengruppe sich ganz besonders gut für den vorliegenden Fall eignet, während die Ladung eines Akkumulators mit einer Gleichspannungsmaschine kaum anders zu erreichen ist, als dass man den Akkumulator in 2 Gruppen trennt und diese dann parallel zu einander ladet. Im vorliegenden Beispiel würde demnach bei der Ladung des Akkumulators mittelst einer Gleichspannungsmaschine der aus 28 Zellen bestehende Akkumulator in zwei Gruppen aus je 14 Zellen z.legt werden müssen, wodurch zu Anfang nur eine Spannung von $14 \times 1,8 = \text{rd. } 25 \text{ V}$ und zu Ende von $14 \times 2,7 = \text{rd. } 39 \text{ V}$ bedingt ist, so dass anfänglich $50 - 25 = 25 \text{ V}$ und zum Schluss noch $50 - 39 = 11 \text{ V}$ von der Spannung der Compoundmaschine mittelst veränderlicher Vorschaltwiderstände aufgehoben werden müssen. Zugleich ist klar, dass bei derselben Ladestromstärke in diesem Falle die Ladezeit das Doppelte von derjenigen bei Ladung in einer Reihe beträgt, da jede der beiden parallel geschalteten Gruppen nur die Hälfte des Ladestromes der Maschine erhält.

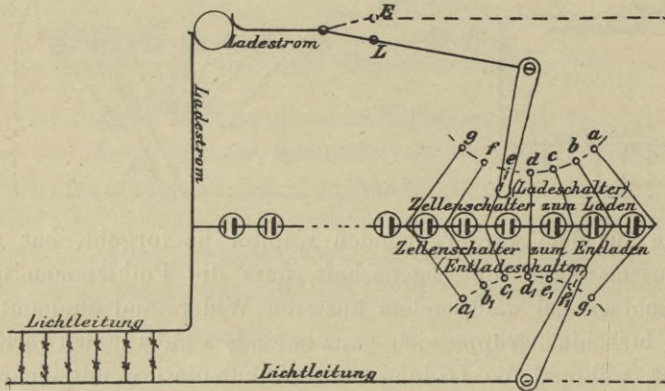
Es sei nun angenommen, dass zur Ladung eine Nebenschlussmaschine zur Verfügung steht, welche die bezüglichen Spannungen — hier also anfangs 50 und zum Schluss 75 V — zu liefern vermag.

Da bei der Entladung die Spannung des Akkumulators sowohl anfänglich als auch zum Schluss sehr schnell sinkt, so ist klar, dass die letzten Zellen weniger entladen werden als die übrigen, in Folge dessen auch wieder bei der Ladung eher vollständig geladen sein werden, als

dies bei den anderen Zellen der Fall sein wird. Wenn nun der Strom stets sämtliche Zellen bei der Ladung durchlaufen muss, so ist einerseits hierdurch ein unnützer Kraftverbrauch, andererseits aber auch eine grössere Anstrengung der letzten Zellen bedingt. Letzterer Uebelstand lässt sich allerdings dadurch leicht beseitigen, dass man für die letzten Zellen des Zellschalters solche von grösserer Kapazität wählt, der Kraftverlust bleibt aber bestehen, und dieser kann bei grossen Akkumulator-Anlagen sehr bedeutend werden.

Für solchen Fall — also bei grösseren Akkumulatoren — vermeidet man diesen Kraftverlust durch Anlage eines „Doppelzellschalters“, dessen Einrichtung Fig. 22 zeigt. Bei der Ladung wird der Schalthebel

Fig. 22.



des „Ladeschalters“ zunächst auf den Kontakt der letzten Zelle — also a — gelegt, und, nachdem diese Zelle geladen ist, — was man entweder an dem reichlichen Aufsteigen von Gasblasen, welche von nicht mehr absorbiertem Wasserstoff herrühren, sieht, oder indem man mittelst einer besonderen Vorrichtung am Ladeschalter und mit Hülfe eines an diesem angeschlossenen Voltmeters die Spannung der letzten Zelle misst, bis dieselbe $2,7\text{ V}$ beträgt — durch Drehung des Hebels nach links diesen auf den Kontakt der nächsten Zelle b legt und dadurch die letzte Zelle ausschaltet. In dieser Weise werden dann nach und nach die letzten Zellen abgeschaltet und hierdurch jede Ueberladung und damit jeder Kraftverlust vermieden.

In Fig. 22 ist zugleich punktiert eine Einrichtung angegeben, welche gestattet, dass sowohl während der Ladung die Dynamo die Lampen direkt speisen, als auch bei der Entladung die Speisung der Lampen sowohl vom Akkumulator, als auch gleichzeitig von der Maschine erfolgen kann.

Zu diesem Zweck ist in der Ladestromleitung zum Ladeschalter ein Umschalter (Maschinen-Umschalter) eingelegt und der zweite Kontakt E dieses Umschalters durch eine Leitung mit dem Schalthebel des Entladeschalters verbunden. Soll nun die Speisung der Lichtleitung von der

Dynamo und gleichzeitig vom Akkumulator erfolgen, so wird der Umschalter auf E gelegt; wie man sieht, steht jetzt sowohl die Dynamo, als auch der Akkumulator mit der Lichtleitung in Verbindung und beide arbeiten gleichzeitig in diese Leitung. Ebenso erkennt man, dass auch während der Ladung die Lampen von der Maschine aus gespeist werden können, es muss aber in diesem Falle der Hebel des Entladeschalters stets auf solche Kontakte liegen, welche vor dem jeweiligen Kontakt des Hebels des Ladeschalters sich befinden, bei der skizzirten Stellung des Ladeschalters also auf a_1 oder b_1 , aber nicht auf c_1 , d_1 u. s. w., weil sonst der Strom aus der Lichtleitung die zwischen liegenden Zellen in umgekehrter Richtung durchfliessen würde.

In ganz derselben Weise kann man auch beim Einfach-Zellenschalter durch Anordnung eines Maschinen-Umschalters sowohl die gleichzeitige Speisung der Lampen von der Dynamo und dem Akkumulator, als auch das Brennen der Lampen während der Ladung durch die punktirt angegebene Verbindung in Fig. 21 erzielen.

Hierbei ist jedoch zu beachten, dass der Maschinen-Umschalter beim Einfachzellenschalter so eingerichtet sein muss, dass der Schalthebel nie beide Kontakte gleichzeitig berührt, während er beim Doppelzellenschalter während des Umlegens mit beiden in Verbindung stehen muss; denn wenn man zum gleichzeitigen — also Parallelbetrieb — der Lampen durch Dynamo und Akkumulator übergeht, würde beim Einfachzellenschalter, falls der Maschinen-Umschalter momentan beide Kontakte berührt, wie aus Fig. 21 ersichtlich, ein Kurzschluss der letzten Zelle über h , der Verbindungsleitung und den beiden Kontakten des Umschalters stattfinden, welcher vermieden werden muss. Dadurch tritt aber in der Leitung zur Maschine eine Unterbrechung ein und der Strom derselben geht nur durch die Nebenschlussleitung der Magnetwicklung. Diese Unterbrechung findet bei Anwendung eines Doppelzellenschalters nicht statt, sondern es werden beim Uebergang zum Parallelbetrieb beide Hebel des Doppelzellenschalters auf entsprechende Kontakte derselben Zelle gestellt, und es kann dann auch bei gleichzeitiger Berührung beider Kontakte des Maschinen-Umschalters ein Kurzschluss von Akkumulatorzellen nicht eintreten.

Wie bereits erwähnt, wird sich die Anlage eines Doppelzellenschalters nur bei sehr grossen Anlagen, wo es sich darum handelt, jeden Kraftverlust zu vermeiden, empfehlen, dagegen empfiehlt sich die Anlage eines solchen bei kleineren Anlagen wegen der damit verbundenen Komplikation nicht.

In Folge der Möglichkeit des gleichzeitigen Betriebes der Dynamo und des Akkumulators ist man daher in der Lage, sowohl die Dynamo, als auch die dieselbe treibende Betriebsmaschine kleiner — etwa nur für die halbe Leistung — nehmen zu können, wenn man den Akkumulator so gross anlegt, dass derselbe den Rest des benötigten Stromes herzu-

geben vermag. Die Anlage eines Akkumulators bietet daher die Vortheile, dass

- 1) die Maschinen-Anlage bedeutend kleiner werden kann,
- 2) eine besondere Nothbeleuchtung nicht erforderlich ist, weil beim Defektwerden der Dynamo der Akkumulator auch ausnahmsweise den ganzen Strom zu liefern vermag,
- 3) die Dynamomaschine besser ausgenutzt wird,
- 4) die Beleuchtung zu jeder Zeit unabhängig von der Dynamo erfolgen kann und dass
- 5) endlich die Beleuchtung selbst in Folge des absolut ruhigen Lichtes eine bessere ist.

Was endlich den Nutzeffekt der Akkumulatoren anbelangt, so kann man im allgemeinen annehmen, dass der Akkumulator 75—80 % der bei der Ladung aufgewendeten Energiemenge in Volt-Amp. bei der Entladung wieder giebt. Der Verlust von 20—25 % setzt sich aus dem Unterschied zwischen der Spannung bei der Ladung — im Mittel 2,3 V pro Element — und derjenigen bei der Entladung — ca. 1,87 V —, sowie aus dem Stromverlust bei der Ladung, welcher theils durch Ueberladung theils dadurch entsteht, dass bei der Zersetzung des Wassers nie sämmtlicher Wasserstoff von der negativen Platte absorbirt wird, sondern stets ein kleiner Bruchtheil in Form von Gasblasen entweicht, zusammen. Dieser Verlust ist bei der Berechnung der Ladezeit des Akkumulators zu berücksichtigen, und das Produkt aus Volt \times Ampèrestunden der Entladung für die Ladung entsprechend zu vergrössern.

VI. Die elektrischen Lampen.

Der in der Dynamomaschine erzeugte Strom wird bei den Beleuchtungsanlagen zur Lichterzeugung verwendet. Dies geschieht entweder in der Weise, dass man einen ununterbrochenen Leiter von grossem Widerstand mittelst des Stromes bis zur Weissgluth erhitzt und das von diesem Körper ausgestrahlte Licht zur Beleuchtung verwendet, oder dass man den Strom zwischen zwei Leiterspitzen übertreten lässt, wobei der sich zwischen diesen bildende Lichtbogen eine gewisse Menge Licht ausstrahlt, und ausserdem noch die sich hierbei bis zum Weissglühen erhitzenden Leiterspitzen eine grosse Menge Lichtstrahlen aussenden.

Die erste Methode findet bei der Glühlicht-, die zweite bei der Bogenlichtbeleuchtung ihre Anwendung.

a) Die Glühlichtbeleuchtung.

Würde man einfach mittelst eines Stromes einen Körper bis zur Weissgluth erhitzen, ohne ihn vor dem Zutritt des in der Luft befind-

lichen Sauerstoffs zu schützen, so würde eine schnelle Oxydirung bezw. Verbrennung desselben die Folge sein. Um dies zu verhüten, ist also ein Abschluss des Leiters von der Luft erforderlich. Als leuchtenden Körper verwendet man bei den Glühlampen allgemein Kohlenfäden von sehr geringem Querschnitt (z. B. beträgt der Querschnitt des Kohlenfadens einer 10kerzigen Lampe 0,017 qmm) und dementsprechend sehr grossem Widerstande. Letzterer beträgt je nach der Konstruktion der Lampe bis 250 Ohm. Die Folge dieses grossen Widerstandes und des geringen Querschnittes ist, dass es schon mit verhältnissmässig geringer Stromintensität gelingt, den Kohlenfaden bis zur Weissgluth zu erhitzen. Die Herstellung der Lampen erfolgt im allgemeinen in der Weise, dass das zur Anfertigung des Kohlenfadens verwendete Material, meist Pflanzenfaser, zunächst mittelst Ziehen durch Zieheisen auf einen bestimmten Querschnitt, welcher von der Lichtstärke und der Betriebsspannung abhängig ist, gebracht und hierauf in Kohlenpulver geglüht wird. Um demselben einen absolut gleichförmigen Querschnitt zu geben, wird er hierauf in Kohlenwasserstoff mittelst eines durchgeleiteten Stromes geglüht. Dies Glühen findet an den dünnsten Stellen zuerst statt und der sich hierbei zersetzende Kohlenwasserstoff scheidet den Kohlenstoff in Form amorpher Kohle an diesen Stellen aus. Das Glühen wird so lange fortgesetzt, bis der Kohlenfaden vollständig gleichförmig ist und genügenden Querschnitt erhalten hat. Um denselben nun vor dem Verbrennen zu schützen, wird er, nachdem seine Enden mit Platindrähten leitend verbunden sind, in eine luftleer gepumpte Glashülse von kugel- oder birnenförmiger Gestalt so eingeschmolzen, dass die Platindrähte aus derselben hervorragen. Das Ende der Glashülse, an welchem die Drähte hervorstehen, wird mit einer Metallfassung so umgeben, dass entweder beide Drähte sowohl von einander als von der Fassung isolirt sind und an besondere eingekittete Metallstückchen anschliessen, oder es wird nur der eine Draht, von der Fassung isolirt, zu einem solchen eingekitteten Metallstückchen geleitet, während der andere direkt an die Lampenfassung angeschlossen wird. Mittelst einer anderen Metallhülse, welche dementsprechend konstruirt ist, und an welche die Zuleitungsdrähte anschliessen, wird die Lampe mit den Zuleitungsdrähten so verbunden, dass der durch diese zugeführte Strom durch den Kohlenfaden geschlossen wird.

Wie leicht ersichtlich, hängt die Lichtstärke einer solchen Glühlampe von der Oberfläche des Kohlenfadens ab; dagegen die Betriebsspannung von dem Widerstand desselben. Letzterer nimmt mit der Länge und mit abnehmendem Querschnitt zu, so dass also eine Lampe für hohe Spannung einen längeren und dünneren, dagegen eine solche für niedrige Spannung einen kurzen und dicken Kohlenfaden haben muss.

Als Beispiel seien hier die bezüglichen Werthe der Siemens'schen Glühlampen angeführt:

Lichtstärke in Normkerzen	5	8	10	10	16	16	16	16	25	25	25	25
Betriebsspannung in Volt.	25	50	100	65	120	100	65	50	120	100	65	50
Stromstärke in Amp.	0,77	0,52	0,39	0,52	0,5	0,51	0,77	1,02	0,66	0,77	1,17	1,50
Widerstand (heiss) in Ohm.	32,5	96,2	256	125	240	196	84,4	49	185	130	55,5	33,3

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Lampenkonstruktionen sind sehr unwesentlich und bestehen meistens nur in der Form und der Herstellungsart des Kohlenfadens, der Form der Glashülle und der Art der Fassung.

Der Strom- bzw. Arbeitsverbrauch schwankt bei den einzelnen Systemen zwischen 3 bis 4 Volt-Ampère auf eine Kerzenstärke, und zwar nimmt mit der Zunahme der Leuchtkraft (Kerzenstärke) der Arbeitsverbrauch pro Kerzenstärke im Allgemeinen ab, so dass also der Nutzeffekt der stärkeren Lampen grösser als bei schwächeren Lampen ist. Da die Kerzenstärke jedoch durch den Verwendungszweck bedingt ist, wird man meist nicht in der Lage sein, den grösseren oder geringeren Nutzeffekt berücksichtigen zu können.

Wenn Glühlampen vorsichtig betrieben werden, d. h. wenn sie nur mit einem Strom von nicht grösserer Spannung gespeist werden, als für welche sie angefertigt sind, so ist ihre Lebensdauer ziemlich gross, bis zu 2000 Brennstunden. Verwendet man jedoch Ströme mit grösserer Spannung, so leuchten die Lampen allerdings bedeutend stärker, aber die Brenndauer wird auch ganz unverhältnissmässig vermindert. Bei zu starkem Strom tritt eine plötzliche Zerstörung des Kohlenfadens und damit die Unbrauchbarkeit der Lampe ein. Während des Betriebes findet eine ganz allmähliche Zersetzung des Kohlenfadens statt, von demselben werden durch den Strom ganz kleine Theilchen abgesprengt, welche sich im Innern der Lampe an die Glashülse setzen, sie dadurch trüben und im späteren Verlauf wie mit einem braunen Hauch überziehen. Die Folge davon ist natürlich, dass die Leuchtkraft der Lampe ganz bedeutend vermindert wird, der Widerstand sich also in Folge des geringer werdenden Querschnitts erhöht, und nach kurzer Zeit tritt dann auch gewöhnlich die gänzliche Zerstörung des Kohlenfadens ein. Wenn man die Stromrichtung für die Glühlampen von Zeit zu Zeit wechselt, wird die Lebensdauer der Lampen vergrössert, da namentlich an dem Ende des Kohlenfadens, wo der positive Strom in denselben eintritt, eine stärkere Absprengung kleiner Theilchen stattfindet.

Gewöhnlich rechnet man für einen Arbeitsplatz eine 16kerzige Lampe, doch genügt nöthigenfalls auch schon das Licht einer 10kerzigen, namentlich wenn die Natur der Arbeiten eine besonders helle Beleuchtung nicht erfordert und die Lampe der betr. Arbeit sehr nahe gebracht werden kann. Ist dagegen eine grössere Entfernung der Lampe bedingt, so muss man natürlich eine stärkere Lampe wählen.

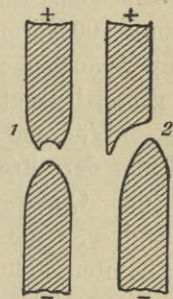
b) Die Bogenlichtbeleuchtung.

Lässt man einen stärkeren Strom von einigen Ampère Stromstärke durch zwei Kohlenstäbe gehen, deren Spitzen sich berühren, und entfernt hierauf die beiden Spitzen vorsichtig bis auf einige Millimeter von einander, so tritt der Strom auch weiterhin von einer Kohle zur anderen über und bildet an der Uebergangsstelle den von Davy näher untersuchten und nach ihm benannten Davy'schen Lichtbogen, dessen Länge von der Spannung und der Stromstärke abhängig ist. Für die bei der Bogenlichtbeleuchtung übliche Spannung von ca. 45 bis 55 V. beträgt die Lichtbogenlänge bei 3 A. ca. 1 mm und bei 12 A. ca. 4 mm, wonach ungefähr das Mass des Lichtbogens nach der Stromstärke in Ampères bemessen werden kann.

Hierbei erhitzen sich die Enden der Kohlen sehr stark, so dass sie in helle Weissgluth gerathen und ein sehr intensives Licht ausstrahlen. Bei gleichbleibender Stromrichtung zeigt sich jedoch sehr bald ein sehr wesentlicher Unterschied in dem Verhalten der beiden Kohlenstäbe. Die positive Kohle, d. h. diejenige, an welche der positive Pol der Lichtmaschine angeschlossen ist, wird auf eine weit längere Strecke von der Spitze aus glühend, als die negative Kohle, und bei Unterbrechung des Stromes glüht auch die positive Kohle viel länger nach, als die negative. Hieraus folgt, dass die positive Kohle bedeutend stärker erhitzt wird, als die negative, und dass ferner auch die von ersterer ausgestrahlte Lichtmenge viel grösser als die der letzteren sein muss. Thatsächlich beträgt auch die von der positiven Kohle erzeugte Lichtmenge ca. 85 pCt. des ganzen überhaupt ausgestrahlten Lichtes, während die negative Kohle nur ca. 10 pCt. und der Davy'sche Lichtbogen sogar nur 5 pCt. ausstrahlt. In Folge der stärkeren Erhitzung der positiven Kohle wird auch der Abbrand derselben bedeutend grösser, als der der negativen Kohle sein; erstere brennt fast doppelt so schnell ab, als letztere.

Weiterhin zeigen die Enden der Kohlenspitzen noch einen sehr bemerkenswerthen Unterschied, denn während sich die negative Kohle vollständig zuspitzt, tritt bei der positiven eine kraterförmige Vertiefung an der Spitze ein, welche wie ein Reflektor wirkt und die Lichtstrahlen nach der Richtung der negativen Kohle zurückwirft. Dies ist im Allgemeinen eine sehr vortheilhafte Erscheinung, weil dadurch eine grössere Lichtmenge nach einer bestimmten Richtung hin geworfen wird. Nebenstehende Fig. 23 zeigt die Form dieser Spitzen. Hierbei ist zu beachten, dass die Spitzen- bzw. Kraterbildung nur dann in der skizzirten Weise eintritt, wenn die Achsen beider Kohlen genau zusammenfallen. Ist dies nicht der Fall, so findet ein einseitiges, wie in Fig. 24 dargestelltes Abbrennen statt, was natürlich eine sehr unvortheilhafte

Fig. 23. Fig. 24.



Lichtvertheilung zur Folge hat. Beim Betrieb durch Wechselstrom tritt diese Kraterbildung natürlich nicht auf, beide Kohlen spitzen sich zu, und das Licht wird gleichmässig nach oben und unten geworfen.

Um den Strom zu zwingen, möglichst in der Achse der Kohlen und nicht am Rande überzutreten, weil dadurch stets ein unruhiges flackerndes Licht in Folge des am Rande hin und herspringenden Lichtbogens erzeugt wird, sowie um die Kraterbildung der positiven Kohle zu unterstützen, benützt man für diese sogenannte Dochtkohlen, welche in ihrer Achse einen einige Millimeter dicken poröseren und besser leitenden Kern besitzen.

Die Lichtstärke einer Lampe, welche mit verschiedenen Stromstärken betrieben wird, ist nun nicht dem Quadrat der angewandten Stromstärke proportional, wie man dies nach dem Joule'schen Gesetz über die Erwärmung der Leiter annehmen müsste, sondern dieselbe nimmt annähernd in gleichem Verhältniss mit der Stromstärke zu bzw. ab. Ferner ist die nach den verschiedenen Richtungen hin ausgestrahlte Lichtmenge sehr verschieden; im Allgemeinen ist die Ausstrahlung unter einem Winkel von ca. 35° gegen die Horizontale am grössten, welche ungefähr das doppelte von der in der Horizontalen ausgesendeten Lichtintensität beträgt; dies ist jedoch bei den einzelnen Lampenkonstruktionen verschieden, demnach ist auch eine genaue Angabe der Lichtstärke einer Lampe nicht ohne weiteres möglich. Um jedoch einen Vergleich zwischen den einzelnen Konstruktionen zu erhalten, giebt man entweder das Maximum der Lichtstärke oder einen ungefähren Mittelwerth derselben an. Im Allgemeinen kann man für die mittlere Lichtstärke einer Lampe 100 Normalkerzen auf je 1 Amp. Stromstärke bei Lampen von 3—12 Ampère annehmen, das Maximum der Lichtstärke ist dann ungefähr doppelt so gross, beträgt also ca. 200 *N. K.* pro 1 A. Stromstärke.

Während die Lichtstärke einer Lampe mit dem einfachen Verhältniss der Stromstärke zunimmt, die Beleuchtung einer Fläche aber mit dem Quadrate der Entfernung von der Lampe abnimmt, so ergibt sich, dass, wenn man zur Erzielung einer bestimmten Helligkeit auf einer bestimmten Fläche n Ampère gebraucht, für dieselbe Fläche in der doppelten Entfernung $2^2 n$ A. nöthig werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die von der Lampe beleuchtete Kreisfläche ebenfalls im Verhältniss von $1 : 2^2$ gewachsen ist, aber die Beleuchtung dieser ganzen Fläche wird nun in Folge der nach den einzelnen Richtungen sehr verschieden starken Lichtmenge sehr ungleich, namentlich wird der direkt unter der Lampe befindliche Schattenkegel sehr gross. Man wird also eine viel gleichmässiger und damit bessere Beleuchtung derselben Fläche erzielen, wenn man statt einer Lampe von $2^2 n$ A. Stromstärke, 2. 2 Lampen von je n A. Stromintensität verwendet. Dieser Vortheil, den man bei Anwendung einer grösseren Zahl kleinerer Lampen erzielt, wird aber noch grösser, wenn man Folgendes in Erwägung zieht:

Das Maximum der Lichtintensität wird für einen bestimmten Lichtkreis erzielt, wenn man die Lampe in einer Höhe $h = 0,7 r$ (wenn r

den Radius dieses Kreises bezeichnet) anbringt, dem Winkel von 35° der grössten Lichtintensität entsprechend, bzw. wenn $r = 1,45 h$ ist. Würde man nun die nächste Lampe in der Entfernung $2 r = \text{rd. } 3 h$ anbringen, so würden in der Mitte zwischen beiden Lampen die Punkte der grössten Helligkeit zusammenfallen, und diese Stelle also doppelt so stark beleuchten. Die Beleuchtung der Fläche selbst würde also dadurch noch ungleicher werden. Rückt man die beiden Lampen aber so weit auseinander, dass die von ihnen nach der Mitte hin ausgestrahlte Lichtmenge zusammen etwas mehr beträgt als die auf den Kreis der grössten Lichtintensität von einer Lampe ausgesandte Lichtmenge, so ist klar, dass die Beleuchtung dieser Fläche viel gleichmässiger sein wird, als vorher. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn man die Entfernung zweier Lampen von einander $e = 4 h$ macht. Dadurch wird die von einer grösseren Zahl kleinerer Lampen mit einer bestimmten Helligkeit beleuchtete Fläche grösser, als die von einer einzigen entsprechend grösseren Lampe beleuchtete Fläche, und ausserdem wird die Beleuchtung dieser Fläche selbst eine gleichmässiger. Ferner treten hierbei bei weitem nicht so scharfe, sehr störend wirkende Schlagschatten auf, da durch die Anwendung einer grösseren Anzahl Lampen die Beleuchtung sämtlicher Gegenstände eine vielseitigere ist.

Ein zweiter Werth für die Entfernung zweier Lampen ergibt sich zu $e = 1,8$ bis $2 h$. In diesem Falle wird der unter einer Lampe befindliche Schatten durch die Kreise der grössten Lichtintensität der benachbarten Lampen erleuchtet. Man wird jedoch diesen Werth für die Entfernung, welcher eine sehr grosse Anzahl von Lampen erfordert, nur in solchen Fällen anwenden, bei denen die Natur der Arbeiten sehr grosse Helligkeit und möglichst allseitige Beleuchtung erforderlich macht.

Um das grelle Licht der Bogenlampen zu mildern und mehr zu zerstreuen, umgiebt man namentlich die im Innern von Gebäuden angebrachten Lampen mit mattirten Schutzglocken. Dadurch wird aber stets ein, je nach dem Material der Glocke grösserer oder geringerer, Lichtverlust bedingt, welcher nach Fröhlich'schen Messungen für Alabasterglas 15 pCt., für Opalglas 20 pCt. und für Milchglas sogar 20—30 pCt. der gesammten Lichtstärke der Lampe beträgt.

Da die Lichtstärke einer Lampe hauptsächlich von der Stromstärke, mit welcher sie gespeist wird, abhängt, wird es am zweckmässigsten sein, die für eine bestimmte Fläche nöthige Lichtmenge durch die hierzu erforderliche Stromstärke anzugeben, wobei die Betriebsspannung einer Lampe zu 45 bis 50 V. angenommen ist. Hiernach kann man folgende Werthe wählen:

- a) Bei Maschinenwerkstätten, Drehereien, Tischlereien u. s. w., wenn zu den Arbeiten selbst keine Nebenbeleuchtung verwendet werden soll — also nicht neben der elektrischen Beleuchtung noch Gas-

- oder Lampenbeleuchtung vorhanden ist — für 1 qm Grundfläche $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{25}$ Ampère.
- b) Für die allgemeine Beleuchtung solcher Werkstätten, wenn also zu den Arbeiten selbst noch Gas- oder Lampenbeleuchtung benutzt wird, pro 1 qm Grundfläche $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{60}$ Ampère.
- c) Für allgemeine Hofbeleuchtung pro 1 qm Grundfläche $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{250}$ Ampère.

Diese Werthe sind nach ausgeführten Anlagen berechnet, da die in anderen Lehrbüchern für diesen Zweck angegebene Zahl von qm zu beleuchtender Fläche pro Lampe meist keinen Massstab für die Beleuchtung giebt, weil letztere in der Hauptsache doch von der Stromstärke der betr. Lampe abhängig ist, und diese wiederum, wie weiter unten näher begründet ist, wesentlich von der verfügbaren Aufhängehöhe der Lampe abhängt. Bei Anwendung obiger Werthe erzielt man bei guter Vertheilung der Lampen eine für gewöhnliche Arbeiten noch genügende Beleuchtung, sollen jedoch sehr feine und saubere Arbeiten in den betr. Werkstätten hergestellt werden, so ist die Wahl grösserer Werthe für die Stromstärke zu empfehlen. So sind beispielsweise in neuester Zeit für Drehereien $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{8}$ Amp., für Schlossereien $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ Amp. und für Montage-Werkstätten $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{12}$ Amp. pro qm Grundfläche zur Anwendung gekommen, wobei dann auch das oben angegebene kleinere Mass für die Entfernung $e = 1,8$ bis $2 h$ gewählt ist, da andernfalls — also bei der doppelten Entfernung der Lampen — die Lichtstärke der einzelnen Lampe zu gross werden und deshalb blendend und störend wirken würde. Die bei zu Grundelegung dieser Werthe erzielte Beleuchtung dürfte auch den weitgehendsten Ansprüchen genügen, trotzdem ist damit jedoch noch nicht gesagt, dass auch jeder Arbeiter gut sehen und arbeiten kann, denn dies hängt noch wesentlich von der Vertheilung und Anbringung der Lampen ab.

Für die geringsten Aufhängehöhen — d. h. die Höhe bis zum Lichtbogen — der Lampen ergeben sich für die einzelnen Stromstärken folgende Werthe:

Stromstärke	4	6	9	12	16 Amp.
-------------	---	---	---	----	---------

Mindesthöhe bis zum Lichtbogen	2,8	3,2	3,75	4,35	5 Met.,
--------------------------------	-----	-----	------	------	---------

bei deren Anwendung man ungefähr dieselbe Helligkeit, wie mit einer 16kerzigen Glühlampe in ca. $\frac{3}{4}$ — 1 m Entfernung erzielt. Geringere Aufhängehöhen dürfen keinesfalls angewendet werden, weil sonst das Licht mehr blendend als erleuchtend wirkt, vielmehr sind, wenn irgend möglich, etwas grössere Aufhängehöhen zu wählen.

Wie zu Anfang erwähnt, bildet sich der Lichtbogen zwischen den Kohlenspitzen nur dann, wenn sie sich beim Stromschluss berührt haben, dagegen bildet sich der Lichtbogen nicht wieder, wenn er einmal aus irgend welchen Ursachen erloschen ist. Die Kohlen müssen dann erst wieder bis zur Berührung genähert und hierauf um ein gewisses Stück

wieder von einander entfernt werden. Da ferner für jede Stromstärke und Spannung ein bestimmtes Mass für die Länge des Lichtbogens nicht überschritten werden darf, die Kohlenspitzen sich aber in Folge des Abbrandes von einander entfernen, so ergibt sich, dass man die Kohlen mit einem Regulirapparat verbinden muss, welcher die Kohlen gleichmässig wieder einander um so viel nähert, wie sie durch den Abbrand verlieren, und welcher ausserdem beim Erlöschen des Lichtbogens die Kohlen zunächst selbstthätig zur Berührung bringt und sie hierauf zur Bildung des Lichtbogens wieder um ein gewisses Mass von einander entfernt. Zur Ausführung dieser Funktionen ist eine grosse Anzahl solcher Lampen-Regulatoren konstruirt worden, die sämmtlich die vorgedachten Forderungen in grösserem oder geringerem Grade erfüllen. Bei jedem derselben kann man zwei wesentliche Theile unterscheiden, einen mechanischen Regulirmechanismus und eine vom Strome beeinflusste elektrische Regulirvorrichtung. Den ersteren für alle Lampenkonstruktionen genauer zu beschreiben, würde hier viel zu weit führen, ausserdem ist derselbe meistens auch ohne weiteres verständlich, dagegen soll die wichtigere, elektrische Regulirvorrichtung zunächst im Prinzip näher beschrieben und in ihrer Wirkung untersucht werden.

Sämmtliche Lampenkonstruktionen lassen sich je nach der Art und Weise, wie der elektrische Strom zur Regulirung benutzt wird, in drei grosse Gruppen theilen. Bei den zur ersten Gruppe gehörigen Lampen wird der den Lichtbogen erzeugende Strom selbst zur Regulirung verwendet. Dies sind die „Hauptstrom“- oder „Einzellicht“-Lampen. Bei denjenigen der zweiten Gruppe wird zur Regulirung nicht der Hauptstrom, sondern ein von diesem abgezwiegtter Nebenstrom benutzt; dies sind die „Nebenschluss-Lampen“, und endlich wird bei den Lampen der dritten Gruppe die Differenzwirkung zwischen einem Neben- und dem Hauptstrome verwendet, und diese nennt man „Differential-Lampen“.

a) Die „Hauptstrom“- oder „Einzellicht“-Lampen.

Das Prinzip dieser Lampen ist das in Fig. 25 zur Darstellung gebrachte. In Folge des Eigengewichtes oder einer äusseren Kraft (Feder usw.) legt sich die obere Kohle fest gegen die untere. Erstere ist an dem oberen Kohlenhalter befestigt, welcher in einer Hülse geführt bzw. gehalten wird. Die Hülse befindet sich an dem einen Ende eines um seine Mitte drehbaren Hebels, an dessen anderem Ende ein Stück weiches cylinderförmiges Eisen aufgehängt ist, welches mit seinem unteren Ende etwas in ein conaxial darunter befindliches Solenoïd hineinragt. Letzteres besteht aus einer grösseren Anzahl starker Drahtwindungen, welche schraubenförmig auf eine hohle Holzrolle aufgewickelt sind. Sobald ein Strom durch die Windungen geht, wirkt das Solenoïd wie ein Magnet, und sucht den Eisencylinder in sich hinein zu ziehen. Der bei

der Berührung der Kohlen von der positiven Polklemme der Lampe ausgehende Strom geht zunächst durch das Solenoïd zum Drehpunkt des Hebels und von hier durch den einen Arm des Hebels durch die Hülse am oberen Kohlenhalter, durch die obere Kohle zur unteren und von hier zur negativen Polklemme der Lampe und dann zur Hauptleitung zurück. Dabei zieht das Solenoïd den Eisencylinder in sich hinein und der Lichtbogen bildet sich, weil durch den zweiarmigen Hebel die Kohlen soweit von einander entfernt werden, bis Gleichgewicht zwischen der Kraft der Feder und der Wirkung des Solenoïds eintritt. Sollte durch

Fig. 25.

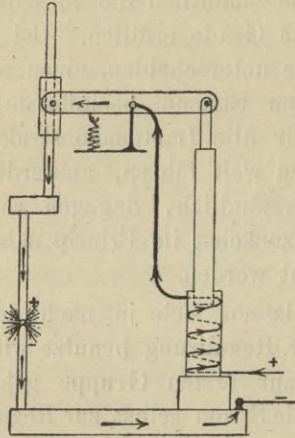


Fig. 26.

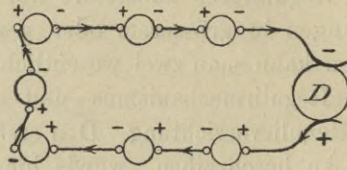
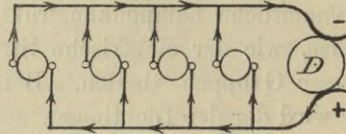


Fig. 27.



irgend eine Ursache der Strom unterbrochen werden, oder der Lichtbogen verlöschen, so hört die Wirkung des Solenoïds auf und die Kohlen legen sich aufeinander. Statt des Solenoïds kann man auch mit demselben Erfolg einen Elektromagneten verwenden; die Wirkung und das Prinzip bleibt dadurch ungeändert. Die Begrenzung der Grösse des Lichtbogens, sowie die wegen des Abbrandes der Kohlenstäbe nöthige Nachstellung ist Sache der mechanischen Regulirvorrichtung, die in der verschiedensten Weise ausgeführt werden kann.

Die anziehende Kraft des Solenoïds ist ebenso wie die eines Elektromagneten von der Intensität des durchfliessenden Stromes abhängig; daraus folgt, dass diese Lampen das Bestreben haben, immer dieselbe Stromstärke in den Solenoïd-Windungen herzustellen, so dass bei wachsendem Widerstand im Lichtbogen und dementsprechend geringer werdenden Stromstärke die Wirkung des Solenoïds schwächer wird, die Kohlen sich also mehr nähern und dadurch den Widerstand verringern. Diese Hauptstromlampen reguliren demnach auf gleiche Stromstärke. Es ergibt sich ferner, dass man diese Lampen nicht zu mehreren hintereinander schalten kann, wie Fig. 26 zeigt, da durch das Verlöschen einer Lampe das gleichzeitige Erlöschen aller in demselben Kreise vorhandenen Lampen bedingt ist; zugleich wird das Licht der Lampen ein

sehr unruhiges, da alle Lampen von einander abhängig sind. Ebenso eignen sich diese Lampen nicht zur Parallelschaltung (vergl. Fig. 27), denn da die Regulirung bei verschiedenen Widerständen auf gleichen Stromverbrauch erfolgt, die Stromvertheilung auf die einzelnen Zweigleitungen aber nach den daselbst vorhandenen Widerständen geschieht, so würden sich die Stromstärken in den Zweigleitungen fortwährend nach den jeweiligen Widerständen der Lampen richten, also ebenfalls ein sehr unruhiges Brennen zur Folge haben. Hieraus geht hervor, dass eine Theilung des von einer Maschine gelieferten Stromes bezw. der entsprechenden Lichtmenge mit Hilfe dieser Lampe nicht möglich ist; sie eignen sich nur für Einzellicht, d. h. es kann nur immer je eine Lampe an jede Lichtmaschine angeschlossen werden.

b) Die Nebenschluss-Lampen.

Fig. 28 veranschaulicht das bei denselben zur Anwendung kommende Prinzip. Dasselbe unterscheidet sich nur dadurch von dem der Einzellichtlampen, dass nicht der Hauptstrom, sondern ein von diesem abgezwigter Nebenstrom mit sehr geringer Intensität durch ein aus vielen

Fig. 28.

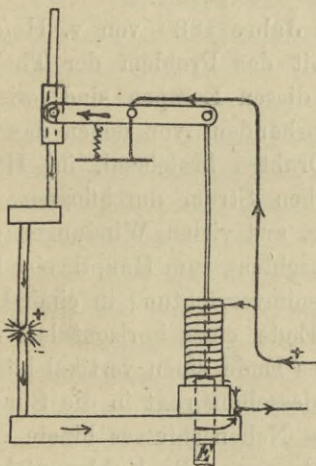
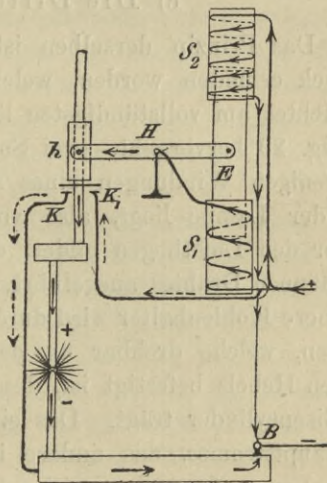


Fig. 29.



Windungen eines dünnen Drahtes bestehendes Solenoid geführt wird. Die Regulirung wird also nicht durch den den Lichtbogen bildenden Strom, sondern von dem Strome der Nebenschlussleitung bewirkt. Es bezeichne w_1 den Widerstand im Hauptkreis der Lampe, also in der Hauptsache den des Lichtbogens, w_2 denjenigen des Nebenschlusses. Die Klemmenspannung der Maschine sei $= E$, der Widerstand der Zuleitung zur Lampe $= W$, die Stromstärke in derselben $= J$, diejenige des Hauptkreises der Lampe $= i_1$ und die des Nebenschlusses $= i_2$. Die Wirkung des Solenoids ist demnach von i_2 abhängig, und diese Stromstärke ermittelt sich nach Früherem zu

$$i_2 = \frac{E \cdot w_1}{W w_1 + W w_2 + w_1 w_2}$$

oder, durch w_1 dividirt, zu

$$i_2 = \frac{E}{w_2 + W + \frac{W w_2}{w_1}}$$

d. h.: Nimmt der Widerstand w_1 im Lichtbogen zu, so wird auch die Stromstärke im Nebenschluss grösser; die Folge würde sein, dass der Eisencylinder höher in das Solenoïd gezogen und dadurch der Lichtbogen und mit ihm der Widerstand w_1 wieder verringert wird. Man erkennt, dass diese Lampen bei gleichbleibender Stromzuführung bestrebt sind, eine konstante Spannung im Lichtbogen zu erhalten, und daraus folgt, dass sich die Nebenschlusslampen sehr gut für Parallelschaltung eignen werden; sie funktioniren auch dann noch sehr gut, wenn sie in Gruppen von 2 bis 3 Stück hintereinandergeschaltet und diese Gruppen zu einander parallel geschaltet werden. Das gute Funktioniren der Lampen im letzten Falle hängt aber dann noch sehr wesentlich von der Ausführung des mechanischen Regulirmechanismus ab.

c) Die Differential-Lampen.

Das Prinzip derselben ist erst im Jahre 1880 von v. Hefener-Alteneck erfunden worden, welcher hiermit das Problem der Theilung des Lichtes am vollständigsten löste. In diesen Lampen sind, wie aus der Fig. 29 hervorgeht, zwei Solenoïde vorhanden, von denen das eine, aus wenigen Windungen eines starken Drahtes bestehend, im Hauptkreis der Lampe liegt, also von demselben Strom durchflossen wird, welcher den Lichtbogen bildet, das andere, aus vielen Windungen eines sehr dünnen Drahtes ausgeführt, im Nebenschluss zum Hauptkreise liegt. Der obere Kohlenhalter wird durch eine Hemmvorrichtung in einer Hülse gehalten, welche drehbar an dem einen Ende eines horizontalen zweiarmigen Hebels befestigt ist, dessen anderes Ende einen vertikal hängenden Eisencylinder trägt. Das eine Ende desselben ragt in die Spule S_1 des Hauptstromes, das andere in die des Nebenschlusses hinein. Der in die Lampe tretende positive Strom geht, wenn die Kohlen nicht zusammenliegen, durch den Nebenschluss zum Solenoïd S_2 , wodurch der Eisencylinder in dieses hineingezogen wird und in Folge dessen die Kohlenspitzen zusammengedrückt werden. Dadurch ist der Hauptkreis der Lampe geschlossen, der eintretende Strom theilt sich jetzt und geht theilweise auch ferner durch den Nebenschluss, zum grössten Theil aber durch das Hauptstrom-Solenoïd S_1 zum Drehpunkt des Hebels und von hier weiter durch den Hebel, die Hülse, den oberen Kohlenhalter zur oberen Kohle, tritt, den Lichtbogen bildend, zur unteren Kohle über und von hier zur Hauptleitung zurück. Das Solenoïd S_1 zieht jetzt den Eisencylinder in sich hinein, bis die Kräfte der beiden Solenoïde auf

den Eisencylinder sich das Gleichgewicht halten. Hierbei bildet sich der Lichtbogen, welcher sich durch den Abbrand der Kohlen allmählich vergrössern würde; da hiermit aber auch der Widerstand im Hauptkreise wachsen, also die Intensität geringer und dementsprechend auch die Kraft des Hauptstrom-Solenoids abnehmen würde, so zieht jetzt das Nebenschluss-Solenoid den Eisencylinder mehr in sich hinein, so dass die Länge des Lichtbogens unverändert bleibt. Dies geht soweit, bis sich der Eisencylinder in seiner höchsten Lage befindet, dann tritt die mechanische Regulirvorrichtung in Kraft, welche jetzt den oberen Kohlenhalter immer stückweise in kurzen Zwischenräumen nachsinken lässt.

Aus vorstehendem ergibt sich, dass die Anzahl der Solenoid-Windungen so bemessen sein muss, dass, wenn die Kohlen aufeinander liegen, die Wirkung des Hauptstrom-Solenoids S_1 diejenige des Nebenschlusses überwiegt, dass aber beide sich für eine bestimmte Stromstärke im Hauptkreise, also für einen bestimmten Widerstand im Lichtbogen das Gleichgewicht halten.

Für den Fall, dass die Kohlen vollständig abgebrannt sein sollten, würde der Hauptstrom unterbrochen sein, und wenn diese Lampe mit anderen hintereinander geschaltet ist, die sämtlichen Lampen dieses Kreises nur den durch den Nebenschluss gehenden Strom, welcher aber viel zu gering zum Betriebe einer Lampe ist, erhalten. Um dies zu vermeiden, ist eine Kontaktvorrichtung, sowohl bei diesen, wie bei den Nebenschlusslampen vorhanden, durch welche sofort der Hauptstromkreis geschlossen wird. Dieser Kontakt ist in der Fig. 29 bei $K K_1$ dargestellt. Für den angenommenen Fall geht also kein Strom durch S_1 , der Eisencylinder wird demnach kräftig in S_2 hineingezogen und dadurch kommt ein an der Hülse h isolirt befestigtes Metallstück mit K und K_1 in Berührung. Man erkennt aus der Fig. 29, wie dadurch die Lampe kurz geschlossen ist, und der zur Speisung der übrigen Lampen dienende Strom ungehindert den ganzen Lampenkreis durchfliessen kann, die Ausschaltung der Lampe findet also ganz selbstthätig statt. Durch den Kurzschluss dieser Lampe fällt aber auch der durch sie gebildete Widerstand aus der Lichtleitung aus, und in Folge des geringeren Widerstandes dieses Lampenkreises würden die anderen Lampen dieses Kreises mehr Strom erhalten, als zulässig ist. Daraus geht hervor, dass, wenn diese Lampen hintereinander geschaltet werden sollen, durch den Kurzschluss zugleich ein gleichwerthiger Widerstand wieder eingeschaltet werden muss. Dagegen ist die Einschaltung eines solchen Ersatzwiderstandes unnöthig und sogar unvortheilhaft, wenn die Lampen in reiner Parallelschaltung verwendet werden, da in solchem Falle nur ein unnöthiger Stromverbrauch stattfinden würde. Die in Fig. 29 dargestellte Lampe ohne Ersatzwiderstand wäre demnach nur für Parallelschaltung zu verwenden. Abgesehen jedoch von diesem Ersatzwiderstand ist die Konstruktion für Hintereinander- und Parallelschaltung dieselbe.

Man ersieht aus dem Vorstehenden, dass die Differential-Lampen auf gleichen Widerstand im Lichtbogen ganz unabhängig von der Zu- oder Abnahme der Spannung in der Hauptleitung reguliren und sie eignen sich daher sowohl für Parallel- als auch für Hintereinanderschaltung, so dass die weitgehendste Theilung des Lichtes mit Hülfe dieser Lampen ausführbar ist. Ausserdem haben sie noch den Vorzug vor den vorerwähnten, dass ihre Wirkung ganz unabhängig von einer äusseren Kraft (Gewicht, Feder usw.) ist, der wesentlichste Theil der Regulirung also nur mit Hülfe des Stromes erfolgt.

Das Prinzip der Differentialwirkung ist auf viele neueren Lampensysteme in mehr oder weniger einfacher Weise übertragen worden. Die einzelnen Konstruktionen unterscheiden sich nur in der Anordnung der vorstehend erwähnten Theile, sowie der Art der Hemmvorrichtung. Ferner werden bei einigen Lampen beide Kohlen dem Abbrande entsprechend so nachgestellt, dass der Lichtbogen seine Stelle im Raume behält, während bei anderen Konstruktionen nur eine der beiden Kohlen nachgestellt wird, wobei dann natürlich sich die Lage des Lichtbogens ändert. Im Allgemeinen sind alle diese Unterschiede nur unwesentlicher Art; man wird deshalb möglichst den Lampen den Vorzug geben, welche den einfachsten mechanischen Regulirmechanismus besitzen, weil bei diesen voraussichtlich die wenigsten Störungen im Betriebe entstehen werden.

Zur besseren Orientirung sollen noch einige der am meisten verwendeten Lampenkonstruktionen, welche sich sowohl durch grosse Einfachheit, als auch durch sehr gutes Funktioniren auszeichnen, näher beschrieben werden.

a. Die v. Hefener-Alteneck'sche Differentiallampe von Siemens u. Halske. Fig. 30.

Der obere Kohlenhalter ist mit einer Zahnstange versehen, welcher durch eine Parallelogramm-Führung in senkrechter Richtung erhalten wird. Die obere Seite dieses Parallelogramms ist zu einem zweiarmigen Hebel verlängert, an dessen zweiten Arm der in die beiden Drahtspulen hineinragende Eisenkern drehbar befestigt ist. Mit der Zahnstange steht ein kleines Trieb in Eingriff, auf dessen Achse ein Steigrad befestigt ist, welches wiederum mit einer Pendelhemmung in Eingriff steht. Die nach oben verlängerte Pendelstange wird, so lange keine Senkung des oberen Kohlenhalters nöthig ist, durch einen am Parallelogramm befindlichen Hebel festgehalten. Wird der Widerstand im Lichtbogen grösser, so zieht die obere Spule den Eisenkern in sich hinein, dadurch gleitet das Parallelogramm am Kohlenhalter herab, und zugleich wird die Pendelarretirung ausgelöst. Durch das Gewicht des Kohlenhalters wird nun das Steigrad mit dem Pendel in Bewegung gesetzt, und der Kohlenhalter senkt sich, bis der Widerstand im Lichtbogen soweit verringert ist, dass die Wirkung der unteren Spule das Uebergewicht erhält und den Eisenkern wieder anzieht, also das Parallelogramm leicht anhebt,

wodurch das Pendel arretirt wird. Sind die Kohlen abgebrannt, so zieht die obere Nebenschlusspule den Eisenkern kräftig hoch und bringt dadurch einen am unteren Ende des Parallelogramms befindlichen Kurzschluss zum Kontakt.

b. Die Kzik-Lampe von Schuckert. Fig 31.

Fig. 30.

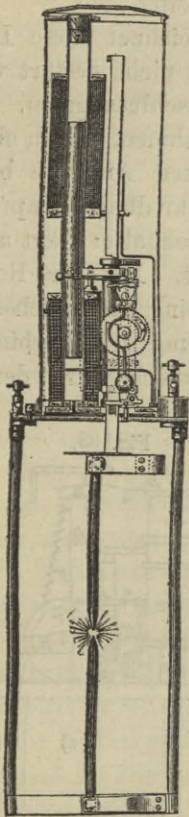
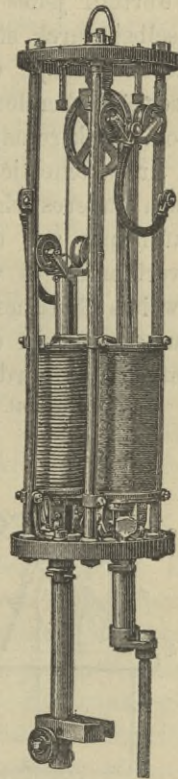


Fig. 31.



Die Kohlenhalterstangen sind hier als hohle Röhren ausgeführt, in welchen sich die von den Spulen beeinflussten konisch ausgeführten Eisenkerne befinden. Die Führung der Halter erfolgt mittelst Rollen, wodurch eine sehr leichte Verschiebbarkeit erzielt wird. Beide Halter sind durch eine Schnur, welche über die obere Leitrolle geht, mit einander verbunden. Beide Eisenkerne werden durch die Spulen nach oben gezogen und nur die Differenz der Anziehungskräfte bewirkt eine Drehung der Leitrolle und damit ein gleichzeitiges Zusammen- oder Auseinandergehen der Kohlen; der Lichtbogen bleibt also an derselben Stelle. Wegen des ca. doppelt so starken Abbrandes der oberen positiven Kohle muss der Querschnitt derselben demnach auch ungefähr gleich dem doppelten der unteren negativen Kohle sein. Die konische Form der Eisenkerne ist dadurch bedingt, dass die Wirkung der Solenoidspulen

auf diese Kerne unabhängig davon wird, ob dieselben mehr oder weniger tief in die Spulen hineinragen. Sollen diese Lampen in Hintereinanderschaltung verwendet werden, so wird noch ein besonderer Elektromagnet angebracht, welcher, sobald der untere Kohlenhalter in seiner höchsten, bezw. der obere Kohlenhalter in seiner tiefsten Stellung angelangt ist, den Hauptstromkreis unterbricht und den Strom durch einen Ersatzwiderstand nach der nächsten Lampe weiter leitet.

Der Fortfall jedes Hemmwerkes pp. zeichnet diese Lampe aus, so dass sie selbst durch starke Schwankungen nicht gestört wird.

c. Die Bandlampe von Siemens (Nebenschlusslampe). Fig. 32.

Ein schrägstehender um c drehbarer Rahmen, dessen obere Längsseite den vom Elektromagneten m beeinflussten Anker e bildet, trägt eine Rolle b , auf welche sich ein breites aber sehr dünnes Kupferband aufwickelt, dessen anderes Ende den oberen Kohlenhalter trägt und zugleich die Stromzuführung zur oberen Kohle bildet. Mit der Rolle ist ein Zahnkranz verbunden, in welchem ein Trieb eingreift, welches wiederum durch ein zweites Trieb mit einer Ankerhemmung a in Verbindung steht. Die Arretirung geschieht durch die Zunge y , welche durch den federnden Haken d festgehalten wird.

Fig. 32.

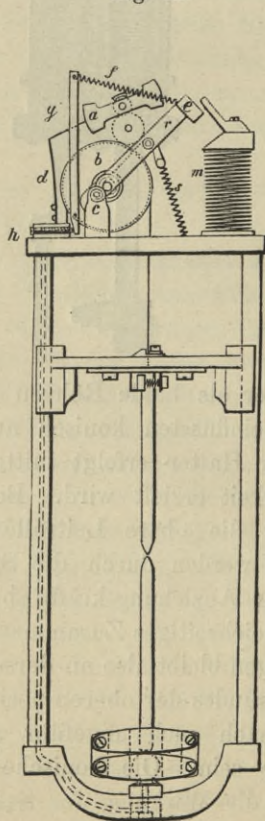
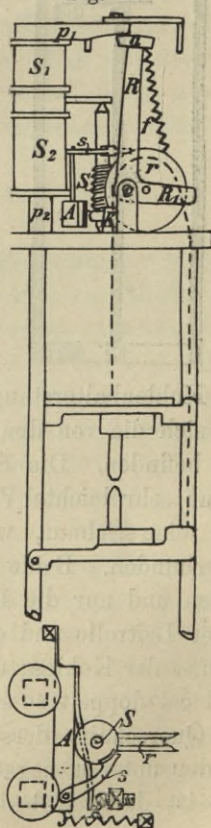


Fig. 33.



Wird die Lampe in einen Stromkreis eingeschaltet, so zieht der Elektromagnet zunächst den Anker e an und dreht damit den Rahmen um c . Die Kohlen waren vorher ausser Berührung, weil die Feder f den Rahmen und damit die obere Kohle hoch zieht. Durch die Anziehung des Ankers wird die Zunge der Ankerhemmung frei, und in Folge des Eigengewichtes des oberen Kohlenhalters kann sich jetzt das Kupferband von der Trommel abwickeln, bis sich die Kohlen berühren. Hierdurch wird der Hauptstromkreis kurz geschlossen, der im Nebenschluss liegende Elektromagnet verliert seine Wirkung, die Feder f zieht den Anker und damit den Rahmen sowie die obere Kohle hoch und der Lichtbogen bildet sich. Zugleich wird jetzt wieder die Hemmung festgehalten, weil die Zunge des Echappements gegen den Haken von d stösst, und es stellt sich jetzt Gleichgewicht zwischen der Kraft der Feder f und der Anziehungskraft des Elektromagneten her, bis durch den Abbrand der Kohlen die letztere in Folge des dann stärker werdenden Nebenschlussstromes wieder überwiegt und die Hemmung auslöst.

Durch grössere oder geringere Anspannung der Feder f mittelst der Schraube h kann die Lampe für verschiedene Stromstärken eingestellt werden. Die Feder s ist so eingestellt, dass durch sie das in Folge des Abbrandes verminderte Gewicht der oberen Kohle ausgeglichen wird.

Die Lampe eignet sich sehr gut zur reinen Parallelschaltung, sowie auch zur Parallelschaltung von Gruppen mehrerer (bis 5 Stück) hintereinander geschalteter Lampen.

d. Die Nebenschlusslampe von Kummer. Fig. 33.

Diese Lampe besitzt zwei übereinander liegende Drahtspulen, welche beide im Nebenschluss liegen. Die obere Spule dient zur ersten Lichtbogenbildung, die untere beeinflusst die Nachstellvorrichtung. Beide Kohlenhalter sind durch eine über die Rolle r geführte Schnur, welche durch die hohle Säule geht und den unteren Kohlenhalter trägt, mit einander verbunden. Die Rolle r ist in dem Winkelrahmen RR_1 drehbar gelagert und am Umfange mit Zähnen, welche in einer kleinen senkrecht stehenden Schnecke eingreifen, versehen. Das obere Stück a des Rahmens R bildet den Anker für den von S_1 beeinflussten Magnetpol p_1 , von welchem a durch die Feder f abgezogen wird. Wenn R um c gedreht wird, stützt sich die Rolle r mit ihren Zähnen gegen die Schnecke S und dadurch wird, wenn a angezogen wird, der der Schnecke S gegenüber liegende Theil der Rolle r und damit auch die untere Kohle gehoben. Dies findet statt, sobald die Lampe in den Strom eingeschaltet wird, der Strom geht dann, da die Kohlen auseinander stehen, durch S_1 und die untere Kohle wird bis zur Berührung gehoben. Sobald das stattfindet, wird S_1 stromlos, die Feder f zieht den Rahmen zurück, die untere Kohle senkt sich und der Lichtbogen wird gebildet. Wird in Folge des Abbrandes der Widerstand im Hauptkreise grösser, und kann S_1 die Kohlen nicht mehr genügend nähren, so tritt S_2 in Wirkung, welche den Anker A an

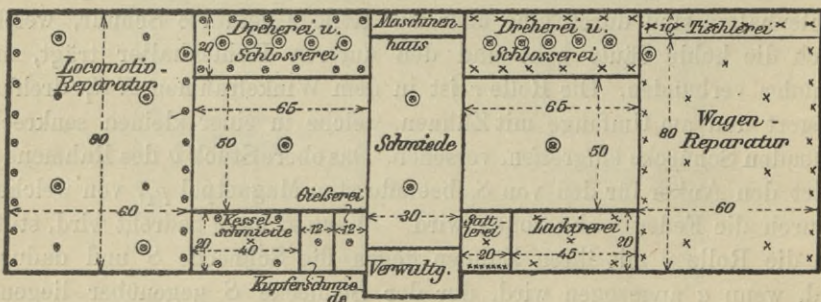
den Pol p_2 anzieht; dadurch wird der den Strom zu dieser Spule leitende Kontakt k unterbrochen und S_2 wieder stromlos. Durch eine Feder wird A nun wieder abgezogen und pendelt somit hin und her. Diese hin- und hergehende Bewegung wird auf die Sperrklinke s , welche mit A fest verbunden ist, übertragen, und ein mit s in Eingriff stehendes Reibrad, welches mit der Schnecke S achsial verbunden ist, in Drehung versetzt. In Folge der Drehung der Schnecke wird nun auch r gedreht und dadurch die Kohlen einander um so viel genähert, bis der Widerstand im Lichtbogen soweit vermindert ist, dass die Nebenschlusspule S_2 nicht mehr Kraft genug hat, den Anker A anzuziehen.

Auch diese Lampe funktionirt bei Parallelschaltung sehr gut und giebt ein sehr ruhiges, gleichmässiges Licht.

VII. Die Berechnung und praktische Ausführung einer neuen Beleuchtungs-Anlage.

Nachdem in den vorstehenden Abschnitten die sämtlichen Haupttheile einer Beleuchtungs-Anlage im einzelnen genau besprochen worden sind, soll jetzt an einem Beispiele die Anwendung derselben auf eine neu herzustellende Anlage gezeigt werden. Als Beispiel soll angenommen werden, dass die in Fig. 34 im Grundriss dargestellte Eisenbahn-Haupt-

Fig. 34.



werkstatt sowohl an den Arbeitsplätzen der Werkstatt, als auch an denen der Büreaus mit elektrischer Beleuchtung versehen werden soll.

Die Lage der einzelnen Werkstätten zu einander, sowie deren Grössenverhältnisse sind aus der Skizze ersichtlich; es sei nur noch erwähnt, dass angenommen ist, dass die Feilbänke, sowohl der Wagen- als auch der Locomotiv-Reparatur, an den Längsseiten der bezüglichen

Gebäude quer zu den Geleisen, und die Hobelbänke der Tischlerei parallel zur Achse des Gebäudes aufgestellt gedacht sind.

Es ist zunächst der Lichtbedarf für die einzelnen Werkstätten und deren Abtheilungen zu bestimmen. Hierbei berücksichtige man, dass in den beiden Reparaturwerkstätten der grösste Lichtbedarf an den Längsseiten, wo sich die Feilbänke und Schraubstöcke befinden, vorhanden ist, während er für den mittleren Raum viel geringer ist, weil bei den Reparaturarbeiten an den Lokomotiven und Wagen, welche theils unter, theils in denselben vorgenommen werden müssen, doch stets noch Handlampen mit verwendet werden müssen. Ferner ist für die Arbeitsplätze der Sattler, sowie der Werkstatts- und Bureaubeamten die hierfür zweckmässigere Glühlichtbeleuchtung angenommen.

Nach den früher gemachten Angaben und unter der Voraussetzung, dass nicht eine besonders starke, sondern nur eine gerade genügende Beleuchtung erzielt werden soll, wird folgender Licht- bzw. Strombedarf für die einzelnen Arbeitsstellen erforderlich sein:

Für die Arbeitsplätze an den Schraubstöcken sowie für die Drehbänke $\frac{1}{20}$ A. pro 1 qm Grundfläche, für die allgemeine Beleuchtung der Mittelräume der Wagen- und Lokomotiv-Reparatur $\frac{1}{50}$ A., für die Tischlerei $\frac{1}{20}$ A., für die Lackirerei $\frac{1}{45}$ A., für Giesserei, Kupferschmiede und Kesselschmiede $\frac{1}{40}$ A., für die Schmiede $\frac{1}{60}$ A. und für sämtliche Hofräume ca. $\frac{1}{200}$ A. pro 1 qm Grundfläche, wobei immer die für eine Lampe nöthige Betriebsspannung zu rund 50 V. vorausgesetzt ist. Will man jedoch eine stärkere und bessere Beleuchtung erhalten, so wären die entsprechend grösseren Werthe für den Strombedarf anzunehmen. Nach diesen Angaben berechnet sich die Stromstärke bzw. der Lichtbedarf für jede einzelne Werkstatt, und dieser muss dann auf die einzelnen Lampen möglichst zweckentsprechend vertheilt werden, nachdem die Anzahl und Vertheilung der Lampen nach den in Abschnitt VI näher ausgeführten Grundsätzen bestimmt ist. Hiernach wird man die Anzahl der Lampen um so grösser nehmen, je besser und allseitiger die Beleuchtung an den betreffenden Arbeitsplätzen erforderlich ist, hier also an den Arbeitsplätzen der Feilbänke, Dreh- und Hobelbänke, dagegen wird man, um nicht zu grosse Anlagekosten zu erhalten, für die Räume, für welche eine weniger gleichmässige Beleuchtung ausreicht, also für die Mittelräume der Wagen- und Lokomotiv-Reparatur, der Schmiede, sowie der Hofräumlichkeiten eine geringere Anzahl, aber entsprechend stärkere Lampen verwenden. Für die inneren Räume ist im allgemeinen der grösste Abstand der Lampen von einander schon durch die verfügbare Aufhängehöhe gegeben, weil nach Früherem derselbe für eine nicht besonders starke Beleuchtung gleich der vierfachen Aufhängehöhe sein soll. Um eine wirklich brauchbare Beleuchtung an den Feilbänken zu erhalten, muss man die Lampen möglichst direkt über denselben, also möglichst nahe an den Wänden

in ca. 0,5 bis 0,8 m Abstand von denselben anbringen. Dies erscheint zunächst sehr unvorthellhaft, da hierdurch fast die halbe Lichtmenge der Lampe gegen die Wand ausgestrahlt wird; bedenkt man jedoch, dass weiss gestrichene Wände wie Reflektoren wirken, so erkennt man, dass das Reflexlicht der Wände wieder dem übrigen Raum zu gut kommt. Der Arbeiter am Schraubstock kann nur gut arbeiten, wenn er das Licht möglichst von vorne erhält; eine hinter ihm noch so starke Beleuchtung erleichtert nicht, sondern erschwert eher das Arbeiten wegen der Schlagschatten. Um ein möglichst gutes Reflexlicht zu erhalten, ist ein guter weisser Anstrich der Wände unbedingt erforderlich, ausserdem muss man aber auch darauf achten, dass die Lampen nicht etwa vor den Fenstern, sondern vor den grösseren Wandflächen angebracht werden, und hierdurch ist wiederum eine Bedingung für die Entfernung der Lampen von einander gegeben. Sollte jedoch, was hier nicht angenommen ist, die Beleuchtung der Arbeitsplätze selbst durch Gas oder dergleichen erfolgen, so würde man nur für die allgemeine Beleuchtung zu sorgen haben, und dann die Lampen in grösserer Entfernung von den Wänden anbringen.

Im vorliegenden Beispiel wird man also zunächst an den Längswänden der Lokomotiv- und Wagen-Reparatur, ferner aus demselben Grunde an den Längswänden der Dreherei, weil hier entweder Feilbänke oder Drehbänke ebenfalls an den Wänden entlang stehen, je eine Lampenreihe anordnen. Die zur Verfügung stehende Aufhängehöhe betrage 3 m, dann folgt, dass die Entfernung der Lampen ca. $4 \cdot 3 = 12$ m zu betragen hat. (Diese Zahl ist aus dem oben angegebenen Grunde von der Bauart des Gebäudes, namentlich der Binderentfernung etc. abhängig und für jeden besonderen Fall entsprechend zu modifiziren.) Für die Lampen des Mittelraumes sei eine Aufhängehöhe bis zu 7 m vorhanden, so dass hiernach der Abstand der Lampen ca. $4 \cdot 7 = 28$ m betragen könnte. Um jedoch mit den Wandlampen zusammen eine bessere Vertheilung zu erhalten, wird man den Abstand der Mittellampen diesen entsprechend wählen, also hier ca. 24 m, so dass die Aufhängehöhe $\frac{24}{4} = 6$ m beträgt.

Hiernach ergeben sich für die Lokomotiv-Reparatur an der einen Seite 8, an der anderen, wegen des Verbindungsthores mit der Dreherei, nur 7 Wandlampen und für den Mittelraum 8 Mittellampen.

Für die Dreherei wird die Seitenbeleuchtung allein für die mehr nach der Mitte stehenden Bänke nicht recht genügen. Da der Raum jedoch verhältnissmässig nur schmal ist und hier namentlich eine möglichst gleichmässige und allseitige Beleuchtung erwünscht ist, wird man auch für die Mittellampen, selbst wenn genügende Höhe für grössere Lampen vorhanden ist, nur kleine Lampen, und zwar am zweckmässigsten dieselben wie an den Seiten, anwenden.

Wegen der parallel zur Achse des Gebäudes stehenden Hobelbänke

in der Tischlerei würde hier die Anbringung von Wandlampen zwecklos sein. Wegen der geringen Tiefe des Raumes von etwa 10 m empfiehlt sich die Anwendung kleiner Lampen in ca. 10—12 m Abstand, so dass für diesen Raum 6 kleine Mittellampen erforderlich werden.

Für die Wagen-Reparatur gilt im wesentlichen dasselbe, wie das bei der Lokomotiv-Reparatur gesagte. Wegen der Abtrennung der Tischlerei genügen jedoch an jeder Seite 7 Wandlampen und für den Mittelraum 7 Mittellampen.

Bezüglich der Kesselschmiede sowohl als der Lackirerei liegt der Gedanke nahe, nur je eine stärkere Mittellampe anzubringen; man würde aber dadurch eine sehr einseitige Beleuchtung erhalten, welche wegen der starken Schlagschatten oft mehr hinderlich als förderlich sein dürfte. Für beide Werkstätten, namentlich für die Kesselschmiede, wird zwar die Anwendung von Handlampen nicht zu umgehen sein, trotzdem dürfte sich doch die Anbringung mehrerer schwacher Lampen als vortheilhafter erweisen. Die Anlagekosten werden dadurch allerdings etwas vergrößert, doch ist diese Vermehrung im Verhältniss zu den Kosten der ganzen Anlage und mit Rücksicht auf die bessere Lichtvertheilung unbedeutend. Aus diesem Grunde sind für jede der beiden Werkstätten vier Seiten- und eine Mittellampe angenommen.

Für die Kupferschmiede, Giesserei und Sattlerei ist nur eine allgemeine Beleuchtung erforderlich und deshalb für jeden Raum nur eine Mittellampe angeordnet. Ebenso ist für die Schmiede nur eine allgemeine Beleuchtung nöthig, welche durch zwei Mittellampen zu erzielen ist, vorausgesetzt, dass dieselben in ca. 8 m Höhe angebracht werden können. Für jeden der beiden Innenhöfe eignet sich, wegen ihrer fast quadratischen Form, ebenfalls am besten je eine Mittellampe, welche, wie sich aus den Raumverhältnissen 50 : 65 ergibt, in ca. 13 m Höhe angebracht werden muss.

Der vor der Werkstatt liegende Hof habe eine Breite von circa 60 m. Für diese Breite reicht ebenfalls noch eine in ca. 14—15 m Höhe anzubringende Reihe Mittellampen aus, deren Abstand sich zu ca. 55 m ermittelt. Für den hinteren schmäleren und wenig benützten Raum seien 4 Lampen in verhältnissmässig grossen Abständen angenommen.

Die für die einzelnen Werkstattsabtheilungen nöthige Stromstärke ist jetzt auf diese Lampen zu vertheilen. Die Wandlampen erleuchten den Raum auf ca. 6,5 m von der Wand aus. Für die Lokomotiv-Reparatur erhält man demnach für diese Lampen $\frac{6,5 \cdot 90}{20} = 28,5$ Amp.

Dies auf 8 Lampen vertheilt, würde pro Lampe 3,5 A. ergeben. Mit Rücksicht darauf, dass eine verhältnissmässig grosse Lichtmenge gegen die Wand geworfen wird, welche nicht allein auf diesen Theil des Raumes, sondern auch auf den Mittelraum zurückgeworfen wird, thut man besser, diese Lampen mit etwas grösserer Stromstärke, etwa zu 4 A., zu nehmen. Die Mittellampen haben einen Raum von 47 mal 90 m zu beleuchten.

Der hierzu erforderliche Strom beträgt $\frac{47 \cdot 90}{50} = 84,5 \text{ A.}$, und dies auf 8 Lampen vertheilt, ergibt pro Lampe ca. 10 A. Dieser Werth ist etwas kleiner, als der genau berechnete, weil dem Mittelraum noch ein grosser Theil des Reflexlichtes der Seitenlampen zufällt. Der wirkliche Stromverbrauch für die Lokomotiv-Reparatur ermittelt sich also zu $8 \cdot 10 + 8 \cdot 4 + 7 \cdot 4 = 140 \text{ A.}$ von 50 V. Spannung.

Diese Resultate kann man auf die Wagen-Reparatur unmittelbar übertragen; es werden auch hier die Seitenlampen mit je 4 A., und die Mittellampen mit je 10 A. gespeist werden müssen, so dass hierfür ein Strom von $14 \cdot 4 + 7 \cdot 10 = 126 \text{ A.}$ erforderlich wird. Für die Tischlerei sind $\frac{10 \cdot 60}{20} = 30 \text{ A.}$, also für jede Lampe $\frac{30}{6} = 5 \text{ A.}$ nöthig. Für jede der beiden, durch 17 gleiche Lampen erhellte Drehereien ergeben sich $\frac{20 \cdot 65}{20} = 65 \text{ A.}$, also für jede Lampe rd. 4 A. Dieser Werth ist etwas grösser genommen, um dieselben Lampen wie für die Seitenbeleuchtung der Wagen- und Lokomotiv-Reparatur zu erhalten, so dass der wirkliche Stromverbrauch für jede Dreherei $17 \cdot 4 = 68 \text{ A.}$ beträgt.

Die für die Kesselschmiede nöthige Stromstärke ermittelt sich zu $\frac{20 \cdot 40}{40} = 20 \text{ A.}$, so dass auch hier jede Lampe 4 A. erhält. Ganz dasselbe gilt für die Lampen der Lackirerei. Für den Raum der Sattlerei genügt zur allgemeinen Beleuchtung ebenfalls eine Lampe von 4 A. Stromstärke, da die Arbeitsplätze selbst noch durch Glühlampen erhellt werden. Für Kupferschmiede und Giesserei sind je $\frac{12 \cdot 20}{40} = 6 \text{ A.}$ und für die Schmiede $\frac{65 \cdot 30}{60} = \text{rd. } 32 \text{ A.}$, also pro Lampe 16 A. erforderlich.

Jeder der beiden Innenhöfe ist durch einen Strom von $\frac{50 \cdot 65}{200} = \text{rd. } 16 \text{ A.}$ zu beleuchten, und dieselbe Stromstärke kann man auch für jede Lampe des vorderen Hofes verwenden, da der von jeder Lampe zu erleuchtende Raum annähernd gleich dem eines Innenhofes ist, während für den hinteren Hofraum eine Stromstärke von je 6 A. pro Lampe ausreichend sein dürfte.

Hiermit ist alles auf die Lampen bezügliche bestimmt, und es handelt sich jetzt um die Berechnung der Maschinen. Diese müssen also für die Bogenlampen insgesamt einen Strom von $140 + 2 \cdot 68 + 30 + 126 + 20 + 4 + 2 \cdot 6 + 2 \cdot 20 + 32 + 2 \cdot 16 + 6 \cdot 16 + 24 = 692 \text{ A.}$ und für 22 Stück 16kerzige Glühlampen noch 20 A., also 712 A. liefern. Rechnet man noch ca. 8 A. für eventuell später einzuschaltende Glühlampen, so sind im Ganzen 720 A. von 50 V. Spannung von den

Maschinen zu leisten. Es ist jetzt die Frage zu erörtern: Wie viele und was für Maschinen wählt man am zweckmässigsten, und wo ordnet man dieselben an?

Was zunächst die letzte Frage betrifft, so ist es bei allen derartigen Anlagen stets am zweckmässigsten, dieselbe zu zentralisiren. Man gewinnt dadurch den grossen Vortheil, dass man an einer Stelle alle Apparate zur Hand hat, nur einen zur Bedienung der Maschinen sachkundigen Mann braucht, ferner bei Vertheilung der Dynamos auf einzelne Stromkreise die Möglichkeit, jede Maschine in jeden beliebigen Stromkreis schalten zu können und was dergleichen Vortheile zentraler Anlagen noch mehr sind. Um möglichst geringe Anlagekosten zu erhalten, wäre nun die Beschaffung von einer oder zwei Maschinen mit sehr grosser Spannung am vortheilhaftesten, weil dann die Zuleitungsdrähte nur von kleinem Querschnitt zu sein brauchten; man müsste dann aber sämtliche bezw. die halbe Anzahl der Lampen in einen bezw. zwei Kreise hintereinander schalten. Da aber alle Lampen desselben Kreises gleiche Stromstärke haben müssen, würde man sehr beschränkt in der Wahl der Lampen sein; in dem angenommenen Beispiele müssten also entweder viele kleinere Lampen durch grössere ersetzt werden, oder umgekehrt. Beides wäre unvortheilhaft sowohl bezgl. der Lichtvertheilung, als auch bezgl. des Stromverbrauchs und der Höhe der Anlagekosten. Wollte man dagegen die Lampen in der berechneten Grösse bestehen lassen, so würden wiederum so viele Maschinen nöthig sein, als verschiedene Lampen vorhanden sind. Die Maschinen selbst würden auch alle verschieden ausfallen, und durch die nöthigen Reservetheile würde der erhoffte Vortheil vollständig verloren gehen.

Ferner ist die Anwendung hoher Spannungen für die Anlage der Glühlampen unvortheilhaft, weil eine entsprechend grosse Zahl hintereinander geschaltet werden muss, und beim Defektwerden einer Lampe der ganze Kreis erlischt.

Die Anlage eines Akkumulators würde ebenfalls kaum ausführbar sein, da die Anzahl der Zellen wegen der hohen Spannung viel zu gross sein würde. Endlich kommt noch hinzu, dass Spannungen über 500 V. sehr grosse Vorsichtsmassregeln erfordern, damit nicht durch Berührung der Leitungen Unglücksfälle entstehen können.

Alle diese Nachtheile können durch den einen Vortheil, dünne Zuleitungsdrähte zu erhalten, nicht aufgewogen werden.

Die Anwendung von Maschinen mit ca. 50 V. Spannung, also derjenigen, welche zum Betriebe einer Bogenlampe erforderlich ist, hat den grossen Vortheil, dass man in der Verwendung und Wahl der Lampen ganz unbeschränkt ist, da sämtliche Lampen in diesem Falle parallel geschaltet werden müssen, und ebenso fallen alle übrigen vorher erwähnten Uebelstände fort, dafür werden aber die Zuleitungskabel sehr stark. Eine so unbeschränkte Theilung des Stromes bezw. Wahl der Lampen ist jedoch

nicht erforderlich, und durch Anwendung einer etwas grösseren Spannung kann man viel an Leitungsmaterial sparen, ohne die beregten Uebelstände mit in den Kauf zu nehmen.

Eine sehr zweckmässige Spannung ist die, welche die Hintereinanderschaltung von je zwei Lampen gestattet, also ca. 90 bis 100 V.; dadurch würde sich die zu liefernde Stromstärke auf die Hälfte, also auf 360 A. reduzieren.

Die Spannung von 90 bis 100 V. reicht nun allerdings aus, zwei hintereinander geschaltete Lampen zu betreiben, wenn kein oder nur ein geringer Spannungsverlust in der Zuleitung eintreten würde. Dieser Verlust ist aber unvermeidlich, und muss sogar eine gewisse Grösse haben, wenn man nicht ganz unverhältnissmässig starke Kabel verwenden will; in Folge dessen ist man gezwungen, um am Ende der Leitung noch die nöthige Spannung zu haben, die Spannung der Maschinen von vornherein etwas grösser, je nach der Länge der Leitungen, zu wählen. Für die vorliegende Anlage wird man deshalb nicht Maschinen für 100 V., sondern für ca. 110 V. wählen, so dass also in der Leitung ca. 20 V. Spannungsverlust eintreten kann.

Für die Wahl der Art und der Grösse der Maschinen sind nun verschiedene Punkte massgebend. Zunächst ist zu prüfen, ob in Folge von Neubauten noch eine erhebliche Erweiterung der ganzen Werkstatts-Anlage und mithin auch der Lichtanlage erfolgen wird, oder ob dies nicht der Fall ist, also die Anlage als eine endgültige anzusehen ist. Es sei nun zuerst dies letztere hier angenommen, dass also eine nennenswerthe Erweiterung der Werkstatts- bzw. Lichtanlage ausgeschlossen ist. Für diesen Fall wird es am zweckmässigsten sein, die Dynamomaschinen so zu wählen, dass sie etwas mehr als die Hälfte des ganzen Stromverbrauchs zu liefern im Stande sind und daneben einen Akkumulator anzulegen, welcher während der Tageszeit durch diese Maschinen geladen wird und am Abend mit den Maschinen zusammen den benötigten Strom hergiebt. Bei dieser Anordnung werden die Maschinen voll ausgenutzt, und zugleich wird jede andere Nothbeleuchtung durch Gas oder dergl. unnöthig, weil beim Versagen der Dynamo der Akkumulator im Nothfall auch den ganzen Strombedarf zu decken vermag; ausserdem wird von der Dynamo in diesem Falle nur etwa die halbe Kraft — allerdings für die doppelte Zeit — beansprucht, was namentlich dann von Wichtigkeit ist, wenn die Dynamo von der Betriebsmaschine aus betrieben wird, und diese schon soweit in Anspruch genommen ist, dass sie nicht mehr die Kraft für eine Dynamo mit voller Stromleistung herzugeben im Stande ist. Noch vortheilhafter wird diese Anordnung, wenn die Betriebsmaschine und die Kessel schon voll in Anspruch genommen sind, und man zum Betriebe der Lichtmaschine sowohl eine besondere Betriebsmaschine, als auch einen Kessel hierzu anlegen muss; man erreicht in diesem Fall einen gleichmässigen Kessel- und Maschinenbetrieb, und

sowohl Maschine als Kessel werden dem geringeren Kraftverbrauch entsprechend kleiner.

Obwohl es nun stets angenehmer und für den Lichtbetrieb zweckmässiger ist, wenn die Dynamo durch eine besondere Dampfmaschine, welche am besten direkt mit der Lichtmaschine zu koppeln ist, weil dadurch jedes Vorgelege, sowie jeder Riemenbetrieb und damit alle die Unannehmlichkeiten, welche durch lose oder abfallende Riemen verursacht werden, hinfällig werden, so wird man doch aus Sparsamkeitsrücksichten den Antrieb der Dynamo von der Transmission wählen, wenn die Betriebsmaschine bisher nicht genügend ausgenutzt ist und eine weitere Ausnutzung der Maschine durch Vermehrung der Arbeitsmaschinen nicht in Aussicht steht. In dem angenommenen Fall, dass eine erhebliche Erweiterung der Werkstatts-Anlage ausgeschlossen ist, dürfte auch wohl die Betriebsmaschine schon genügend belastet sein, und die sehr erhebliche Kraft für die Lichtmaschine, welche selbst bei halber Stromleistung und bei Annahme einer Leistung von ca. 600 *V-A* pro effektive Pferdekraft — theoretisch 736 Volt-Amp. — doch noch $\frac{360}{2} \times 110 = \text{rd. } 33$
600

H beträgt, nicht mehr zu leisten im Stande sein.

Man würde also eine Dampfdynamo für eine Leistung von $180 \times 110 = 19\,800$ *V-A* oder, um für kleinere Erweiterungen Reserve zu haben, besser 21 000 *V-A* in Verbindung mit einem Akkumulator von gleicher Leistung wählen. Durch die Anlage des Akkumulators ist auch das System der Maschine bestimmt, denn wie bereits im Abschnitt IV näher erörtert ist, eignen sich für solchen Zweck am besten Nebenschlussmaschinen, deren Spannung sich der steigenden Spannung des Akkumulators entsprechend erhöhen lässt.

Im Anhang ist eine solche Maschine unter No. 69 des Preisverzeichnisses von Kummer mit einem Preise von 10 650 Mk. angeführt.

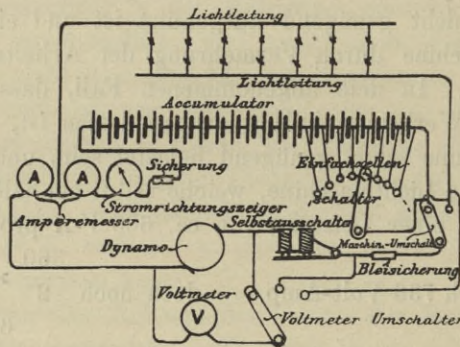
Die Anzahl der Akkumulatorzellen berechnet sich unter zu Grundlegung der kleinsten Spannung zu $\frac{110}{1,8} = 61$ Zellen von je 180 Amp. Entladestromstärke. Die Beleuchtung soll in der Zeit von 4 bis 6 Uhr Abends und von 6 bis 8 Uhr Morgens also zusammen 4 Stunden am Tage betragen, so dass also der Akkumulator eine Kapazität von $180 \times 4 = 720$ Amp.-Stunden besitzen muss. In dem angefügten Preisverzeichniss der Akkumulatoren-Fabrik Hagen ist Element No. 19 als ein solches mit dem Preise von 259 Mk. oder mit Verpackung zu 270 Mk. angegeben, so dass sich also der Akkumulator auf $61 \times 270 = 16\,470$ Mk. stellen würde.

In Folge der sich bis auf 2,7 *V* pro Element steigernden Spannung des Akkumulators ist zu Anfang der Beleuchtung die Abschaltung von

$61 - \frac{110}{2,7} = 61 - 41 = 20$ Zellen erforderlich, was durch Anlage eines Einfach-Zellenschalters geschehen kann.

Die Schaltung ist nun in der in Fig. 35 angegebenen Weise auszuführen. Der von der Dynamo kommende + Strom wird zunächst zur Messung der Stromstärke durch ein Ampèremeter geleitet, und verzweigt sich hierauf sowohl nach der Lichtleitung, als auch nach dem Akkumulator hin.

Fig. 35.



In die letztere Leitung ist zur Messung der vom Akkumulator ausgehenden Stromstärke ein zweites Ampèremeter und ausserdem ein Stromrichtungszeiger, welcher anzeigt, ob der Akkumulator geladen oder entladen wird, sowie eine Bleisicherung, bestehend aus einem im Querschnitt genau bemessenen Bleidraht, welcher bei zu starker Entladung durch Kurzschluss in der Leitung pp. fortschmilzt und dadurch den Strom unterbricht, eingeschaltet. Die vom negativen Pol ausgehende Leitung führt zunächst zu einem selbstthätigen Ausschalter (vergl. weiter unten) und sodann zu einer Bleisicherung, welche die Maschine gegen zu starken Strom schützt, und hierauf zum Maschinen-Umschalter, dessen einer Kontakt zu dem negativen Pol der Batterie, und dessen anderer Kontakt zur Lichtleitung und zum Hebel des Zellenschalters führt. Endlich ist noch parallel zur Lichtleitung ein Voltmeter zur Messung der Spannung in die Leitung eingeschaltet.

Der Preis der ganzen Maschinen- und Akkumulator-Anlage würde sich einschliesslich der Schalttafel mit den Hilfsapparaten und eines Schaltbrettes mit dem Einfach-Zellenschalter auf $10\ 650 + 16\ 470 + 670 =$ rd. $27\ 800$ Mk. stellen, so dass die ganze Beleuchtungs-Anlage nach dieser Methode, unter Berücksichtigung der im folgenden Beispiel ermittelten Kosten für Schaltbrett, Lampen, Lichtmaste, Leitungen etc., welche sich auf rund $17\ 550$ Mk. belaufen, demnach einen Kostenaufwand von $27\ 800 + 17\ 550 =$ rd. $45\ 400$ Mk. erfordern würde.

Bevor nun die weitere Anlage der Lichtleitungen pp. beschrieben wird, soll erst der andere Fall, dass eine spätere Erweiterung gleich bei

Anlage der Lichtmaschinen zu berücksichtigen ist, einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Um bei der Wahl der späteren Erweiterung der Lichtanlage, die entweder durch Hinzufügen neuer Dynamos oder, wie eben beschrieben, durch Anlage eines Akkumulators erfolgen kann, nicht beschränkt zu sein, wird man auch in diesem Falle Nebenschlussmaschinen wählen, und ferner wird es sich empfehlen, für diese Lichtmaschinen eine besondere Dampfmaschine aufzustellen, um bei steigendem Kraftverbrauch der Arbeitsmaschinen nicht behindert zu sein. Es ist zunächst die Frage, ist es vorteilhafter, mehrere kleinere Maschinen oder eine grosse anzulegen? Würde keine Reserve erforderlich sein, so ist klar, dass die Anlage einer grossen Maschine billiger ist als die mehrerer kleiner Maschinen; da jedoch stets Reserve im Falle des Schadhafwerdens einer Maschine bei einer guten Anlage vorhanden sein muss, so müssten entweder zwei gleich grosse Maschinen, von denen jede für sich allein die Anlage zu betreiben im Stande sein muss, oder mehrere kleinere, welche zusammen den Lichtbedarf decken, nebst einer gleichen Reservemaschine angelegt werden. Vergleicht man nun die Preise von 2 grossen Maschinen, von denen jede bei Riemenantrieb ca. 5700 Mk. kosten würde, also zusammen 11 400 Mk., mit denen von 5 kleineren Maschinen von je 10 000 V-A Leistung und einem Preise von 2050 Mk. pro Stück, also zusammen 10 258 Mk., so sieht man, dass die Anlage mehrerer kleiner Maschinen ökonomischer ist, als diejenige von zwei grossen Maschinen. Vier der kleinen Maschinen, welche zusammen den Energiebedarf von $360 \times 110 = 39600$ V-A bequem zu decken im Stande sind, würden dann für gewöhnlich in Betrieb sein, und falls eine dieser Maschinen defekt werden sollte, wird an Stelle dieser die fünfte Reservemaschine eingestellt.

Bei Anlage mehrerer Nebenschlussmaschinen ist es stets am zweckmässigsten, alle Dynamos parallel zu schalten, d. h. alle positiven Pole mit einer und alle negativen mit einer anderen Schiene des Schaltbrettes zu verbinden. Hiermit gewinnt man einen weiteren Vortheil bei dieser Anlage für den Fall, dass nicht immer sämtliche Lampen zu gleicher Zeit brennen, dadurch, dass man dann immer nur so viele Maschinen anstellt, als zur Deckung des augenblicklichen Strombedarfs erforderlich sind und erst die nächste Maschine einschaltet, wenn die bereits im Betrieb befindlichen voll belastet sind.

Die Dampfmaschine, welche die Dynamos zu treiben hat, muss eine möglichst schnelllaufende sein, weil dadurch die Geschwindigkeitsschwankungen, welche bei jeder einzelnen Umdrehung entstehen, auf die Dynamos ohne merkbaren Einfluss sind. Man geht jedoch zweckmässig mit der Tourenzahl nicht zu hoch — etwa bis 300 Umdrehungen — weil bei grösseren Tourenzahlen einmal der Dampfverbrauch ein grösserer ist, und ausserdem die bei höheren Tourenzahlen entstehenden Vibrationen unangenehm bemerkbar werden.

Man erkennt jetzt auch, warum für den vorliegenden Fall eine besondere Dampfmaschine mit Riemen-Antrieb für die Dynamos angenommen ist, denn würde man auch hier, wie in dem ersten Beispiel, direkt gekuppelte Maschinen wählen, so würden hier 5 Dampfmaschinen erforderlich sein, und diese würden einmal zusammen viel theurer als eine grosse Maschine sein und auch viel mehr Dampf als eine solche verbrauchen.

Die Erweiterung kann nun später in einfachster Weise durch Vermehrung der Dynamos erfolgen, und man hat für die erste Anlage nur die Dampfmaschine so zu wählen, dass die Füllung und damit die Leistung derselben leicht vergrössert werden kann. Ebenso kann man auch später statt die Anzahl der Maschinen zu vergrössern einen Akkumulator in derselben Weise, wie im ersten Beispiel angegeben, anlegen, und dadurch die Leistung leicht bis auf das Doppelte steigern.

Die Anlage der Lichtleitungen ist in diesem Falle bei parallel geschalteten Nebenschlussmaschinen und ebenso in dem zuerst betrachteten Fall — eine Nebenschlussmaschine in Verbindung mit einem zur Maschine parallel geschalteten Akkumulator zweckmässig nur in der Weise auszuführen, dass für jede aus 2 Bogenlampen bestehende Gruppe eine besondere Lichtleitung zu den beiden gemeinsamen Polschienen der Maschinen angelegt wird. Diese Anlage ist allerdings theurer, als wenn man eine Haupt-Hin- und Rückleitung ausführt und von dieser Hauptleitung aus mittelst Zweigleitungen die einzelnen Lampengruppen speist, dafür ist aber bei dieser Anlage die Möglichkeit gegeben, jede einzelne Gruppe vom Schaltbrett der Maschine aus ein- oder auszuschalten, und falls die eine oder andere der Werkstätten länger als die übrigen arbeiten muss, die Lampen dieser Werkstatt unabhängig von denjenigen der anderen Werkstätten betreiben zu können, was bei Anlage einer Hauptleitung mit anschliessenden Nebenleitungen nicht möglich ist, wie aus folgender Betrachtung hervorgeht.

Wie im Abschnitt III. näher erörtert ist, bedingt der Widerstand einer Stromleitung einen von der durchfliessenden Stromstärke abhängigen Spannungsverlust, welcher sich nach dem Ohm'schen Gesetz zu $E = J \cdot W$ oder Volt = Amp. Ohm ermittelt. Es sei jetzt angenommen, dass der Widerstand der Hauptleitung, welcher sich aus der spec. Leitungsfähigkeit des Materials, der Länge und dem Querschnitt berechnet, bei der Abzweigung irgend einer Lampengruppe 0,1 Ohm betrage, und dass durch diese Leitung bei normalem Betrieb — wenn also alle Lampen dieser Leitung brennen — 200 Amp. gehen. Würden jetzt alle übrigen Lampen dieser Leitung ausgeschaltet und sollten nur die beiden Lampen der fraglichen Gruppe brennen, welche zu ihrem Betriebe 5 Amp. gebrauchen mögen, so würde sich jetzt für diese Lampen ein Spannungsverlust in der Leitung nach dem Ohm'schen Gesetz $E = J \cdot W$ zu $5 \cdot 0,1 = 0,5 V$ ergeben. Die Lampen würden also anstatt mit 90 V mit 109,5 betrieben, und die Folge würde ein unruhiges Brennen und eventuell auch ein Defekt-

werden der Lampen sein. Will man demnach die Lampen unabhängig von einander machen und ein gleichmässiges gutes Brennen derselben erzielen, so muss jede Gruppe ihre eigene Zu- und Rückleitung erhalten. Es ist ferner klar, dass, da sowohl die der Dynamo zunächst gelegene Lampengruppe, als auch die entfernt gelegenste dieselbe Spannung von ca. 90 V an den beiden entgegengesetzten Polen der beiden Lampen vorhanden sein muss, der Widerstand der kurzen Leitung eben so gross, als der der längsten sein muss. Man wird deshalb für die erstere den zulässig kleinsten Querschnitt und eventuell einen schlechteren Leiter, wie z. B. Eisendraht, und für die letztere einen sehr guten Leiter und grossen Querschnitt wählen.

Die Berechnung der Leitung geschieht in der folgenden Weise. Es sei beispielsweise die Leitung für die nächstgelegene Gruppe, welche mit Hin- und Rückleitung 20 m betragen möge, und für eine andere, deren Hin- und Rückleitung 300 m betrage, zu berechnen. Da jede Bogenlampe ca. 45 V zu ihrem Betriebe erfordert, so sind für 2 hintereinander geschaltete Lampen $2 \cdot 45 = 90$ V nöthig, mithin ist der Spannungsüberschuss von 20 V für jede Lampengruppe aufzuheben. Jede der beiden Gruppen erfordere eine Stromstärke von 5 Amp., dann bestimmt sich der vorzuschaltende bezw. in die Leitung zu

liegende Widerstand nach der Formel $I = \frac{E}{W}$ zu $5 = \frac{20}{x}$ oder $x = \frac{20}{5}$

$= 4$ Ohm. Wegen der Erwärmung der Drähte darf man nicht mehr als höchstens 3 Amp. pro 1 qmm Querschnitt durch dieselben leiten; nimmt man diesen Werth für die kurze Leitung an, so wäre ein Querschnitt von $\frac{5}{3} = 1,66$ qmm erforderlich und das Material könnte nach

der Formel $W = k \frac{l}{q}$ oder $k = \frac{W \cdot q}{l}$ noch einen Widerstandskoeffi-

cienten von $k = \frac{4 \cdot 1,66}{20} = 0,33$ besitzen. Dieser Werth ist noch be-

deutend grösser als derjenige für Eisen, welcher nur 0,09 beträgt, und man wird deshalb für diese Leitung Eisendraht wählen. Der Widerstand

der eisernen Leitung beträgt dann $W = 0,09 \frac{20}{1,66} = \text{rd. } 1$ Ohm, und

es muss also noch ein Zusatz-Widerstand von 3 Ohm eingeschaltet werden.

Für die lange Leitung würde sich in derselben Weise der zulässige

Widerstandskoeffizient zu $k = \frac{4 \cdot 1,66}{300} = 0,022$ ermitteln, und da dieser

Werth viel kleiner als der für Eisen ist, muss diese Leitung aus Kupferdraht hergestellt werden. Nimmt man auch hierbei für 3 Amp. je 1 qmm Querschnitt zunächst an, also für 5 Amp. 1,66 qmm, so ergibt sich der

Widerstand dieser Leitung zu $0,0167 \frac{300}{1,66} = 3$ Ohm, und es muss noch

ein Zusatz-Widerstand von 1 Ohm eingeschaltet, oder auch ein Theil dieser Leitung aus isolirtem Eisendraht hergestellt werden.

Um jede Lampengruppe bequem ein- und ausschalten zu können, führt man von den Polschienen des Schaltbrettes zunächst die Zu- und Rückleitung zu einem Ausschalter, zu welchem sich sehr gut der Siemens'sche Stromindikator mit Ausschalter eignet, und von hier aus zur Lampengruppe. Diese Stromindikatoren besitzen einen Ausschalter und einen kleinen in der Hauptleitung liegenden Elektromagneten, vor welchem ein kleiner roth gestrichener, in einer vertikalen Ebene und um eine horizontale Axe drehbarer Anker angebracht ist. Letzterer wird, sobald der Ausschalter geschlossen ist, die Lampen also gespeist werden, vom Elektromagneten angezogen und ist in wagerechter Richtung sichtbar. Wird die Lampe ausgeschaltet, so hängt der Anker in schräger Richtung herab und wird durch ein Schutzblech verdeckt. Man sieht also mit einem Blick auf das Schaltbrett, welche Lampen brennen, und welche nicht. Zugleich ist auf jedem Stromindikator eine Bleisicherung angebracht. Diese besteht aus einem Streifen Bleiblech, dessen Querschnitt so bemessen ist, dass, bevor eine zu starke Erwärmung der Lichtleitung etwa in Folge eines Kurzschlusses entsteht, die Bleisicherung abgeschmolzen und dadurch der Strom unterbrochen und die Lichtleitung vor dem Verbrennen geschützt wird. Die Anbringung einer solchen Sicherung in jeder Lampenleitung ist unbedingt erforderlich, da dadurch sowohl die Leitungen geschützt, als auch die Feuersgefahr bedeutend gemindert ist; ein Schutz der Lampen selbst soll jedoch damit nicht erzielt werden.

Auf dem Schaltbrett sind ausserdem noch ein Ampèremeter und ein Voltmeter zu montiren. Die Kosten für diese ganze Anlage würden sich folgendermassen zusammensetzen:

1) 5 Dynamos	10250 Mk.
2) 1 Dampfmaschine für ca. 68 <i>HP</i> bei 200 Umdrehungen	9200 „
3) Schaltbrett mit 61 Stromindikatoren, Ausschalter, Bleisicherungen, sowie 1 Volt- und 1 Ampèremesser	1020 „
4) 115 Bogenlampen (Siemens'sche Bandlampe) mit Aufzugvorrichtung	10350 „
5) 22 Glühlampen mit Fassung und Ausschalter . . .	100 „
6) 12 Lichtmaste	1800 „
7) Leitungsmaterial	3000 „
8) Für Legen der Leitungen pp.	1280 „
	<u>i. S. rd. 37000 Mk.</u>

Es sei jetzt noch als drittes Beispiel der Fall angenommen, dass eine bedeutende Erweiterung der Anlage nicht wahrscheinlich ist, dass ferner die Betriebsmaschine stark genug ist, die Dynamos zu betreiben, und dass die Anlage so billig als möglich herzustellen und zu betreiben sein soll. Der Betrieb selbst gestalte sich so, dass ein längeres Arbeiten einzelner Werkstätten nur ganz ausnahmsweise und sehr selten vorkomme; die

Bedienung der Maschinen soll möglichst wenig Zeit in Anspruch nehmen und von ganz ungeschulten Leuten möglich sein.

In solchem Falle wird es sich empfehlen, Verbund- oder Gleichspannungs-Dynamos aufzustellen und diese durch die Betriebsmaschine zu betreiben. Denn die Nebenschlussmaschinen erfordern sowohl bei der Inbetriebnahme, als auch bei der Ausserbetriebsetzung in Folge ihrer vom äusseren Widerstande abhängigen Spannung eine dauernde und unausgesetzte Beobachtung und Bedienung; bei zunehmendem äusseren Widerstand muss auch der Nebenschlusswiderstand der Maschine vergrössert, bezw. bei abnehmendem verkleinert werden, damit nicht bei zu hoch steigender Spannung die Glüh- und Bogenlampen zerstört oder beschädigt werden. Dies ist bei den Gleichspannungsmaschinen nicht der Fall, da ihre Spannung nur von der Tourenzahl und diese wiederum von derjenigen der Betriebsmaschine direkt abhängig ist. Bei einer gleichmässig laufenden Betriebsmaschine findet demnach eine Veränderung der Spannung einer solchen Verbundmaschine nicht statt, und man hat also bei der Inbetriebnahme nur das Vorgelege einzurücken und kann jetzt beliebig viele Lampen ein- oder ausschalten, ohne dass dabei eine Beobachtung und Bedienung der Maschine erforderlich ist. Bei länger andauerndem Betriebe erwärmen sich die Anker- und Magnetdrähte und der sich hierdurch ändernde innere Widerstand der Dynamo hat dann eine geringe Spannungsänderung zur Folge, welche durch den Nebenschlusswiderstand beseitigt werden muss.

Bezüglich der Anzahl der Maschinen wird man sich auch in diesem Falle aus denselben Gründen, wie im letzten Beispiel, für mehrere kleinere Maschinen an Stelle zweier grosser Maschinen entscheiden; zweckmässig dürfte hier die Anlage von drei gleichen Dynamos von je 13000 bis 14000 V.-A. Stromleistung sein.

Als Reserve könnte man nun noch eine vierte ebensolche Dynamo aufstellen, es ist jedoch möglich, bei der Wahl von 3 Maschinen die Anlage so einzurichten, dass selbst die vierte Reservemaschine nöthigenfalls entbehrt werden kann, wenn man die sämtlichen Lampen so auf drei Kreise vertheilt, dass einer dieser Kreise nur solche Lampen enthält, welche im Nothfalle gelöscht werden können, ohne dass dadurch der Betrieb der Werkstätten eine wesentliche Störung erleidet. Die Vertheilung der Lampen auf diese drei Stromkreise muss ausserdem so erfolgen, dass für jeden annähernd dieselbe Stromstärke gebraucht wird. Wenn man nun die Anlage so einrichtet, dass man mit Hülfe eines General-Umschalters (vergl. weiter unten) jede Maschine in jeden beliebigen Stromkreis einschalten kann, so kann man, wenn eine der Maschinen betriebsunfähig wird, diese Maschine ausschalten. Die beiden anderen Maschinen werden dann in die beiden wichtigen Kreise eingeschaltet und der Betrieb der Werkstätten kann ohne weitere Störung fortgesetzt werden. In dem vorliegenden Beispiel ist nach diesem Prinzip verfahren; die sämtlichen Lampen sind hiernach auf drei Kreise vertheilt, welche in der Grundriss-

skizze (Fig. 34) mit \times \otimes und \otimes bezeichnet sind. Der nöthigenfalls zum Verlöschen kommende Lampenkreis ist durch letzteres Zeichen angegeben und umfasst, wie aus der Skizze ersichtlich ist, die Mittelampen der Dreherei, 4 Mittellampen der Lokomotiv-Reparatur, die 4 Lampen auf dem hinteren Hofe, die beiden Lampen der Innenhöfe, 2 Wandlampen der Lokomotiv-Reparatur, 1 Wandlampe der Wagen-Reparatur und 4 Lampen auf dem vorderen Hofe. Man erkennt, dass die Beleuchtung der eigentlichen Arbeitsplätze durch Verlöschen dieses Lampenkreises theils garnicht, theils nur sehr wenig gestört worden ist.

Die Vertheilung der Lampen auf einzelne Stromkreise müsste bei Anwendung von Gleichspannungsmaschinen doch erfolgen, weil die Parallelschaltung der Maschinen — also die Verbindung aller positiven Pole mit einer Schiene des Schaltbrettes und aller negativen Pole mit einer zweiten — wie solche bei Nebenschlussmaschinen mit Vortheil angewandt wird, bei Anwendung von Compoundmaschinen nicht rathsam ist, weil hierbei sehr leicht ein Umpolarisiren der Magnete in Folge der Hauptstromwickelung bei der einen oder anderen Maschine eintreten und dann zu grösseren Defekten Veranlassung geben kann. Ausführbar ist zwar auch die Parallelschaltung von Gleichspannungsmaschinen und wird solche auch von einigen Firmen mehrfach in Anwendung gebracht; diese Methode erfordert dann aber noch die Anlage besonderer Selbstauschalter für die einzelnen Maschinen, welche das Umpolarisiren derselben verhindern müssen. Jedenfalls giebt aber eine solche Anlage eher und öfter zu Störungen Veranlassung als dies bei Vertheilung der Maschinen auf einzelne Lampenkreise der Fall ist und dies ist auch mit ein Hauptgrund, warum in neuester Zeit die Gleichspannungsmaschinen mehr und mehr von den Nebenschlussmaschinen verdrängt werden.

Um den stetigen Betrieb noch mehr zu sichern, empfiehlt es sich, in diesem Falle noch einen Reserve-Induktor, welcher zu jeder der drei Maschinen passen muss, zu beschaffen.

Wie bereits erwähnt, ist Transmissions-Antrieb angenommen. Der Betrieb mittelst besonderer schnell laufender Maschinen und namentlich solcher, welche direkt mit der Dynamo gekuppelt sind, ist allerdings besser, da man hierdurch unabhängig von dem Werkstattsbetrieb bzw. der Betriebsmaschine wird, und ausserdem werden die Stromschwankungen, welche der ungleichmässige Gang der Betriebsmaschine stets zur Folge hat, fast vollständig vermieden, oder doch so gering und von so kurzer Dauer, dass sie das Auge nicht mehr empfindet. Eine solche Anlage gestaltet sich jedoch wesentlich theurer, als wenn der Antrieb der Lichtmaschinen von der Transmission aus erfolgt, und nur aus diesem Grunde ist hier diese Antriebsweise gewählt.

Die Ungleichmässigkeit im Gange der Betriebsmaschine, sowohl innerhalb einer grösseren Anzahl Umdrehungen derselben, als auch die ungleiche Umfangsgeschwindigkeit bei einer Umdrehung, wirkt sehr störend auf die

Stromspannung der Lichtmaschinen ein. Erstere kann man allerdings durch Anwendung eines guten Regulators an der Betriebsmaschine beseitigen, nicht aber die letztere, welche selbst bei verhältnissmässig schweren Schwungrädern doch noch 3—5 pCt., meist jedoch mehr beträgt. Dem entsprechend wird auch eine Stromschwankung von 3—5 pCt., ev. eine noch grössere, die unvermeidliche Folge sein, wodurch ein sehr störendes Zucken, namentlich in den Glühlampen bedingt ist, welches das Arbeiten bei einer solchen Beleuchtung fast zur Unmöglichkeit macht, wenn man nicht diesen Fehler gleich bei der Anlage beseitigt. Um dies zu bewirken, lasse man den Induktor gleich mit einer nach der dem Kommutator entgegengesetzten Seite verlängerten Achse anfertigen, und bringe dann unmittelbar neben dem Lager fest auf der Achse einen genügend schweren, den Verhältnissen der Achse und der Lager entsprechenden, gut ausbalanzirten Schwungring an. Daneben wird eine auf der Achse selbst lose sitzende, durch Stellringe gegen das Heruntergleiten gesicherte Riemscheibe angebracht, welche mittelst Blatt- oder Spiralfedern so mit dem Schwungringe verbunden ist, dass letzterer mit Hülfe dieser Federn mitgenommen wird, wenn der Riemen der Antriebscheibe eingerückt wird. Durch das Beharrungsvermögen des schnellaufenden Schwungrings erhält der Induktor eine fast ganz gleichmässige Umfangsgeschwindigkeit; denn während der schnelleren Bewegung der Betriebsmaschine werden die Uebertragungsfedern mehr angespannt, und bevor eine merkbare Beschleunigung des Schwungringes eingetreten ist, befindet sich die Betriebsmaschine schon wieder in der langsameren Phase ihrer Bewegung.

Durch diese Vorrichtung erhält man selbst bei sonst sehr stark zuckendem Lichte eine vollständig gleichmässige und gute Beleuchtung.

Bei solchen Betriebsmaschinen, deren Gang schon an sich in Folge eines grossen Schwungrades und grösserer Tourenzahl etwas gleichmässiger ist, genügt meist schon die Anbringung eines Schwungringes mit fester Riemscheibe, um den Gang der Dynamo genügend gleichmässig zu erhalten. Es tritt in diesem Falle dann je nach der augenblicklichen Umfangsgeschwindigkeit der Betriebsmaschine eine grössere oder geringere Gleitung des Riemens ein und diese genügt in den weitaus meisten Fällen schon, den Unterschied in der Bewegung auszugleichen. Bei Anbringung dieser Vorrichtung muss man aber sehr darauf achten, dass der Schwungring gut ausbalanzirt ist, da andernfalls bei der grossen Umdrehungsgeschwindigkeit leicht die unangenehmsten Folgen entstehen können.

An Apparaten ist für jede Maschine ein Ampèremeter, sowie ein Voltmeter vorzusehen. Hierzu empfehlen sich neben anderen die von der Firma Schuckert angefertigten Instrumente wegen ihrer Einfachheit und grossen Zuverlässigkeit. Als Ampèremeter wähle man ein solches mit möglichst starkem Drahte, damit die Angaben desselben in Folge der bei längerem Betriebe entstehenden Erwärmung nicht zu sehr beeinflusst werden.

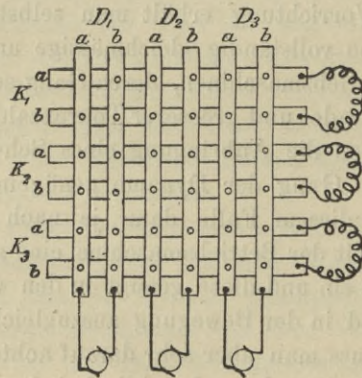
Bei dem Voltmeter sehe man hingegen auf möglichst grossen Wider-

stand in der Wickelung des Elektromagneten bezw. Solenoïds, damit der durch dies Instrument (wegen seiner parallelen Einschaltung zum äusseren Stromkreis) bedingte Stromverlust möglichst gering wird. Auch die Angaben dieses Instrumentes ändern sich mit zunehmender Erwärmung, weil dadurch der innere Widerstand desselben vergrössert, mithin die durchfliessende Stromstärke und damit die Wirkung des Elektromagneten verringert wird. Zweckmässig ist es, wenn die Skala dieser Instrumente unter Berücksichtigung dieser Widerstandserhöhung angefertigt wird.

Um die Einschaltung jeder Maschine in jeden der drei Stromkreise zu ermöglichen, ist die Anlage eines „Haupt-“ oder „Generalumschalters“ erforderlich.

Derselbe wird in einfachster Weise folgendermassen hergestellt. Auf einem Brette werden so viele Paare paralleler Metallstäbe befestigt, als Stromkreise vorhanden sind; hier also drei Paare. Ueber denselben, jedoch so weit von ersteren entfernt, dass ein Ueberspringen des Stromes nicht erfolgen kann (40—50 mm für die hier in Betracht kommende Stromstärke), werden hierzu senkrecht so viele Paare paralleler Metallstäbe angebracht, als Lichtmaschinen vorhanden sind; hier also ebenfalls drei Paare. An sämtlichen Kreuzungspunkten werden durch beide Stäbe Löcher gebohrt, welche nachher schwach konisch aufgerieben werden, sodass beide Stäbe leicht durch einen ebenfalls schwach konischen Stöpsel leitend verbunden werden können. In dem Umschalter (Fig. 36) sind an den Stäben D_1 a und b die Pohldrähte der ersten, an D_3 a und b

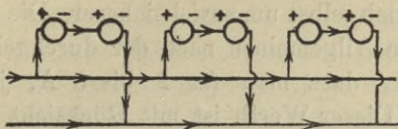
Fig. 36.



die der zweiten und an D_3 a und b diejenigen der dritten Dynamo angeschlossen; und ebenso werden die Enden der drei Stromkreise an den bezüglichen Stäben K_1 a und b , K_2 a und b und K_3 a und b befestigt. Für jede Maschine sind zwei Stöpsel vorhanden, mit deren Hilfe man, wie aus der Skizze ersichtlich ist, leicht jede Maschine in jeden Lampenkreis einschalten kann. Ebenso kann man auch leicht den Strom in der einen oder anderen Richtung durch den Lampenkreis führen, je nachdem man einen Vertikalstab a mit einem horizontalen a oder b stöpselt.

Die Lampen. In jedem der drei Lampenkreise sind, der Spannung von 110 V. entsprechend, immer je zwei Lampen hintereinander und diese Gruppen selbst sämtlich parallel geschaltet, wie dies in Fig. 37 dargestellt ist.

Fig. 37.



Die Grösse, d. h. die Lichtstärke bezw. Stromstärke der einzelnen Lampen ist bereits berechnet. Als Schutzglocken wird man, wie ebenfalls aus Früherem hervorgeht, für die Innenlampen solche aus Alabasterglas und für die Hoflampen solche aus gewöhnlichem weissem Glas verwenden. Bei der Einschaltung der Lampen achte man darauf, dass stets nur Lampen gleicher Stromstärke hintereinander geschaltet werden; denn, wollte man eine Lampe von 4 A., deren Widerstand also gleich $\frac{45}{4} = 11,25$ O. ist, mit einer von 16 A., deren Widerstand nur $\frac{45}{16} = 2,8$ O.

beträgt, zusammenschalten, so würde die Folge sein, dass die Spulen der kleineren Lampe verbrennen und die grössere überhaupt nicht zum Brennen kommen würde. Aus diesem Grunde ist auch schon bei der Vertheilung der Lampen darauf zu achten, dass in jedem Kreise die Lampen gleicher Stärke immer paarig vorhanden sind, oder, wenn dies nicht zu erreichen ist, muss man den einer solchen Lampe entsprechenden Widerstand einschalten. Da ferner an den Lampen, welche sich dicht bei der Maschine befinden, eine Spannung von fast 110 V. herrscht, während dieselbe nur 45 bezw. 90 V. betragen darf, so müssen für diese Lampen, vorausgesetzt, dass der Widerstand der Zuleitungen nicht genügt, Vorschalt-Widerstände angebracht werden, deren Berechnung weiter unten gezeigt werden wird.

Die Glühlampen kann man nach Belieben für 50 V. oder für 100 V. Spannung wählen; bei ersteren muss man dann wieder je zwei hintereinander schalten, während bei letzteren sämtliche Lampen einander parallel geschaltet und damit unabhängig von einander werden. Jedenfalls ist es gut, sämtliche Lampen von gleicher Spannung und gleicher Kerzenstärke zu wählen, da man dann nur eine Sorte Lampen als Ersatz braucht, und durch unachtsames Einschalten falscher Lampen in diesem Falle keine Kosten entstehen können.

Die Leitungen. Die Verbindungen der einzelnen Lampen unter sich und mit den Hauptleitungen, sowie letztere selbst, werden aus umsponnenem Kupfer- oder Eisendraht hergestellt. Im Innern der Gebäude kann man allerdings bei vorsichtiger Anbringung und unter sorgfältiger Vermeidung von Berührungen mit leitenden Körpern auch blanken, d. h. nicht isolirten

Kupferdraht anwenden, doch ist dies nicht rathsam, denn diese Sparbarkeit rächt sich bei zufällig entstehenden Kurzschlüssen durch die in Folge dessen stattfindenden Defekte an Maschinen und Lampen oft sehr empfindlich. Im Gegentheile achte man stets auf eine möglichst gute und vollkommene Isolirung, denn wenn die Anlage dadurch auch etwas theurer wird, so wird der Betrieb selbst um soviel sicherer. Die Stärke des Leitungsdrahtes kann man im Allgemeinen nach der durchgeleiteten Stromstärke dergestalt bestimmen, dass man für 2 bis 3 A. je 1 qmm Leitungsquerschnitt wählt. (Dieser Werth ist mit Rücksicht auf die Erwärmung des Leiters durch den Strom, welche nicht so hoch steigen darf, dass die Isolirung beschädigt wird, bestimmt.) Im vorliegenden Falle kann man diese Regel allein jedoch nicht anwenden, sondern man muss die Leitung so berechnen, dass am Ende derselben noch die zum Betriebe der Lampen erforderliche Spannung von 90 V. vorhanden ist, d. h. man muss die Leitung nach dem zur Verfügung stehenden Spannungsverlust von 20 V. berechnen. Nach dem Ohm'schen Gesetz $I = \frac{E}{W}$, worin I in diesem Fall die ganze Stromstärke = 120 A., E den verfügbaren Spannungsverlust = 20 V. und W den Widerstand der kupfernen Leitung von l m Länge q qmm Querschnitt und dem spez. Widerstand = 0,0167, also

$$W = \frac{0,0167 \ l}{q} \text{ Ohm bezeichnet, ergiebt sich } 120 = \frac{20}{0,0167 \frac{l}{q}}$$

$$\text{oder } q = \frac{120 \cdot 0,0167 \ l}{20}.$$

Die Länge der Hin- und Rückleitung betrage 600 m, so würde sich q zu 60 qmm ermitteln, d. h. es ist für jedes Ampère Stromstärke ein Querschnitt von 0,5 qmm in der Hauptleitung erforderlich, wenn der zulässige Spannungsverlust am Ende der Leitung nicht überschritten werden soll.

Hiernach würde also die Hauptleitung nach jeder Abzweigung um soviel $\frac{1}{2}$ qmm abnehmen, als Ampère abgeleitet sind. Dies würde jedoch zu viele Drahtdicken erfordern und viele Verbindungsstellen erforderlich machen, deshalb thut man besser, dieselbe Drahtstärke für eine grössere Länge beizubehalten und die ganze Leitung mit drei oder vier verschiedenen Drahtdicken zu verlegen. Man kann dann für den Anfang der Leitung 2 bis 3 A. pro qmm wählen, muss dann aber für die weiter folgenden Theile der Leitung eine entsprechend kleinere Stromstärke, etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 A. pro qmm annehmen. In diesem Fall muss man den Spannungsverlust nach der Formel $E = I \cdot W$ für jede Strecke von Abzweigung zu Abzweigung berechnen, und das letzte Ende der Leitung nach dem dann noch zur Verfügung stehenden Spannungsverlust bestimmen.

Wie schon erwähnt, muss der Spannungsüberschuss, welcher mit Ausnahme der letzten Lampen bei allen anderen Lampen in grösserem oder geringerem Masse besteht, sobald derselbe 3 bis 4 V. überschreitet

— eine um einige Prozent grössere Spannung ist noch nicht schädlich — durch Vorschalt-Widerstände aufgehoben werden. Um diese möglichst gering zu erhalten, wird man auch aus diesem Grunde den Widerstand im Anfang der Hauptleitung möglichst gross machen, also die zulässige grösste Stromstärke pro qmm Querschnitt wählen, und ausserdem auch die zu den einzelnen Lampen führenden Abzwegleitungen mit möglichst hohem Widerstand verlegen. Hierauf berechnet man sich, um den Vorschalt-Widerstand einer bestimmten Lampengruppe zu bestimmen, zunächst den in der Hauptleitung bis zu der betreffenden Abzweigung vorhandenen Spannungsverlust nach obiger Formel, sodann den der ganzen Abzweigung selbst und zieht beide von dem verfügbaren Spannungsverlust ab. Angenommen, es blieben noch 6 V. übrig, welche durch den Vorschalt-Widerstand für zwei hintereinander geschaltete Lampen von 4 A. aufgehoben werden müssen, so ergibt sich nach dem Ohm'schen Gesetz

$$I = \frac{E}{W}, \quad W = \frac{E}{I} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ Ohm.}$$

Für solche Widerstände eignet sich am besten Neusilberdraht wegen seines hohen spezifischen Widerstandes = 0,212. Da der Widerstandsdraht nicht isolirt zu werden, und man deshalb auf die grössere Erwärmung nicht zu rücksichtigen braucht, kann man bis 4 A. durch 1 qmm Querschnitt leiten, so dass also hier nur Draht von 1 qmm Querschnitt erforderlich ist. Der Widerstand eines Neusilberdrahtes von 1 qmm Querschnitt und 1 m Länge beträgt = 0,212 O.; es sind demnach hier

$\frac{1,5}{0,212}$ gleich rd. 8 m Draht erforderlich. Diesen ordnet man zweckmässig in einzelnen schraubenförmig aufgerollten Enden in der in Fig. 38 skizzirten Weise auf einem mit vorstehenden Stiften versehenen Brette so an, dass man mit Hülfe der Kurbel sowohl den ganzen Widerstand, als auch Theile desselben einschalten kann. Man erhält damit ein Mittel, die Lichtstärke der Lampen reguliren zu können; denn je geringer der vorgeschaltete Widerstand ist, um so grösser wird die Spannung an den Lampenklemmen, und um so grösser wird die durch die Lampe gehende Intensität des Stromes und dementsprechend die Leuchtkraft derselben.

Sehr wichtig ist noch die Anbringung bezw. Einschaltung von Bleisicherungen. Diese bestehen, wie bereits erwähnt, aus einem in die in Frage kommende Leitung eingeschalteten Stückchen Draht aus Blei oder einer anderen leicht schmelzbaren Komposition, dessen Querschnitt so bemessen wird, dass der Draht schmilzt, sobald die Stromstärke das zulässige Mass um einen gewissen Prozentsatz überschreitet. Tritt dieser Fall ein, so ist die Leitung unterbrochen und eine Beschädigung der Leitung oder der Maschine ist nicht mehr möglich.

Solche Bleisicherungen sind in jeder Lampenabzweigung und ausserdem noch in unmittelbarer Nähe der Polklemmen in beiden Zweigen der Hauptleitung anzubringen. Während die ersteren die einzelnen Leitungen

schützen, verhindern die letzteren eine Beschädigung der Maschine, falls ein Kurzschluss in der Hauptleitung entsteht.

Die Kosten dieser Anlage stellen sich nun wie folgt:

1) 3 Gleichspannung-Dynamos von 14000 V-A. à 1950 =	5850
2) 1 Reserve-Anker	650
3) 1 Ampèremesser und 1 Voltmesser	120
4) 115 Bogenlampen (Siemens'sche Bandlampe) mit Aufzug- vorrichtung	10350
5) 22 Glühlampen mit Ausschalter	100
6) 12 Lichtmaste	1800
7) Leitungsmaterial	2500
8) Verlegen der Leitungen etc.	1130

i. Sa. 22500 Mk.

Anfertigung und Anlage eines Akkumulators.

Der Betrieb der Dynamos durch die Werkstatt-Betriebsmaschine erniedrigt demnach die Kosten der Anlage um mehr als ein Drittel, dafür bringt derselbe aber auch manche Unannehmlichkeiten mit sich. Eine der störendsten Eigenschaften einer solchen Anlage ist, dass man, falls in den Räumen der Verwaltung länger gearbeitet werden muss, was fast regelmässig in jeder Lohnperiode ein oder mehrere Male der Fall ist, die Beleuchtung dieser Räume mit dem Stillstand der Betriebsmaschine erlischt. Für solchen Fall müsste nun entweder eine besondere Notbeleuchtung vorgesehen sein, oder die Betriebsmaschine müsste länger in Betrieb gehalten werden. Das erste ist jedoch sehr störend und das zweite sehr theuer, da wegen der geringen Arbeitsleistung von etwa 1200 V-A für die Glühlampen die Betriebsmaschine mit der ganzen Transmission arbeiten muss und ausserdem dann noch besonderes Aufsichtspersonal für diese Zeit erforderlich ist. Zweckmässig ist unter solchen Umständen die Anlage eines kleinen Akkumulators, welcher die Speisung der Glühlampen für die Zeit nach Ausserbetriebsetzung der Maschinen übernimmt. Bei der geringen Ausdehnung dieser Glühlicht-Anlage wird es sich sogar empfehlen, den Akkumulator gleich so einzurichten, dass derselbe auch bei Vermehrung der Glühlampen noch genügt. Für den vorliegenden Fall müsste demnach der Akkumulator im Stande sein, einen Strom von 14 Amp. ca. 5 Stunden hindurch zu liefern. Sind nun Mittel zur Beschaffung eines solchen vorhanden, so thut man am besten, denselben fertig zu beziehen, und zwar würde derselbe aus Elementen No. 3 der Tudor'schen Akkumulatoren zusammen zu setzen sein. Ein solches Element kostet mit Verpackung 32,75 Mk., sodass, da hier — wie unten berechnet wird — 60 Elemente erforderlich sind, sich der Preis auf rd. 2000 Mk. stellen würde.

Falls die Mittel zur Beschaffung eines solchen Akkumulators im fertigen Zustande nicht vorhanden sein sollten, kann man sich denselben

auch selbst in folgender Weise anfertigen. Zu den Zellengefässen, in welche die vorher präparirten Platten eingebracht werden sollen, nimmt man am besten Steintöpfe. Hierauf stellt man sich zunächst eine Anzahl rechteckiger Bleiplatten aus 2 bis 3 mm starkem, möglichst reinem Walzblei von gleicher Höhe, aber von verschiedener Breite her. Letztere bemisst sich für die grösste Platte nach dem inneren Umfang des Topfes, so dass die Platte, wenn sie cylindrisch gebogen ist, in den Topf frei hineingestellt werden kann. Die Breite der folgenden Platten wird immer um 40—50 mm kleiner genommen, so dass sie nach dem Biegen mit Zwischenräumen von 10—15 mm in einander gestellt werden können. An jeder Platte befestige man durch Bleilöthung und Nietung mit Bleinieten in ihrer Mitte einen ca. 40 mm breiten Streifen aus etwas stärkerem Blei, welcher um ca. 100 mm über die obere Kante der Platte herausragt (Fig. 39). Diese vorstehenden Enden dienen nachher zum Anschluss

Fig. 38.

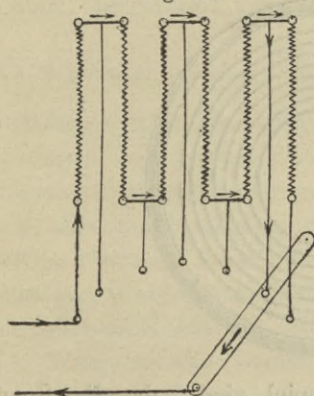
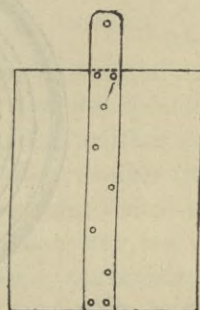


Fig. 39.

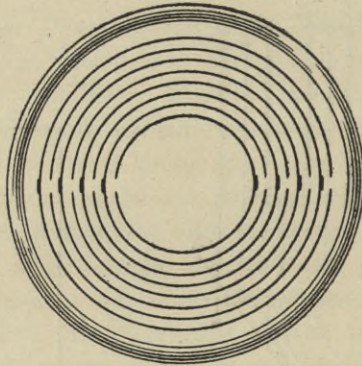


der Polklemmen. Bevor die Platten gebogen werden, rauht man sie durch leichte Meisselhiebe auf und trägt dann nach dem Biegen sowohl innen wie aussen die im obigen angegebene Masse (Mennige) in nicht zu dicker Schicht so auf, dass sie sich fest in die Meisselhiebe einsetzt und nach dem Trocknen fest an den Platten haftet.

Diese Platten stellt man in dem Topf so auf, dass die Polstreifen der mit der Belegung für negative Platten versehenen Platten nach der einen, die anderen nach der anderen Seite hin liegen, und achte darauf, dass immer eine negative Platte mit einer positiven abwechselt, und dass ferner die Grösse der negativen Platten annähernd gleich der der positiven ist. Damit ferner durch abblätternde Belagstückchen kein Kurzschluss im Element zwischen den Platten entstehen kann, lege man auf den Boden des Topfes ein Holzkreuz, welches so mit Einschnitten versehen ist, dass sich die einzelnen Platten in diese einsetzen und dadurch unten in bestimmtem Abstand von einander gehalten werden. Ein eben solches Holzkreuz wird oben über die Platten gelegt, so dass auch oben der Abstand derselben gewahrt bleibt. Etwa abblätternde Belagsstückchen

fallen jetzt auf den Boden des Topfes unter die Platten und können einen Kurzschluss nicht mehr zur Folge haben. Die Anzahl der Platten bestimmt sich in der Weise, dass man für jedes Ampère Entladestromstärke ca. 2 qdcm positive Platte rechnet, so dass also hier $2 \times 14 = 28$ qdcm Bleiblech mit $2 \times 28 = 56$ qdcm Gesamt-Oberfläche für die positiven Platten eines Elementes erforderlich sind. Bei einer mittleren Plattengrösse von 200×300 mm würden also 5 positive und ebenso viele negative Platten nöthig, deren Polstreifen abwechselnd so liegen, dass die der negativen nach der einen und die der positiven nach der anderen Seite liegen. Dieselben werden nun durch Polklemmen mit einander verbunden und der Topf bis ca. 2 cm unter der Oberkante der Platten mit 10proz. Schwefelsäurelösung angefüllt. Das Element ist jetzt bis zum Formiren fertig (Fig. 40).

Fig. 40.



In dem angenommenen Beispiel sind, da die Spannung der Maschinen 110 V, beträgt, und diejenige eines Elementes sich von 1,8 bis 2,7 V. ändert, $\frac{110}{1,8} =$ rund 60 solcher Elemente erforderlich. Wie jedoch schon früher bemerkt ist, muss man bei allen hintereinander geschalteten Elementen unbedingt darauf achten, dass die Kapazität bzw. die Plattengrösse bei allen Elementen gleich gross ist; denn wenn dies nicht der Fall ist, werden die mit kleineren Platten versehenen Elemente eher vollständig geladen sein, als die grösseren, und diese bilden dann einen Gegenstrom. Umgekehrt werden beim Entladen die kleineren Elemente früher erschöpft, als die grösseren und der durch sie hindurch gehende Strom der letzteren ladet sie wieder, aber in entgegengesetzter Richtung, wodurch einestheils der Entladestrom sehr geschwächt wird und andernteils der schnelle Zerfall der Platten selbst bedingt ist, da für die Erhaltung der Platten es unbedingtes Erforderniss ist, dass der Ladestrom stets in derselben Richtung die Elemente durchfliesst. Wollte man nun diese 60 Elemente hinter einander geschaltet laden, so würde die vorhandene Spannung von 110 V. hierzu nicht ausreichen, da die

elektromotorische Gegenkraft jedes Elementes bis auf 2,7 V., also insgesamt auf $60 \cdot 2,7 = 162$ V., steigt, man verfährt dann in folgender Weise:

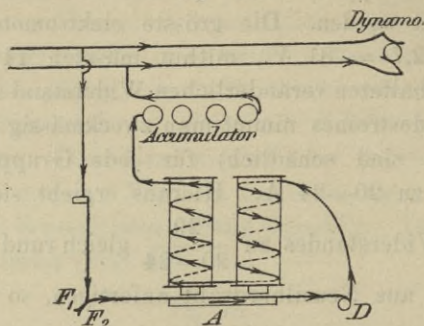
Während der Ladung schaltet man je 30 Elemente hintereinander und bildet so zwei Gruppen, welche parallel zu einander in die Stromleitung eingeschaltet werden. Die grösste elektromotorische Gegenkraft beträgt dann $30 \cdot 2,7 = 81$ V., mithin müssten $110 - 81 = 29$ V. durch einen vorgeschalteten veränderlichen Widerstand aufgehoben werden. Die Stärke des Ladestromes nimmt man zweckmässig zu 10—12 A. (zu starke Ladeströme sind schädlich) für jede Gruppe, also für beide Gruppen demnach zu 20—24 A. Hieraus ergibt sich die Grösse des vorzuschaltenden Widerstandes zu $\frac{29}{20-24}$ gleich rund 1,5 O. Würde man diesen Widerstand aus Neusilberdraht anfertigen, so wäre hierzu Draht von ca. 6 qmm Querschnitt erforderlich, welcher also pro Meter $\frac{0,212}{6} = 0,035$ O. Widerstand besitzt; die Länge würde demnach $\frac{1,5}{0,035} = 43$ m betragen. Billiger stellt man sich jedoch den Widerstand aus den zu den Bogenlampen verwendeten Lampenkohlen her, welche man mit Hülfe von Fassungen auf einem Brette so befestigt, dass mittelst einer Kurbel in der schon oben beschriebenen Art mehr oder weniger Stäbe eingeschaltet werden können. Da die Kohlen der einzelnen Fabrikanten jedoch sehr verschiedene Widerstände besitzen, muss man sich erst den Widerstand einer solchen Kohle mit Hülfe der oben angegebenen Methode bestimmen. Während der Ladung schaltet man also beide Gruppen parallel zu einander und vor beide den veränderlichen Widerstand. Mit zunehmender Gegenspannung verringert man letzteren, bis die Ladung beendet ist, was man entweder an dem spez. Gewicht mit Hülfe eines Aräometers oder an dem starken Aufsteigen der Gasblasen an den negativen Platten erkennen kann. Beim Entladen müssen beide Gruppen hintereinander geschaltet werden; dadurch würde aber eine anfängliche Spannung von 162 V. entstehen, der Ueberschuss von 52 V. muss wieder durch den eingeschalteten Widerstand aufgenommen werden, welcher der abnehmenden Spannung entsprechend verringert werden muss. Da es für den Akkumulator jedoch nicht vorthellhaft ist, wenn eine vollständige Entladung stattfindet, so thut man besser, mit derselben aufzuhören, sobald die Spannung auf 1,85 V. pro Element gesunken ist.

Das Formiren geschieht nun durch tägliches Laden und Entladen, wobei die Ladezeit allmählich immer mehr vergrössert wird; je nach der Art des Belages dauert die Formirung 1—3 Monate, und ist der Akkumulator erst nach diesem Zeitraum vollständig gebrauchsfähig. Wenn auch bei dieser Anordnung so leicht nicht eine Umkehr des Stromes während des Ladens stattfinden kann, ist es doch zweckmässig, noch eine Sicherheits-

vorrichtung anzubringen, welche diese Umkehr des Stromes, also die Entladung des Akkumulators durch die Maschine, auf jeden Fall hindert.

Eine solche Vorrichtung ist in Fig. 41 dargestellt. Vor den Polen eines Elektromagneten wird ein drehbarer Anker A so angebracht, dass

Fig. 41.



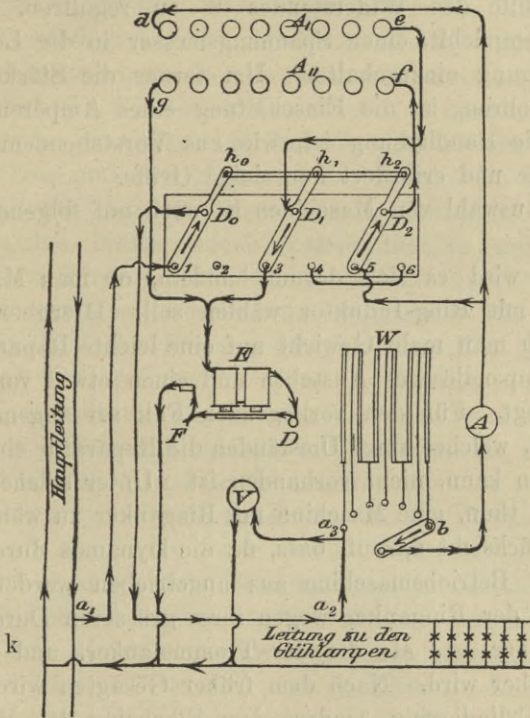
sein Drehpunkt D mit dem Draht des Elektromagneten leitend verbunden ist. Der Anker trägt am anderen Ende eine kupferne Blattfeder F_2 , welche, wenn der Anker angezogen wird, sich scharf gegen eine zweite kupferne Blattfeder F_1 legt und mit dieser einen leitenden Kontakt bildet. Verbindet man nun F_1 mit dem einen Pol der Maschine und das freie Drahtende des Elektromagneten mit dem einen Pol des Akkumulators, dessen anderer Pol mit dem entsprechenden Pol der Maschine leitend verbunden ist, so wird der Ladestrom den Anker des Elektromagneten festhalten und den Strom geschlossen halten. Wird nun der Ladestrom allmählich schwächer durch die Gegenkraft des Akkumulators, so wird das Eigengewicht des Ankers diesen abziehen, kurz bevor die Intensität des Ladestromes gleich Null wird, und dadurch wird die Leitung unterbrochen, bevor der Gegenstrom des Akkumulators stärker als der Ladestrom geworden ist; eine Entladung des Akkumulators durch die Maschine wird dadurch unmöglich gemacht. Die leichte und bequeme Schaltung der beiden Akkumulatorgruppen erreicht man mit Hilfe der in Fig. 42 dargestellten Vorrichtung.

In der Fig. 42 stellt W den veränderlichen Widerstand dar, E den Elektromagneten, V ein Voltmeter, A ein Ampèremeter, A_1 und A_2 die beiden Akkumulatorgruppen und U die Umschalter mit den Schaltehebeln h_0, h_1, h_2 , deren nicht leitende Enden mit einander verbunden sind, und den Kontaktknöpfen 1, 2, 3, 4, 5, 6, von denen 4 und 6 leitend mit einander verbunden sind.

Von dem die Bogenlampen und diejenigen Glühlampen, welche nicht durch den Akkumulator gespeist werden sollen, enthaltenden Hauptstromkreis zweigt bei a_1 und k die Leitung ab, welche die durch den Akkumulator zu betreibenden Glühlampen der Bureaus des Verwaltungsgebäudes enthält. Der von a_1 abzweigende Strom geht zunächst nach dem Kontakt 1 des Umschalters durch den leitenden Theil des

Hebels h_0 zum Drehpunkt D_0 und von hier weiter zu den Glühlampen. Bei a_2 geht die Leitung nach dem Akkumulator ab und führt zunächst nach dem Anfang a_3 des Regulir-Widerstandes W , tritt bei voll eingeschaltetem Widerstand bei b wieder aus, und geht durch die Kurbel zu deren Drehpunkt. Kurz hinter diesem verzweigt sich die Leitung, der eine Zweig führt direkt zu den positiven Platten der Gruppe A_1 nach d , während die andere an den Kontakt 5 des Umschalters anschliesst. Der bei d in A_1 eintretende Strom geht durch diese Gruppe, ladet sie, tritt bei e wieder aus und wird nach D_1 , dem Drehpunkt des Schalthebels h_1 , geleitet, geht dann durch den leitenden Theil desselben

Fig. 42.



zum Kontakt 3 und wird von hier aus, nachdem er sich wieder mit der vorher abgezweigten Stromhälfte vereinigt hat, nach dem Elektromagneten E geführt. Die bei 5 in den Schalthebel h_2 eintretende andere Stromhälfte wird von D_2 nach f zu den positiven Platten der Gruppe A_2 geleitet, tritt bei g wieder aus und geht nach der Vereinigung mit der ersten Hälfte ebenfalls zum Elektromagneten E . Letzterer wird in der schon angegebenen Weise vom gemeinsamen Strom durchflossen und schliesst durch den Federkontakt, wenn der Anker angehoben ist, wieder an die nach den Glühlampen führende Leitung an. In dieser Stellung der Umschalterhebel findet also die Ladung des Akkumulators und zugleich auch, wenn die Glühlampen eingeschaltet

sind, eine Erleuchtung der letzteren statt. Soll nach ausgeführter Ladung die Beleuchtung durch den Akkumulator allein erfolgen, so hat man nur das obere Ende der drei gekuppelten Schalthebel nach links hinüber zu legen und den hierbei abfallenden Anker wieder anzuheben und dadurch den Strom wieder zu schliessen. Durch das Umlegen der Schalterhebel kommt h_0 auf den blinden Kontakt 2, h_1 auf 4 und h_2 auf 6 zu liegen. Die Folge davon ist, dass die Verbindung mit dem Hauptkreis aufgehoben ist, denn 1 steht nicht mehr mit D_0 in Verbindung, und da ferner 4 mit 6 leitend verbunden ist, so wird das negative Ende e von A_1 mit dem positiven f der Gruppe A_2 in Verbindung gebracht, und beide Gruppen sind hintereinandergeschaltet. Die Spannung ist jetzt mit Hilfe des Widerstandes W zu reguliren, zu welchem Zwecke es sich empfiehlt, einen Spannungsmesser in die Leitung durch parallele Abzweigung einzuschalten. Um ferner die Stärke des Ladestromes zu kontrolliren, ist die Einschaltung eines Ampèremeters bei A zweckmässig. Die Handhabung ist, wie aus Vorstehendem hervorgeht, eine sehr einfache und erfordert nur einige Griffe.

Bei der Auswahl von Maschinen ist noch auf folgende Punkte zu achten:

Zunächst wird es sich darum handeln, ob man Maschinen mit Trommel- oder mit Ring-Induktor wählen soll. Hierüber entscheidet die Erwägung, ob man mehr Gewicht auf eine leichte Reparaturfähigkeit oder auf ein kompendiöseres Aussehen und einen etwas vortheilhafteren Wirkungsgrad legt. Für den vorliegenden Fall sei angenommen, dass geübtes Personal, welches unter Umständen die Reparatur eines Trommelankers vornehmen kann, nicht vorhanden ist. Unter solchen Umständen wird man besser thun, eine Maschine mit Ringanker zu wählen, namentlich auch mit Rücksicht darauf, dass, da die Dynamos durch die Transmission von der Betriebsmaschine aus angetrieben werden sollen, die Umdrehungszahl der Ringanker wegen ihres grösseren Durchmessers im allgemeinen kleiner ist, als die der Trommelanker, und dadurch das Vorgelege einfacher wird. Nach dem früher Gesagten wird man natürlich nicht dem Cylinderring, sondern dem Flachring den Vorzug geben, weil letzterer ausser der Eigenschaft des günstigeren Nutzeffektes nicht so empfindlich gegen leichte Vibrationen der Ankerwelle ist und deshalb, namentlich wenn die Lager etwas ausgelaufen sein sollten, nicht sobald zu Defekten Veranlassung giebt, wie der Cylinderring. Um die Vibrationen von vornherein möglichst zu vermeiden, hat man auch auf eine möglichst gute und starke Ausführung der Induktorwelle sowie auf gute lange Lager zu achten. Ferner wird man den Induktor bevorzugen, welcher die grössere Spulenzahl besitzt, weil dadurch die kleinen Schwankungen in der Spannung verringert werden, wie aus früherem hervorgeht.

Sehr wesentlich ist ferner eine gute Ventilation des Ankers,

damit eine möglichst geringe Erwärmung der Spulendrähte eintritt, und diese dadurch vor dem Verbrennen geschützt sind. Hierzu ist auch erforderlich, dass der Ankerkern nicht aus einem Stück, sondern aus einzelnen von einander isolirten Theilen besteht, wie ebenfalls im Obigen bereits näher erörtert ist. Damit ferner der von den Bürsten entstehende Metallstaub nicht zwischen die Drähte des Induktors eintreten kann, muss derselbe durch Schutzkappen vom Kommutator abgeschlossen sein.

Die einzelnen Lamellen des Stromsammlers müssen aus möglichst hartem Kupfer oder Bronze oder, wie bei einer Anzahl Siemens'scher Maschinen, aus Eisen angefertigt sein. Letzteres wird durch den Betrieb an der Oberfläche glashart und halten sich solche Kommutatoren sehr lange. Sehr wesentlich ist auch, dass die Isolirung zwischen den Lamellen möglichst vollkommen ist, dieselbe darf nicht fortschmelzen und ausserdem dürfen sich die feinen von den Bürsten herrührenden Metallspähne nicht in derselben festsetzen können, was bei kleinen Maschinen leicht den Kurzschluss und weiterhin das Verbrennen der Spulen zur Folge haben würde. Bei grösseren Maschinen ist dies nicht so leicht zu befürchten, da bei diesen solche Metallspähnchen sofort fortschmelzen oder verbrennen würden. Eine sehr vorzügliche Kommutatorkonstruktion ist die bereits erwähnte, von Siemens ausgeführte. Bei diesen Sammlern liegen die einzelnen aus Eisen gefertigten Lamellen ganz frei und von einander durch Luft getrennt, so dass ein Kurzschluss hier unmöglich ist. Ausserdem ist der Ersatz schadhaft gewordener Lamellen sehr leicht, da die einzelnen Lamellen, auf welchen die Bürsten schleifen, nur mittelst Schrauben zu befestigen sind.

Der Anschluss der Spulendrähte an die Sammlerlamellen wird entweder durch Schrauben oder durch Verlöthen bewirkt. Letztere Methode bietet eine grössere Betriebssicherheit und ausserdem ist der Uebergangswiderstand hierbei kleiner, als bei der Verbindung durch Schrauben. Aus letzterem Grunde sollte man namentlich bei Maschinen mit grösserer Stromstärke stets nur Verlöthung wählen, wenn nicht durch die besondere Sammlerkonstruktion die Verschraubung die einzig ausführbare Verbindung ist, weil bei Verbindung durch Klemmschrauben eine Lockerung der Schrauben nicht ausgeschlossen ist, und der dann überspringende Strom an der Uebergangsstelle solche Wärme entwickelt, dass die betreffenden Theile abgeschmolzen werden. Diese Methode hat nur den Nachtheil, dass bei etwaigem Schadhaftwerden des Induktors oder des Sammlers die Reparatur, welche das Lösen dieser Verbindungen erforderlich macht, etwas schwieriger ist, als wenn die Verbindung durch Klemmschrauben bewirkt ist.

Die den Strom vom Sammler abnehmenden Bürsten werden meist aus hart gezogenem Kupferdraht von ca. 1 mm Stärke hergestellt. Die einzelnen Drähte werden parallel in mehreren Lagen über einander

gelegt und dann an dem einen Ende sämmtlich mit einander verlöthet, während sie am andern Ende, welches nachher zur Anlage an den Sammler kommt, frei bleiben. Nach einer anderen Methode werden die Bürsten aus feinem Kupferdrahtgewebe durch rechteckiges Aufwickeln des Gewebes hergestellt, doch haben solche Bürsten den Nachtheil, dass sie im Betriebe etwas mehr spritzen und auch nicht so gut federn, wie solche aus gezogenem Draht gefertigten. Neuerdings ist von Siemens der Versuch gemacht, die Bürsten aus Kohle herzustellen. Zu diesem Zwecke sind würfelförmige Stücke einer präparirten Kohle von 2—3 cm Seitenlänge an federnden Metallblättern befestigt, welche das betreffende Kohlenstück gegen den Sammler andrücken. Das Kohlenstückchen liegt dann mit seiner einen Fläche, welche dem Durchmesser des Sammlers entsprechend etwas hohl ist, ganz gegen den Sammler und nimmt den Strom von diesem ab. Die Bürsten halten sich sehr lange, geben fast gar keine Funken und halten den Kommutator sehr eben. Die Abnutzung der Kohlenstücke sowie des Sammlers ist äusserst gering. Solche Bürsten lassen sich jedoch nur bei vollen Kommutatoren, d. h. solchen ohne Luftisolirung, anwenden, weil bei Sammlern mit Luftisolirung, bei denen zwischen den Lamellen freie Zwischenräume sind, die Kohle leicht mit einer Kante in einen solchen Zwischenraum kommen kann und dann abgerissen werden würde. Die Grösse der Auflagerfläche der Bürsten ist durch die Stromstärke bedingt; dieselbe beträgt ca. 2—3 qmm für je ein Amp.-Stromstärke. Damit keine Stromunterbrechung erfolgt, muss die Auflagerfläche so breit sein, dass sie stets zwei Lamellen berührt. Ferner sollen bei jeder grösseren Maschine immer mehrere Bürstenpaare vorhanden sein, so dass man im Stande ist, während des Betriebes die Bürsten auszuwechseln bezw. nachzustellen, ohne den Betrieb zu stören.

Die Bürsten selbst werden wiederum von dem Bürstenhalter getragen; dieser muss so eingerichtet sein, dass man durch Drehung desselben die Bürsten konzentrisch zur Sammleraxe am Kommutator verstellen kann, um die richtige Einstellung derselben zu ermöglichen.

Das ganze Gestell der Dynamo muss fest und, wenn möglich, aus einem Stück hergestellt sein. Sehr vortheilhaft ist es, wenn auch die Magnetkerne der Elektromagnete (Feldmagnete) mit der Grundplatte zusammen aus einem Stück hergestellt sind. Dieselben müssen dann allerdings aus Gusseisen angefertigt werden, dessen magnetischer Widerstand ca. 1,5 mal so gross, als der des Schmiedeeisens ist; dafür fällt aber auch der magnetische Uebergangswiderstand an der Verbindungsstelle bei Verwendung schmiedeisener Magnetkerne, welche durch Schrauben mit der Grundplatte verbunden werden, fort, und dieser Uebergangswiderstand ist grösser, als der magnetische Widerstand des Gusseisens; ausserdem gewinnt das ganze Gestell noch ganz bedeutend an Festigkeit und Stabilität.

Sehr empfehlenswerth ist bei Riemenantrieb die Anwendung eines Schlittenfundamentes für die Grundplatte der Dynamo (nach Art eines Supports), mit dessen Hülfe man die ganze Dynamo senkrecht zur Axe des Induktors verschieben und dadurch den Riemen auch während des Betriebes spannen kann.

Bei der Beschaffung achte man darauf, dass sowohl Stromstärke als auch Spannung, sowie die Tourenzahl auf dem Firmaschild der Fabrik leicht sichtbar und unverlöschlich angebracht sind. Das Fehlen dieser Angaben kann bei späteren Aenderungen in der Anlage, welche im Laufe der Zeit fast stets erforderlich werden, leicht zu den grössten Unannehmlichkeiten und Defekten Veranlassung geben. Es genügt nicht, wenn diese Angaben nur in den Beschaffungsakten zu finden sind, da diese oft nur schwer und mit Zeitverlust zu erlangen sind. Ferner fordere man von der Fabrik die Angaben über Länge, Stärke und Widerstand der Drahtwicklung des Ankers, sowie der Magnetwickelungen, da das Fehlen derselben bei späteren Reparaturen meist erst lange und umständliche Untersuchungen erforderlich macht.

Was den Aufstellungsort der Dynamos anbetrifft, so ist zu erwähnen, dass als solcher nur ein ganz trockener Raum, möglichst nahe dem Mittelpunkte der ganzen Anlage zu wählen ist. In dem angezogenen Beispiel eignet sich beispielsweise hierzu das an dem einen Ende des Mittelbaues befindliche Maschinenhaus sehr gut. Endlich ist noch zu bemerken, dass es dringend erforderlich ist, den Raum, in welchem sich die elektrischen Maschinen befinden, vollständig von der Werkstatt abzuschliessen, so dass einestheils kein Unbefugter zu den Lichtmaschinen gelangen kann, und andernteils die Maschinen und Apparate vor Staub möglichst geschützt sind.

Hiermit ist die ganze Anlage in allen ihren Theilen ausführlich besprochen, und es sind damit alle Mittel gegeben, ähnliche sowie auch andere Anlagen in ähnlichem Umfange auszuführen. Für sehr grosse Anlagen, wie Strassenbeleuchtung etc. reicht Vorstehendes natürlich nicht aus, doch fallen diese nicht mehr in den Kreis der vorliegenden Abhandlung.

Verhaltungsmassregeln für den gewöhnlichen Betrieb,
sowie bei Störungen desselben.

Zum Schluss sollen noch die hauptsächlichsten Verhaltungsmassregeln sowohl für den gewöhnlichen Betrieb, als auch namentlich bei etwa vorkommenden Defekten angeführt werden.

Das Haupterforderniss bei allen elektrischen Anlagen ist peinlichste Reinlichkeit in allen Punkten. Hierzu gehört die tägliche, gründliche Reinigung der Maschinen, Kontakte und Lampen. Die Reinigung hat sich bei den Maschinen namentlich auf die in der Nähe des Kollektors befindlichen Theile zu erstrecken. Durch den Betrieb tritt eine

Abnützung der Bürsten ein, und der sich hierdurch bildende feine Metallstaub zieht sich vorzugsweise zwischen die an den Lamellen anschliessenden Spulendrähte und, falls der Anker selbst nicht durch Schutzkappen geschützt ist, in diesen hinein. Ebenso werden Bürstenhalter, Magnetwickelungen usw. mit dem feinen Metallstaub bedeckt. Alle diese Theile müssen hiervon befreit werden, was bei dem Anker mit Hülfe eines Blasebalges und eines Haarpinsels, bei den anderen Theilen mit Hülfe eines Putzleders geschieht. Diese Reinigung muss jedoch sehr vorsichtig ausgeführt werden, damit die Isolirungen der Drähte nicht beschädigt werden. Hierauf werden die Bürsten herausgenommen und ihre Kontaktfläche, wenn sie nicht vollständig eben und glatt ist, mit einer Schlichtfeile vorsichtig abgezogen und zugleich der etwa vorhandene Grat entfernt.

Falls der Kollektor nicht vollständig metallisch blank und eben ist, muss er mit Hülfe ganz feinen Schmirgelleinens — welches aber nicht mit der Hand angedrückt werden darf, sondern auf ein gerades Brettchen gespannt sein muss, um die Entstehung von Riefen zu vermeiden — abgezogen werden. Ist der Sammler sehr unrund, so muss der Anker herausgenommen und auf der Drehbank vorsichtig abgedreht werden. Besser und viel leichter und schneller geschieht dies mit Hülfe besonderer Supports, welche so an der Maschine befestigt werden können, dass man den Sammler, ohne den Anker herausnehmen zu müssen, an der Maschine abdrehen kann. Dies geschieht einfach in der Weise, dass man den Anker durch die Transmission drehen lässt und den Stahl mit dem Support bewegt. Selbstverständlich müssen hierbei die Bürsten herausgenommen sein. Diese Apparate ersparen sehr viel Mühe und Zeit.

Ist der Sammler vollständig sauber gemacht, so empfiehlt es sich, ihn ganz leicht mit Mineralöl einzufetten. Das Oel darf sich nur als ganz leichter Hauch auf den Lamellen zeigen. Durch dieses Einfetten wird die Abnützung sowohl der Bürsten, als des Sammlers etwas verringert.

Hierauf werden die Bürsten wieder so eingesetzt, dass sie ihre alte Lage wieder erhalten. Sehr genau muss man beim Wiedereinsetzen darauf achten, dass die Bürsten genau diametral am Kollektor zur Anlage kommen. Man kontrolirt dies dadurch, dass man, wenn nicht zu viele Lamellen vorhanden sind, von der einen Bürste anfangend die Hälfte Lamellen abzählt und die andere Bürste dann an die betr. Lamelle anlegt, oder man misst mit einem Papierstreifen den ganzen bzw. halben Umfang des Kollektors und bringt die beiden Bürsten um den halben Umfang von einander entfernt zur Anlage.

Nachdem die Maschine gründlich gereinigt ist, müssen alle Kontakte nachgesehen und diejenigen, welche nicht ganz metallisch sauber sind, abgezogen werden. Ferner ist nachzusehen, ob alle Klemmschrauben

fest angezogen sind. Hierauf werden sämtliche Schmiergefässe mit Oel gefüllt, und die Maschine ist jetzt zum probeweisen Anstellen fertig.

Ebenso wie die Maschine sind sämtliche Bogenlampen zu untersuchen, zu reinigen und die abgebrannten Kohlenstäbe zu ergänzen. Auch hier ist die grösste Sauberkeit Haupterforderniss. Die Reinigung wird in der Weise vorgenommen, dass man nach Abnahme der Glocken, bevor die Kohlenhalterstange zum Einsetzen neuer Kohlen in die Höhe geschoben wird, dieselbe sorgfältig von dem durch das Verbrennen der Kohlen herrührenden Kohlenstaub reinigt. Hierzu darf jedoch kein Oel verwendet werden, weil der leichte Oelüberzug, der stets auf der Stange zurückbleibt, nur das festere Ansetzen des Kohlenstaubes zur Folge haben würde. Sollte es nicht möglich sein, die Stange von dem anhaftenden Staub mit dem trockenen Putzlappen zu reinigen, so kann man Benzin oder Spiritus zu Hülfe nehmen. Sind die Kohlenhalterstangen mit Zähnen versehen, wie bei den Siemens'schen Differentillampen, so müssen diese mit einer Bürste gereinigt werden. Erst nachdem die Stange dieser Lampen vollständig sauber ist, wird sie in die Höhe geschoben und hierauf losgelassen; die Stange muss dann ganz gleichmässig von oben bis unten ablaufen und darf an keiner Stelle hängen bleiben; letzteres geschieht gewöhnlich, wenn die Stange verbogen oder nicht ordentlich gereinigt ist.

Beim Einsetzen der Kohlen hat man darauf zu achten, dass ihre Spitzen genau aufeinander treffen. In dem unteren Kohlenhalter wird die als negative Kohle dienende „Homogenkohle“, im oberen Kohlenhalter die positive „Dochtkohle“ eingesetzt. Letztere hat ihren Namen davon, dass in ihrer Mitte der Länge nach ein grösserer besser leitender Kern vorhanden ist; durch denselben wird der Strom mehr in die Mitte der Kohle gehalten und die Kraterbildung wird in Folge dessen eine bessere. Die Kohlen dürfen nicht durch Fett oder Oel beschmutzt werden, wenn nicht ein unruhiges flackerndes Licht die Folge sein soll. Hierauf wird der Aschenteller sowie die Glocke gereinigt und letztere wieder aufgesetzt.

Ueber die Behandlung der Akkumulatoren ist folgendes zu bemerken:

Bei jeder Ladung ist darauf zu achten, dass alle Elemente gleichzeitig zur Gasentwicklung gelangen, also gleichmässig geladen werden. Bei Akkumulatoren in offenen Kästen oder Gefässen kann man das Aufsteigen der Gasblasen direkt beobachten, bei geschlossenen Kästen hört man ein dem Kochen ähnliches Brausen. Kommt irgend ein Element mit den anderen nicht gleichmässig zur Gasentwicklung, so liegt der Grund hierfür in einem im Element durch abgefallene Stückchen der positiven Platten gebildeten Kurzschluss, welcher sofort beseitigt werden muss, weil sonst durch den Kurzschluss eine vollständige Entladung des Elementes verursacht wird. Ein derartiges Element leistet nie mehr dasselbe wie früher.

Um das Entstehen solcher Kurzschlüsse zu verhindern, fährt man von Zeit zu Zeit mit einem Stäbchen zwischen die Platten bis auf den Boden. Da ferner auch ein Kurzschluss durch den von den positiven Platten herrührenden und am Boden sich ansammelnden Schlamm gebildet werden kann, wenn derselbe die Platten berührt, so ist dadurch eine alle 3 bis 4 Monate zu wiederholende Reinigung der Elemente geboten.

Beim Nachfüllen von Säure ist darauf zu achten, dass einmal nur sehr gute, reine Schwefelsäure zur Verwendung gelangt, und ferner muss der oben angegebene Säuregehalt innegehalten werden. Es darf also, wenn der Akkumulator vollständig geladen ist, die Säure nicht unter 22° Beaumé und nicht über 24° Bé. zeigen, und ist hiernach die Verdünnung der zum Nachfüllen zu verwendenden Säure zu bestimmen.

Nach der Reinigung aller Theile werden die Maschinen versuchsweise angestellt. Hierbei untersucht man zunächst, ob die Bürsten richtig stehen. Dies erkennt man daran, dass die Maschine — richtige Umdrehungszahl vorausgesetzt — die richtige Stromstärke bei vorgeschriebener Spannung leistet und ferner, dass sich keine bedeutendere Funkenbildung an der Auflagestelle der Bürsten zeigt. Ist erstere Bedingung erfüllt und doch eine starke Funkenbildung vorhanden, und lässt sich diese nicht durch geringes Verstellen der Bürsten beseitigen, so liegen in den meisten Fällen die Bürsten zu lose, seltener zu fest am Sammler an. Ersteres erkennt man leicht an den starken Vibrationen der Bürsten, letzteres an dem stark auftretenden Fressen und Erhitzen derselben. Ist jedoch beides nicht der Fall, so bleibt als Ursache der starken Funkenbildung nur noch ein vorhandener Erdschluss der Spulendrähte mit dem äusseren Stromkreis, und muss daraufhin die Maschine genauer mit Hilfe eines Galvanometers untersucht werden. Sollte die Maschine die vorgeschriebene Spannung nicht erreichen, so sind meistens die Riemen zu lose und diese müssen nachgespannt werden. Ist dies nicht der Fall, und ist namentlich die Intensität des Stromes verhältnissmässig gross, so ist ein Kurzschluss im Hauptkreis vorhanden, welcher aufgesucht und beseitigt werden muss. Sollte die Maschine überhaupt keinen Strom geben, so muss man zunächst untersuchen, ob beide Bürsten wirklich gut anliegen. Ist dies der Fall und die Maschine giebt doch keinen Strom, so schliesse man die Maschine auf einen Moment kurz, indem man die beiden Polklemmen gleichzeitig mit einem blanken starken Kupferdraht momentan berührt. Giebt die Dynamo hierbei Strom, arbeitet aber trotzdem nicht in den äusseren Stromkreis, so ist entweder dessen Leitung unterbrochen oder die Kontakte sind unsauber und leiten nicht; die Leitung sowie die Kontakte müssen dann untersucht werden. Giebt die Maschine jedoch auch beim Kurzschluss keinen Strom, so ist entweder ein Ankerdraht entzwei, oder — was namentlich bei Schraubenverbindung der Spulendrähte mit den Lamellen meist der Fall ist — die Verbindung einer Spule mit der betreffenden Lamelle ist aufgehoben, oder endlich die

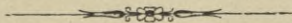
Lamellen haben unter sich oder mit dem Ankerkörper Schluss. Eine genaue Untersuchung nach diesen Richtungen hin wird den Fehler ergeben.

Versagt eine Differentiallampe bei dieser probeweisen Anstellung oder im Betriebe, so liegt es meist daran, dass die Kohlenhalterstange unsauber oder verbogen ist, so dass die Stange hängen bleibt und die Kohlen sich deshalb nicht nähern können. Ist dies nicht der Fall, so liegt der Fehler meist im Regulirmechanismus; die Lampe muss dann auseinandergenommen und der Fehler beseitigt werden.

Tritt während des Betriebes eine besonders starke Erwärmung einzelner Spulen ein, so ist die Isolirung des Spulendrahtes schadhafte, oder es ist zwischen den Kollektorlamellen der betreffenden Spulen ein Kurzschluss vorhanden. Letzterer kann namentlich bei Maschinen mit geringerer Stromstärke leicht durch zwischengeklemmte Metallspähnen bewirkt werden; bei grösserer Stromstärke ist dies jedoch selten der Fall, da diese durch den Strom selbst weggebrannt würden.

Wird während des Betriebes der Anker, sowie die Magnetwicklung sehr warm — eine mässige Erwärmung findet stets statt und ist nicht schädlich — so ist, falls nicht eine Ueberanstrengung der Maschine durch zu grosse Tourenzahl und Leistung eines Stromes von zu grosser Intensität, welche eventuell auch durch zu geringen Widerstand im äusseren Stromkreis entsteht, die Ursache der Erwärmung ist, ebenfalls Kurzschluss zwischen den Lamellen oder den Spulendrähten unter sich oder mit dem Ankerkern, oder den Drahtwickelungen der Magnete vorhanden. In diesem Fall muss die Maschine sofort abgestellt und genau untersucht werden.

Vorstehend erwähnte Fälle bilden gewöhnlich die Ursache von Betriebsstörungen und ist in der Besprechung derselben ein Fingerzeig gegeben, nach welcher Richtung hin man die genauere Untersuchung, welche sich aus den ersten Abschnitten dieser Abhandlung ergibt, vornehmen muss.

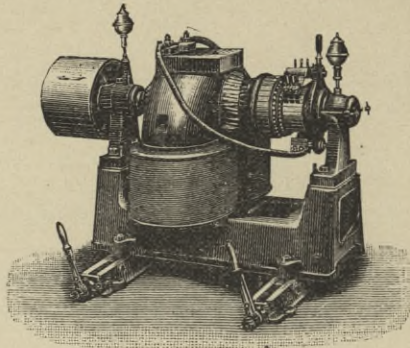


Anhang.

Bemerkung: Die nachstehend angegebenen Preise sind Tagespreise und nur als Anhaltspunkte für Kosten-Voranschläge pp. zu benützen.

A. Dynamomaschinen.

I. Siemens & Halske, Berlin.



Modell der H-Maschinen.

1. Für Bogenlampen ^{oder} _{und} Glühlampen in Parallelschaltung.

Modell- Bezeich- nung	Normal- Klemmen- spannung	Maximale Strom- stärke	Ungefähre Umdreh- zahl	Breite des einfachen Riemens	Riemen- geschwin- digkeit	Preis	Ver- packung
	Volt.	Amp.	i. d. Min.	mm	m. i. d. S.	in Mark	in Mark
<i>n H 4</i>	65	8	2200	60	8	365	5,0
<i>n H 4 B</i>	110	12	1500	80	8	625	7,50
	65	18	1450				
<i>n H 5</i>	110	20	1600	100	12	760	13,50
	65	30	1400				
<i>n H 6</i>	110	35	1000	120	16	1100	19,50
	65	50	1100				
<i>n H 6 A</i>	110	50	1000	150	16	1250	20,—
	65	70	1050				
<i>n H 7</i>	110	70	1100	180	16	1550	21,—
	65	105	1150				
<i>n H 8</i>	110	105	900	200	16	1950	25,—
	65	160	950				
<i>n H 14</i>	110	160	780	250	16	2700	45,—
	65	240	800				
<i>n H 17</i>	110	275	800	300	20	3800	75,—
	65	420	900				
<i>n H 19</i>	110	420	650	380	20	5000	85,—
	65	630	700				
<i>n H 20</i>	110	550	600	400	20	6000	90,—
	65	850	550				

2. Für Bogenlampen in Hintereinanderschaltung.

Modell- Bezeich- nung	Maximale Anzahl der Lampen	Maximale Klemmen- spannung Volt.	Strom- stärke Amp.	Breite des einfachen Riemens mm	Unge- fähre Um- drehungs- zahl i. d. Min.	Riemen- geschwin- digkeit m. i. d. S.	Preis in Mk.	Ver- packung in Mark
<i>D 17</i>	6	300	9	100	1200	12	750	14
<i>F 6</i>	6	300	9	100	1200	12	800	14
<i>F 7</i>	8	300	9	150	1100	12	1070	27,50
<i>F 8</i>	10	500	9	180	1100	16	1600	35
<i>F 14</i>	12	600	11	200	900	16	2100	67,50
<i>F 17</i>	20	1000	9	250	900	16	2400	80

3. Für parallel geschaltete Gruppen von hintereinander geschalteten Bogenlampen.

Modell- bezeich- nung	Normal- Klemmen- spannung Volt.	Maximal- Strom- stärke Amp.	Breite des einfachen Riemens mm	Unge- fähre Um- drehungs- zahl i. d. Min.	Riemen- geschwin- digkeit m. i. d. Sec.	Preis in Mark	Ver- packung in Mark
<i>n H 6</i>	200	15	120	900	16	1100	19,50
<i>n H 7</i>	200	30	180	1050	16	1550	21
<i>n H 8</i>	200	45	200	900	16	1950	25
<i>n H 14</i>	200	68	250	750	16	2700	45
<i>n H 17</i>	200	115	250	750	20	} 3800	75
<i>n H 17</i>	300	70	250	750	20		
<i>n H 17</i>	400	50	250	750	20		

Bemerkungen. Die Maschinen der Type *H* werden gewöhnlich als Nebenschlussmaschinen (*nH*) gebaut, auf Wunsch jedoch bis zur Grösse *H 14* auch als Gleichspannungsmaschinen ohne Preiserhöhung ausgeführt.

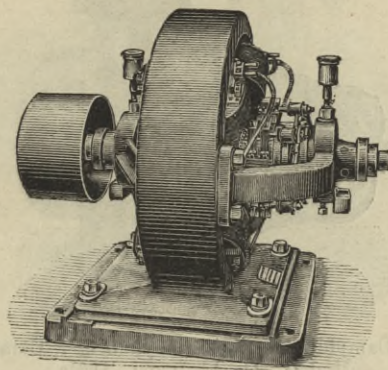
Die Nebenschlussmaschinen lassen die beim Laden von Akkumulatoren erforderliche Spannungssteigerung bis 45%, ohne Weiteres zu, jedoch darf hierbei die normale Gesamtleistung in *V-A* nicht überschritten werden.

In neuester Zeit wird das bis jetzt am meisten bekannte Modell *H* der Gleichspannungsdynamo geändert durch verlängerte Ankerkonstruktion, welche wesentlich bessere Leistungszahlen ergeben hat. Nähere Angaben und Preise dieses allerneuesten Modells sind z. Z. noch nicht veröffentlicht.

Ersatztheile.

Maschinen-Typen	Anker mit Kommutator u. Stahlbuchse ohne Lager				Kommutator			
	Preis loco Berlin		Verpackung		Preis loco Berlin		Verpackung	
	M.	Pf.	M.	Pf.	M.	Pf.	M.	Pf.
D ₁₅	140	—	3	—	44	—	—	50
D ₁₆ Kommutator zum Anlöthen . .	220	—	4	—	60	—	—	50
D ₁₆ „ „ Anschrauben .	250	—	4	—	95	—	—	50
D ₁₇ „ „ Anlöthen . .	300	—	4	50	60	—	—	50
D ₁₇ kurz. Kommutator z. Anschrauben	315	—	4	50	95	—	—	50
D ₁₇ Kommutator mit Luftisolation .	315	—	4	50	90	—	—	50
D ₁₇ lang. Kommutator z. Anschrauben	350	—	5	—	132	—	—	50
D ₁₈ Kommutator zum Anlöthen . .	330	—	5	—	60	—	—	50
D ₁₈ „ „ Anschrauben .	330	—	5	—	95	—	—	50
F ₅	250	—	3	50	75	—	—	75
F ₆	320	—	4	—	90	—	—	75
F ₇ Kommutator 14 thlg	400	—	5	—	90	—	—	75
F ₇ „ 20 „	425	—	5	—	116	—	—	75
F ₈	630	—	6	—	210	—	3	—
F ₁₄ Kommutator 20 thlg.	800	—	8	—	160	—	3	—
F ₁₄ „ 40 „	900	—	9	—	265	—	3	—
F ₁₇ „ 20 „	940	—	10	—	160	—	3	—
F ₁₇ „ 40 „	1040	—	10	—	265	—	3	—
H ₄	165	—	2	50	40	—	—	50
H ₄ ^B	235	—	3	—	75	—	—	50
H ₅	270	—	3	50	75	—	—	50
H ₆	410	—	4	—	140	—	1	—
H ₆ ^A	460	—	4	50	140	—	1	—
H ₇	580	—	4	50	210	—	1	—
H ₈	650	—	6	—	210	—	1	—
H ₁₄	980	—	9	—	265	—	3	—
H ₁₇	1040	—	10	—	265	—	3	—
H ₁₇	1220	—	14	—	285	—	3	—
H ₁₈	1460	—	14	—	460	—	4	—
H ₁₉	1850	—	20	—	440	—	4	—
H ₂₀	2200	—	20	—	460	—	4	—

II. O. L. Kummer & Cie., Dresden.

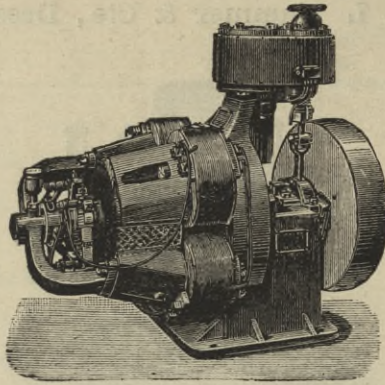


Modell Gr. Type Epsilon.

1. Dynamomaschinen mit Riemenbetrieb

mit niedriger Spannung und Verbund- oder Nebenschluss-Wicklung.

Pos.	Modell	Kraft- ver- brauch in effekt. HP	Volt- ampère	Maximale Strom- stärke in Ampère bei Volt			Umlauf- zahl pr. Minute	Preise in Mark ab Fabrik Niedersedlitz		
				67	105	120		Ver- bund- Dynamo	Nebenschluss- Dynamo	Ver- packung
1	Ar	2,3	1300	20	13	11	1490	705	685	12
2	Br	3,4	2000	30	20	17	1320	825	800	15
3	Cr	4,7	2800	42	28	24	1175	1000	970	18
4	Dr	7,3	4500	65	45	38	1050	1270	1230	20
5	Er	10,2	6500	100	65	55	950	1560	1520	25
6	Fr	14,6	9400	140	90	80	850	2025	1970	40
7	Gr	20,5	13400	200	130	110	775	2530	2450	45
8	Hr	29	19400	290	190	165	710	3180	3090	60
9	Ir	40	30700	460	300	260	635	4530	4390	70

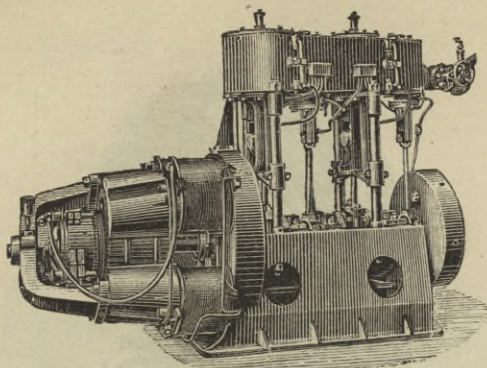


Vierpolige Dampfmaschine mit einzylindriger Dampfmaschine
Modell „De I“, Type „Delta“.

2. Dampf-Dynamomaschinen

mit Einzylinder-Dampfmaschine mit niedriger Spannung und Verbund- oder Nebenschluss-Wicklung.

Pos.	Modell	Voltampère	Maximale Stromstärke in Ampère bei Volt			Umlaufzahl pr. Minute	Preise in Mark ab Fabrik Niedersedlitz		
			67	105	120		Verbund-Dynamo	Nebenschluss-Dynamo	Verpackung
10	De I	{ 1600	22	16	14	350	2585	2550	40
11									
12	Ee	{ 2400	36	23	20	350	3175	3130	45
13									
14	Fe	{ 3300	50	32	28	300	3880	3820	70
15									
16	Ge	{ 5200	78	50	44	300	4590	4520	90
17									

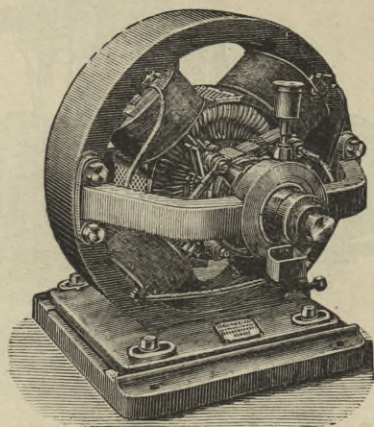


Modell Jc. Type Delta.

3. Dampf-Dynamomaschinen

mit Verbunddampfmaschinen mit niedriger Spannung und Verbund- oder Nebenschluss-Wicklung.

Pos.	Modell	Volt-ampère	Kraftverbrauch in effekt. HP	Maximale Stromstärke in Ampère bei Volt			Umlaufzahl pr. Min.	Preise in Mark ab Fabrik Niedersedlitz		
				67	105	120		Nebenschluss-Dynamo	Verbund-Dynamo	Verpackung
18	Fc	3300	6,5	50	32	28	300	4290	4360	80
19		5000	9,5	75	48	42				
20	Gc	5200	9,4	78	50	44	300	5100	5180	90
21		7800	13,7	108	75	65				
22	Hc	8000	13,6	120	76	68	300	6730	6830	100
23		12000	20	180	115	100				
24	Ic	14000	23	210	135	120	275	8820	8940	120
25		20000	32	300	190	170				
26	Kc	21000	33	315	200	180	275	10650	10820	130
27		30000	47	450	290	250				
28	Lc	25000	38	375	240	220	250	12000	12230	150
29		40000	61	600	380	330				
30	Mc	40000	60	600	380	340	250	14350		
31		55000	82	820	530	460				
32	Nc	50000	76	750	480	430	200	16950		
33		75000	110	1120	720	630				
34	Oc	65000	97	980	620	520	180	20700		
35		100000	147	1500	950	830				
36	Pc	105000	156	1600	1000	880	175	26350		
37		150000	210	2250	1440	1250				
38	Qc	134000	197	2000	1280	1140	150	32480		
39		200000	295	3000	1900	1700				
40	Rc	205000	300	3100	2000	1700	150	40000		
41		275000	405	4100	2600	2300				
42	Sc	240000	352	3600	2300	2000	125	49500		
43		350000	515	5250	3400	2900				

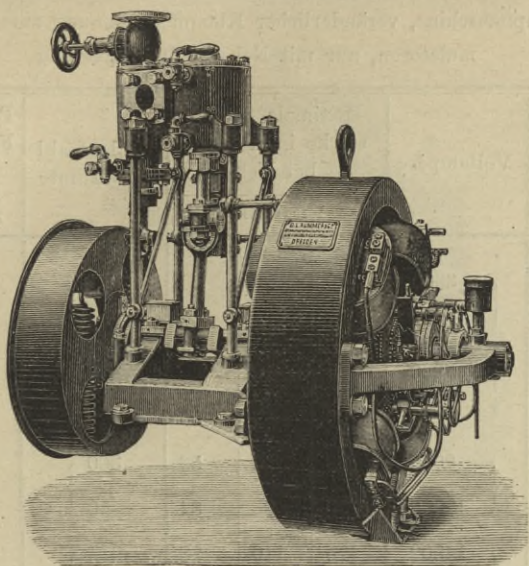


Modell Gr, Type Epsilon.

4. Dynamomaschinen für Riemenbetrieb

zum Laden von Akkumulatoren mit veränderlicher Klemmenspannung, nur mit Nebenschlusswicklung.

Pos.	Modell	Voltampère	Maximale Stromstärke in Ampère bei Volt			Umlaufzahl pr. Minute	Preise in Mark ab Fabrik Niedersedlitz	
			67-100	105-156	120-185		Nebenschluss-Dynamo	Verpackung
44	Ar	1300	16	11	9	1490	685	12
45	Br	2000	25	16	14	1320	800	15
46	Cr	2800	35	23	20	1175	970	18
47	Dr	4500	56	36	30	1050	1230	20
48	Er	6500	80	52	45	950	1520	25
49	Fr	9400	118	75	66	850	1970	40
50	Gr	13400	168	108	94	775	2450	45
51	Hr	19400	240	155	135	710	3090	60
52	Ir	30700	385	242	215	635	4390	70



Modell „A e“, Type Epsilon.

5. Dampf-Dynamomaschinen

mit Eincylinder-Dampfmaschine, veränderlicher Klemmenspannung zum Laden von Akkumulatoren, nur mit Nebenschlusswicklung.

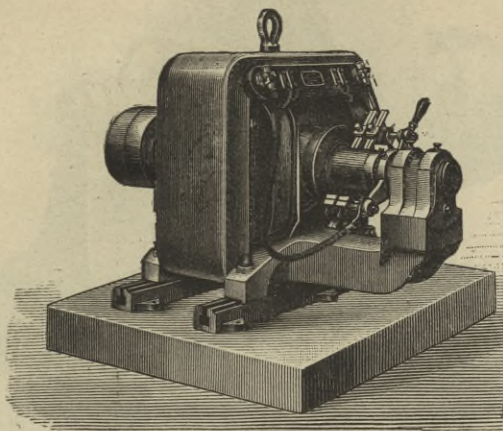
Pos.	Modell	Voltampère	Maximale Stromstärke in Ampère bei Volt			Umlaufzahl pr. Minute	Preise in Mark ab Fabrik Niedersedlitz	
			67—100	105—156	120—185		Nebenschluss Dynamo	Verpackung
53	De	{ 1600	20	13	11	350	2550	40
54								
55	Ee	{ 2400	30	19	17	350	3130	45
56								
57	Fe	{ 3300	40	26	23	300	3820	70
58								
59	Ge	{ 5200	65	42	36	300	4520	90
60								

6. Dampf-Dynamomaschinen

mit Verbunddampfmaschine, veränderlicher Klemmenspannung zum Laden von Akkulatoren, nur mit Nebenschlusswicklung.

Pos.	Modell	Voltampère	Maximale Stromstärke in Ampère bei Volt			Umlaufzahl pr. Minute	Preise in Mark ab Fabrik Niedersedlitz	
			67-100	105-150	120-185		Nebenschluss-Dynamo	Verpackung
61	Fc	{ 3300	40	26	23	300	4290	80
62		{ 5000	62	45	35	450		
63	Gc	{ 5200	45	42	36	300	5100	90
64		{ 7800	100	62	55	450		
65	Hc	{ 8000	100	64	56	300	6730	100
66		{ 12000	150	96	84	450		
67	Ic	{ 14000	175	110	98	275	8820	120
68		{ 30000	250	160	140	400		
69	Kc	{ 21000	260	170	148	275	10650	130
70		{ 30000	375	240	210	400		
71	Lc	{ 25000	310	200	175	250	12000	150
72		{ 40000	500	320	280	400		
73	Mc	{ 40000	500	320	280	250	14350	
74		{ 55000	690	440	385	350		
75	Nc	{ 50000	625	400	350	200	16950	
76		{ 75000	940	600	525	300		
77	Oc	{ 65000	810	520	450	180	20700	
78		{ 100000	1250	800	700	275		
79	Pc	{ 105000	1300	840	735	175	25350	
80		{ 150000	1880	1200	1055	250		
81	Qc	{ 134000	1680	1075	940	150	32480	
82		{ 200000	2500	1600	1400	225		
83	Rc	{ 205000	2560	1640	1430	150	40000	
84		{ 275000	3450	2200	1925	200		
85	Sc	{ 240000	3000	1920	1680	125	49500	
		{ 350000	4380	2800	2450	180		

III. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.



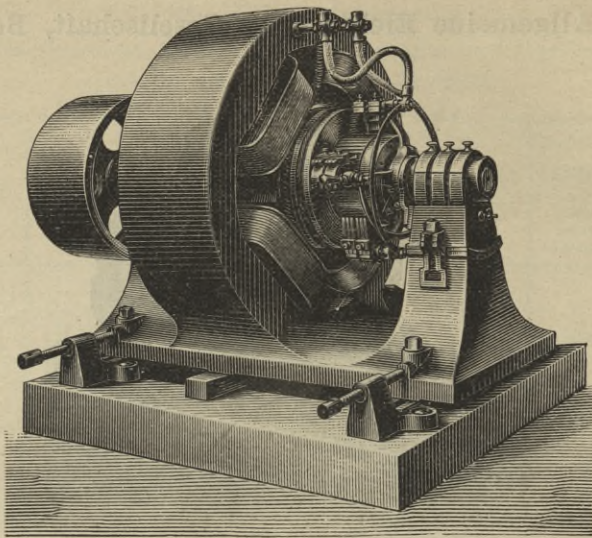
Modell N G.

Modell NG als Dynamomaschine.

Grösse	Spannung in Volt	Strom- stärke in Amp.	Touren- zahl pro Minute ca.	Kraft- verbr. P.S. ca.	Riemen- scheiben- Maasse mm	Gew. d. kompl. Maschine ca.		Preis der kompl. Maschine			
						Netto kg	Brutto kg	№	№	№	№
NG 15	65	25	1700	3	200×70×27	260	330	675		9	—
	110	15	1640	-	-	-	-				
	90	} Nicht verwendbar.									
	150	}									
NG 25	65	50	1500	5	220×80×35	440	530	} 900	—	10	50
	90	35	1580	-	-	-	-				
	110	30	1400	-	-	-	-				
	150	20	1500	-	-	-	-				
NG 50	65	100	1400	10	220×110×40	640	760	} 1300	—	15	—
	90	70	1490	-	-	-	-				
	110	60	1280	-	-	-	-				
	150	40	1350	-	-	-	-				
NG 75	65	125	1060	13	250×150×40	750	930	} 1700	—	22	—
	90	90	1220	-	-	-	-				
	110	75	970	-	-	-	-				
	150	58	1120	-	-	-	-				
NG 100	66	180	980	17	280×180×45	1140	1300	} 2000	—	24	—
	90	130	1080	-	-	-	-				
	110	100	950	-	-	-	-				
	150	72	980	-	-	-	-				

Reserve-Anker zu Maschinen:

Modell NC	15		25		50			75			100		
	65	110	65	110	65	110	210	65	110	210	65	110	210
Voltzahl	65	110	65	110	65	110	210	65	110	210	65	110	210
Cewicht Netto ca. kg	26		60		90			92			130		
- Brutto	50		90		130			130			185		
Preis Mark	250		330		400			575			650		



Modell G.

Modell G als Dynamomaschine.

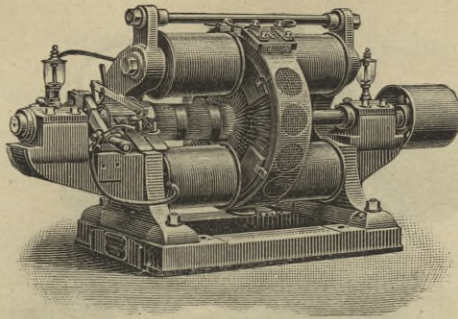
Grösse	Spannung in Volt	Strom- stärke in Amp.	Touren- zahl pro Minute ca.	Kraft- verbr. P.S. ca.	Riemen- scheiben- Maasse mm	Gew. d. kompl. Maschine ca.		Preis der kompl. Maschine			
						Netto kg	Brutto kg	Stk	Stk	Stk	Stk
G 150	65	277	930	28,5	420×200×50	1700	1850	2500	—	30	—
	90	200	1000	-	-	-	-				
	120	150	920	-	-	-	-				
	150	120	970	-	-	-	-				
G 200	65	370	720	36,5	470×250×55	2120	2250	3000	—	33	—
	90	270	760	-	-	-	-				
	120	200	820	-	-	-	-				
	150	160	880	-	-	-	-				
G 300	65	525	680	53	640×400×75	2370	2480	4000	—	45	—
	90	380	730	-	-	-	-				
	120	300	750	55	-	-	-				
	150	240	800	-	-	-	-				
G 450	65 (6p)	850	510	84	640=400×75	4000	4155	6000	—	60	—
	120 (4p)	450	600	82	-	3500	3620				
	150 (4p)	360	640	-	-	-	-				
G 600	120 (6p)	600	510	108	730×550×90	4400	4600	—	—	—	—
	150 (6p)	480	550	-	-	-	-				

Reserve-Anker zu Maschinen.

Modell G	150			200			300			450			600		
Voltzahl	65	120	210	65	120	210	65	120	210	65	120	210	65	120	210
Gewicht Netto ca. kg	280			370			400			1040			750		
- Brutto - -	310			450			470			4150			830		
Preis Mark	1000			1200			1500			2400			1800		

Anmerkung. Die Angaben über die Maschine G₆₀₀ sind nur annähernde.

IV. Schuckert & Ko., Kommanditgesellschaft, Nürnberg.

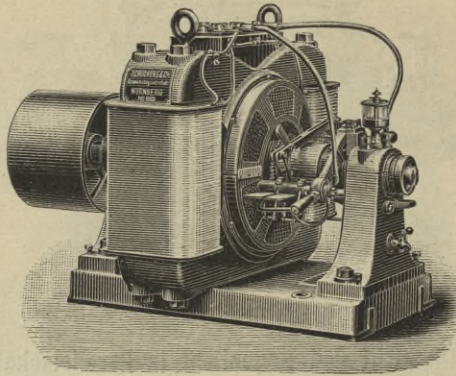


Chiffre J L.

1. Für Glühlicht und Bogenlicht in Parallelschaltung.

Chiffre JL	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	5	6	6a	7	8	9	10	11
Stromstärke in Amp. bei 110 Volt Klemmenspannung	7,5	15	22	37	52	75	112	150	225	350	550	800	1200
Stromstärke in Amp. bei 65 Volt Klemmenspannung	12,5	25	37	60	85	125	190	250	380	580	930	—	—
Kraftverbrauch bei voll. Ausnützg. in HP	1,5	3,0	4,3	7,0	9,5	13,5	20	26,5	39	60	93	134	200
Umdreh. p. Min. ca	1400	1250	1150	1100	1050	850	780	720	630	550	450	350	300
Riemensch. - Durchmesser mm	100	150	150	180	210	270	330	360	450	600	800	1100	1450
Riemenscheiben-Br. mm	70	100	120	150	180	210	250	270	290	300	400	500	600
Netto - Gewicht der Maschine ca. Ko.	100	180	300	380	520	750	1100	1270	1600	2200	4000	6000	9000
Preis der Maschine \mathcal{M}	425	625	800	975	1200	1600	2200	2700	3400	4700	7500	10000	16000
„ der Verpackung	11	13	15	17	20	26	40	30	32	36	50	60	170
„ Fundamentanker und Platten	12	12	12	12	12	14	14	18	24	30	40	54	54
„ Riemenspannvorrichtung, einfach, ohne Anker, ohne Platten	—	45	45	52	52	60	60	70	80	95	140	160	230
„ Riemenspannvorrichtung, mit Parallelbewegung, ohne Anker, ohne Platten	—	65	65	75	75	90	90	90	100	120	165	—	—
„ des Nebenschlussregulators für Compound - Maschinen mit 65 u. 110 Volt	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	55	55
„ des Nebenschlussregulators für Nebenschluss-Maschinen mit 110 u. 140=150 Volt, sowie für parallel zu schaltende Dynamo-Maschinen	50	50	50	50	50	50	50	50	50	65	65	65	65

Obige Maschinen werden sowohl mit gemischter (Compound-) Bewicklung der Magnete, wie auch für Nebenschlussbewicklung gebaut, die J L $\frac{1}{2}$ jedoch nur als Serienmaschine.



2. Für Bogenlicht in Parallelschaltung.

Chiffre TL	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	5	6	6
Klemmenspannung in Volt	100	150	200	300	500	750	1000	600
Stromstärke in Ampère	8	8	8	8	8	8	8	16
Zahl der Bogenlampen	2	3	4	6	10	15	20	12
Kraftverbrauch bei voller Ausnützung in HP .	1,5	2,2	2,8	4,2	6,8	10	13,5	16
Umdrehungen per Minute ca.	1300	1150	900	850	800	740	700	700
Riemenscheiben-Durchmesser ca. mm	100	150	150	180	210	270	300	300
„ -Breite „	70	100	120	150	180	210	250	250
Netto-Gewicht der Maschine ca. Ko.	85	165	230	330	470	630	850	900
Preis der Maschine M	450	600	750	900	1100	1500	1800	2000
„ „ Verpackung „	11	13	15	17	20	26	40	40
„ „ Fundament-Anker und -Platten „	12	12	12	12	12	14	14	14
„ „ Riemenstarrvorrichtung, einfach, ohne Anker und ohne Platten „	—	45	45	52	52	60	60	60
„ „ Riemenstarrvorrichtung mit Parallelbewegung, ohne Anker und ohne Platten „	—	65	65	75	75	90	90	90
„ des Stromregul. f. 8-10 Amp. Stromstärke „	30	30	30	30	30	30	30	—
„ „ „ „ 12 „ „ „	35	35	35	35	35	35	35	45
„ „ „ „ 16 „ „ „	45	45	45	45	45	45	45	45

Vorstehende Maschinen werden in der Regel für 8 Ampère gebaut, können jedoch auch für andere Stromstärken, z. B. 10, 12, 16 und mehr Ampère geliefert werden.

Die angegebenen Umdrehungszahlen beziehen sich auf Riemen- oder Seilbetrieb. Bei direkter Verkuppelung mit Motoren erhalten die Dynamomaschinen entsprechend reduzierte Tourenzahlen.

B. Bogenlampen und Zubehör.**I. Siemens & Halske, Berlin.**

Gegenstand	No.	Preis loco Berlin		Verpackung	
		M.	Pf.	M.	Pf.
Differenziallampe , 400 mm Gesamt-Kohlenlänge. Für Wechselstrom von 6 bis 25 Amp. oder Gleichstrom von 3 bis 25 Amp.	3300	170	—	3	—
desgleichen mit Vorrichtung für verlängerte Brenndauer, 700 mm Gesamt-Kohlenlänge, nur für Wechselstrom	3300 4192IIa	220	—	4	—
desgleichen mit Vorrichtung für verlängerte Brenndauer in einfachster Ausführung, 700 mm Gesamt-Kohlenlänge, nur für Wechselstrom	3300 4192IIa	192	50	4	—
Verlängerte Differenziallampe , 580 mm. Gesamt-Kohlenlänge. Für Wechselstrom von 6 bis 35 Amp. oder Gleichstrom von 3 bis 35 Amp.	3300	180	—	3	50
Grosse Flachdecklampe mit ca. 10stündiger Brenndauer (400 mm Gesamt-Kohlenlänge). Für Gleichstrom von 6—12 Amp. Für Parallelschaltung	4333b	100	—	2	—
desgleichen mit ca. 14stündiger Brenndauer (500 mm Gesamtkohlenlänge)	4333b	105	—	2	25
Kleine Flachdecklampe mit ca. 10stündiger Brenndauer (400 mm Gesamt-Kohlenlänge). Für Gleichstrom von 3 bis 8 Amp. Für Parallelschaltung	4333	85	—	1	50
desgleichen , mit ca. 14stündiger Brenndauer (500 mm Gesamt-Kohlenlänge)	4333	89	—	1	75
Grosse Bandlampe , mit ca. 10stündiger Brenndauer (400 mm Gesamt-Kohlenlänge). Für Gleichstrom von 9 bis 25 Amp. Für Parallelschaltung	5111	95	—	2	—
desgleichen , mit ca. 14stündiger Brenndauer (500 mm Gesamt-Kohlenlänge)	5111	100	—	2	25
desgleichen , mit ca. 18stündiger Brenndauer (650 mm Gesamt-Kohlenlänge)	5111	105	—	2	50
Kleine Bandlampe , mit ca. 10stündiger Brenndauer (490 mm Gesamt-Kohlenlänge). Für Gleichstrom von 3 bis 9 Amp. Für Parallelschaltung	5110	80	—	1	50
desgleichen , mit ca. 14stündiger Brenndauer (500 mm Gesamt-Kohlenlänge)	5110	84	—	1	75
desgleichen , mit ca. 18stündiger Brenndauer (650 mm Gesamt-Kohlenlänge)	5110	88	—	2	—
Grosse oder kleine Bandlampe für Hintereinanderschaltung, sonst wie Pos. 230—235 mehr	{5111 5110	15	—	—	—

II. O. L. Kummer & Ko., Dresden.

Bezeichnung	Gegenstand	Zeichnungsnummer	Preise in Mark ab Fabrik Niedersedlitz ohne Verpackung
Sw 3—7	Nebenschlusslampe , kleine, mit zwei beweglichen Kohlenhaltern, constantem Brennpunkt, 40 cm Gesamtkohlenlänge, für reine Parallelschaltung mit 65 Volt Betriebsspannung; besitzt die Eigenschaft, ohne Veränderung mit 3—7 Ampère brennen zu können	BL 28	84.—
Sw 5—20	Nebenschlusslampe , grosse, mit zwei beweglichen Kohlenhaltern, constantem Brennpunkt, 48 cm Gesamtkohlenlänge für reine Parallelschaltung mit 65 Volt Betriebsspannung; besitzt die Eigenschaft, ohne Veränderung mit 5—20 Ampère brennen zu können	BL 30	95.—
Sw 3—7	Nebenschlusslampe , kleine, mit zwei beweglichen Kohlenhaltern, constantem Brennpunkt, 40 cm Gesamtkohlenlänge, für Parallelschaltung zu zweien hintereinander bei 110—115 Volt Betriebsspannung, für Ströme von 3—7 Ampère	BL 67	86.—
D 8—20	Differenziallampe mit zwei beweglichen Kohlenhaltern, constantem Brennpunkt, 48 cm Gesamtkohlenlänge, gleich gut geeignet sowohl wie für Parallelschaltung, wie für Hintereinanderschaltung, für Ströme von 9, 12, 15 und 20 Ampère	BL 64	108.—
II. Laternen zu Bogenlampen.			
a) Kugellaternen, für die kleinen Nebenschlusslampen Sw 3—7 und Sw 3—7.			
B 1	Laterne mit Alabasterglasglocke, eleganter broncirter gegossener Krone und desgleichen Aschteller, Glasglocke 33 cm Durchmesser	BL 32	27.—
B 2	Laterne wie B 1, aber mit Regendach für Aussenbeleuchtung	BL 32	32.—
B 3	Laterne mit Alabasterglasglocke, von einfacher Ausstattung für Fabrik-, Lager- und Arbeitsräume etc., Glasglocke 33 cm Durchmesser	BL 31	15.—
B 4	Laterne wie B 3, aber mit Regendach für Aussenbeleuchtung	BL 31	18.—
B 5	Laterne wie B 1, aber mit Glasglocke, 40 cm Durchmesser	BL 40	32.—
B 6	Laterne wie B 1, aber mit Regendach und mit Glasglocke, 40 cm Durchmesser, für Aussenbeleuchtung	BL 40	37.—
B 7	Laterne wie B 3, aber mit Glasglocke, 40 cm Durchmesser	BL 41	20.—
B 8	Laterne wie B 3, aber mit Regendach und Glasglocke 40 cm Durchmesser, für Aussenbeleuchtung	BL 41	25.—

Gegenstände.	Preis	
	Mark	Pfg.
Ausstattungen für kleine Lampen		
für 4—10 Ampère Stromstärke und 9—10stündige Brennzeit.		
Birnförmige Ueberfangglasglocke, mit oberem und unterem Glockenring, vernickeltem Metallaschenteller, 2 Messingketten und Glockengespinnt	p. Stück	9 —
Dieselbe Ausstattung mit runder Ueberfangglasglocke	„ „	12 —
Die gleiche Ausstatt. m. heller birnförm. Krystallglasglocke „ „	„ „	8 50
„ „ „ „ „ runder do. „ „	„ „	10 —
Regendach von 470 mm	„ „	2 50
Laterne, vierseitig, m. Ueberfangglasscheiben	„ „	33 —
„ „ „ „ „ u. m. Führungsstäben „ „	„ „	37 —
„ sechsstufig „ „ „ „ „ „ „ „	„ „	35 —
„ „ „ „ „ u. m. Führungsstäben „ „	„ „	40 —
Verpackung pro Glasglocke oder Laterne	„ „	2 50
Ausstattungen für grosse Lampen		
für 8—16 Ampère Stromstärke und 12—16stündige Brennzeit.		
Runde Ueberfangglasglocke mit ob. u. unt. Glockenring, vernickelt. Metallaschenteller, 2 Messingketten u. Glockengespinnt p. Stück		14 —
Die gleiche Ausstattung mit heller Krystallglasglocke	„ „	13 50
Regendach von 470 mm Durchmesser	„ „	3 —
Reflektordach von 670 mm „	„ „	8 —
„ „ 670 „ „ mit Führungsstäben „ „	„ „	12 —
„ „ 1000 „ „ „ „ „ „ „ „	„ „	18 —
„ „ 1000 „ „ mit Führungsstäben „ „	„ „	23 —
Laterne, vierseit. m. Ueberfangglasscheiben	„ „	35 —
„ „ „ „ „ u. m. Führungsstäben „ „	„ „	40 —
„ sechsst. „ „ „ „ „ „ „ „	„ „	40 —
„ „ „ „ „ u. m. Führungsstäben „ „	„ „	45 —
Verpackung pro Glasglocke oder Laterne	„ „	2 50
Aufzugs- und Aufhänge-Vorrichtungen für Bogenlampen.		
Aufzugskasten, gusseisern., mit Kurbel für kleine Lampen für 4—10 Amp. Stromstärke, exkl. Seil	p. Stück	16 —
Aufzugskasten, gusseisern., verschliessbar, mit Kurbel und Schlüssel für grosse Lampen für 8—16 Amp. Stromstärke exkl. Seil p. Stück		27 —
Seilrolle, gusseiserne, auf Böckchen und mit 2 Schlüsselschrauben für kleine und grosse Lampen	p. Stück	3 —
do. do. auf Holzschrauben	„ „	3 —
Gegengewicht, gusseisernes, regulirbares für kleine Lampen für 4—6 Amp. Stromstärke	„ „	4 50
„ grosse „ „ 8—16 „ „ „ „ „ „	„ „	10 —
„ „ „ 4—16 „ „ nicht regulirb. „ „	„ „	4 —

C. Kohlenstäbe für Bogenlampen.

Schuckert & Ko., Dresden.

Gegenstand	Dochtkohle		Homogenkohle	
	M.	N.	M.	N.
8 mm Durchmesser per Meter	—	28	—	24
9 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	32	—	28
10 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	36	—	32
11 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	40	—	36
12 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	44	—	40
13 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	48	—	44
14 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	52	—	48
15 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	60	—	54
16 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	70	—	64
17 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	80	—	72
18 " " " " " " " " " " " " " " " "	—	88	—	80
19 " " " " " " " " " " " " " " " "	1	—	—	90
20 " " " " " " " " " " " " " " " "	1	10	1	—
21 " " " " " " " " " " " " " " " "	1	20	1	10
22 " " " " " " " " " " " " " " " "	1	32	1	20
23 " " " " " " " " " " " " " " " "	1	44	1	30

D. Instrumente.

O. L. Kummer & Ko. Dresden.

a. Spannungsmesser (Voltmeter).

Die Spannungsmesser werden in 3 Arten hergestellt (siehe Abhandlung Centralblatt für Elektrotechnik 1889 Seite 69) und zwar:

- 1) Zur Verwendung in elektrischen Kraftstationen resp. zum Messen geringerer Abweichungen von einer Normalspannung, Vmd 1 — Vmd 4; -
- 2) Zur Verwendung im Laboratorium, im Dynamomaschinenbau, in Akkumulatorenanlagen etc., im Allgemeinen zum Messen sowohl niedriger als auch hoher Spannungen, Vm 2 — Vm 3;
- 3) In Taschenuhrform zum Controliren sowie Reguliren von Bogenlampen etc.

Bezeichnung	Gegenstand	Preise in Mark ab Fabrik ohne Verpackung
Vmd 1	Spannungsmesser f. Dauereinschaltung, in Metallgehäuse, äusserst solid gearbeitet, in jeder Lage funktionirend, mit directer Ablesung, Durchmesser des Gehäuses 180 mm, für ca. 40 bis 70 Volt	68.—
Vmd 2	Dieselbe Konstruktion für Spannungen von 80 bis 120 Volt	68.—
Vmd 3	Dieselbe Konstruktion für Spannungen von 50 bis 100 Volt, für Accumulatorenbetrieb	68.—
Vmd 4	Dieselbe Konstruktion für Spannungen von 90 bis 180 Volt, für Accumulatorenbetrieb	70.—

Bezeichnung	Gegenstand	Preise in Mark ab Fabrik ohne Verpackung
V _m 2	Spannungsmesser mit Einstellzeiger wie bei Torsionsgalvanometern — in jeder Lage funktionierend, in Metallgehäuse mit sehr umfangreicher Scala, für Spannungen von 10 bis 140 Volt, bei Dauereinschaltung nur bis zu Spannungen von 70 Volt geeignet, Gehäusedurchmesser 140 mm	75.—
V _m 3	Dieselbe Construction für Spannungen von 30 bis 250 Volt, bei Dauereinschaltung nur bis zu Spannungen von 150 Volt geeignet	80.—
—	Taschenspannungsmesser mit Einstellzeiger in Form einer mittelgrossen Taschenuhr, in jeder Lage funktionierend, für Spannungen von ca. 40—140 Volt	85.—
—	Dieselbe Construction für Spannungen von 0,5 bis 3,5 Volt, besonders zu Accumulatorenmessungen geeignet	80.—

b. Strommesser (Ampèremeter).

Die Strommesser haben dem Bedürfnisse entsprechend eine sehr umfangreiche Scala, um sowohl niedrige als auch hohe Stromstärken mit genügender Genauigkeit ablesen zu können. Z. B. kann man von dem Strommesser Am 4 jede beliebige Stromstärke zwischen 30 und 300 Ampère ablesen. Ein weiterer Vortheil ist der, dass die Apparate in jeder Lage richtig funktioniren und selbst gegen die Schwankungen auf Schiffen unempfindlich sind.

Bezeichnung	Gegenstand	Preise in Mark ab Fabrik Niederschlitz ohne Verpack.
Am 1	Strommesser mit Einstellzeiger wie bei Torsionsgalvanometern, in jeder Lage funktionierend, in Metallgehäuse von 140 mm Durchmesser mit sehr umfangreicher Scala für Stromstärken von 1—10 Ampère	55.—
Am 2	Dieselbe Construction für Stromstärken von 5 bis 50 Ampère	60.—
Am 3	Dieselbe Construction für Stromstärken von 10 bis 100 Ampère	65.—
Am 4	Dieselbe Construction für Stromstärken von 30 bis 300 Ampère	70.—
Am 5	Dieselbe Construction für Stromstärken von 50 bis 500 Ampère	85.—
Am 6	Dieselbe Construction mit Gehäuse von 180 mm Durchmesser, für Stromstärken von 100—1000 Ampère	180.—

Strommesser (Ampèremeter), direkt anzeigend.

Auch diese Instrumente sind nicht abhängig von ihrer Lage, sie funktionieren in jeder Stellung gut und unterscheiden sich von den Strommessern unter Titel II nur dadurch, dass man die jeweilige Stromstärke ablesen kann, ohne erst eine Einstellung vornehmen zu müssen; daher sind diese Instrumente besonders da geeignet, wo es sich darum handelt, einen schnellen Ueberblick zu haben, wie es z. B. bei Betrieben mit parallelgeschalteten Maschinen und Akkumulatoren erforderlich ist.

Bezeichnung	Gegenstand	Preise in Mark ab Fabrik Niederslitz ohne Verpackung
Amd 1	Strommesser mit directer Ablesung , in jeder Lage richtig zeigend, Durchmesser des Gehäuses 140 mm für Ströme von 1—10 Ampère . . .	52
Amd 2	Dieselbe Construction für Ströme von 5—50 Ampère	57
Amd 3	Dieselbe Construction für Ströme von 10—100 Ampère	
Amd 4	Strommesser-Construction wie Amd 1 aber mit Gehäuse von 180 mm Durchmesser für Ströme von 30—300 Ampère	70
Amd 5	Dieselbe Construction für Ströme von 50—500 Ampère	85
Amd 6	Dieselbe Construction für Ströme von 100—1000 Ampère	130

IV. Akkumulatoren-Aktien-Gesellschaft Hagen.**a. Voltmesser.**

Voltmesser No. 1	von 0 bis 5 V. zeigend, feine Theil.	von 1,5 b. 3 Volt Mk.	50.
" "	2 " 20 " 110 " "	" " " " 45 " 80 " "	60.
" "	3 " 40 " 100 " "	" " " " 80 " 130 " "	70.
" "	4 " 60 " 250 " "	" " " " 130 " 170 " "	80.
" "	5 " bis " 400 " "	" " " " " " " " " "	120.
" "	6 " " " 500 " "	" " " " " " " " " "	120.
" "	7 " " " 700 " "	" " " " " " " " " "	140.
" "	8 " " " 900 " "	" " " " " " " " " "	160.
" "	9 " " " 1000 " "	" " " " " " " " " "	200.

b. Ampèremesser.

Ampèremesser No. 1	bis 10 Ampère zeigend	Mk. 45.
" "	2 " 30 " "	45.
" "	3 " 50 " "	50.
" "	4 " 100 " "	50.
" "	5 " 150 " "	60.
" "	6 " 200 " "	60.
" "	7 " 300 " "	75.
" "	8 " 400 " "	75.
" "	9 " 600 " "	125.
" "	10 " 800 " "	150.
" "	11 " 1000 " "	350.

E. Elektrisch-Licht-Leitungen.

Felten & Guilleaume, Karlswerk a. Rh.

Oberirdische Leitungen für trockene Räume. Flammsicher.

Der Kupferleiter hat eine doppelte asphaltirte Baumwollgarn-Umspinnung und eine flammsicher imprägnirte Baumwollgarn-Umflechtung.

Mit massivem Kupferdraht.

Dicke des Kupferdrahtes mm	Kupfer-Querschnitt □mm	Leitungs-Widerstand p. Km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gewicht p. Km. Kgr.	Fabrik-Nummer der Leitung	Preis pro 1 Meter Mark
1,0	0,79	22,66	12	1417	0,05
1,2	1,13	15,74	16	1418	0,06
1,4	1,54	11,56	20	1419	0,07
1,5	1,77	10,07	22	1864	0,08
1,6	2,01	8,85	25	1420	0,08
1,7	2,27	7,84	28	3561	0,09
1,8	2,54	6,99	30	1421	0,09
1,9	2,83	6,26	33	3562	0,10
2,0	3,14	5,66	36	1422	0,11
2,5	4,91	3,63	55	1423	0,15
3,0	7,07	2,52	75	1424	0,20
3,5	9,62	1,85	100	1425	0,25
4,0	12,57	1,42	128	1426	0,31
4,5	15,90	1,12	160	1427	0,39
5,0	19,63	0,91	195	1428	0,46
5,5	23,76	0,75	233	1775	0,55
6,0	28,27	0,63	275	1548	0,65

Mit Kupferdrahtlitze.

Zahl und Dicke der Kupferdrähte mm	Kupfer-Querschnitt □mm	Leitungs-Widerstand p. Km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gewicht p. Km. Kgr.	Fabrik-Nummer der Leitung	Preis pro 1 Meter Mark
7×0,8	3,52	5,06	43	7604	0,13
7×1,0	5,50	3,24	63	3818	0,18
7×1,2	7,92	2,25	88	7605	0,24
7×1,4	10,77	1,65	117	7606	0,31
7×1,5	14,07	1,26	149	7607	0,38
7×1,8	17,81	1,00	187	7608	0,47
7×2,0	21,99	0,81	227	7609	0,56
19×0,8	9,55	1,86	106	7610	0,29
19×1,0	14,92	1,19	159	7581	0,41
19×1,2	21,19	0,83	225	7582	0,57
19×1,4	29,25	0,61	300	7583	0,74
19×1,6	38,20	0,47	387	7199	0,95
19×1,8	48,35	0,37	487	7359	1,20
19×2,0	59,69	0,30	596	7387	1,45
19×2,5	93,29	0,19	918	7495	2,15
19×3,0	134,33	0,13	1311	7611	3,05
19×3,5	182,80	0,097	1773	8612	4,10

Oberirdische Leitungen mit Gummiband für feuchte, warme Räume.

Der verzinnte Kupferleiter hat eine Gummiband-Umwicklung, eine Baumwollgarn-Umspinnung und eine Kautschouklack-imprägnirte Baumwollgarn-Umflechtung.

Mit massivem Kupferdraht.

Dicke des Kupfer- drahtes mm	Kupfer- Quer- schnitt □ mm	Leitungswider- stand p. Km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gewicht p. Km. Kgr.	Fabrik- Nummer der Leitung	Preis pro 1 Meter Mark
0,8	0,50	36,35	12	3589	0,10
0,9	0,64	28,41	14	3541	0,10
1,0	0,79	22,66	15	3542	0,11
1,2	1,13	15,74	19	3599	0,13
1,4	1,54	11,56	24	3600	0,15
1,5	1,77	10,07	26	3601	0,16
1,6	2,01	8,85	30	3602	0,17
1,8	2,54	6,99	35	3603	0,19
2,0	3,14	5,66	42	3604	0,21
2,5	4,91	3,63	60	3605	0,28
3,0	7,07	2,52	81	3606	0,35
3,5	9,62	1,85	106	3607	0,43
4,0	12,57	1,42	136	3608	0,54
4,5	15,90	1,12	168	3609	0,63
5,0	19,63	0,91	204	3610	0,75
5,5	23,76	0,75	243	3611	0,86
6,0	28,27	0,63	285	3612	1,—

Mit Kupferdrahtlitze.

Zahl und Dicke der Kupfer- drähte mm	Kupfer- Quer- schnitt □ mm	Leitungswider- stand p. Km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gewicht p. Km. Kgr.	Fabrik- Nummer der Leitung	Preis pro 1 Meter Mark
7×0,8	3,52	5,06	48	7612	0,26
7×1,0	5,50	3,24	69	7390	0,33
7×1,2	7,92	2,25	95	7391	0,42
7×1,4	10,77	1,65	125	7449	0,54
7×1,6	14,07	1,26	158	7216	0,64
7×1,8	17,81	1,00	196	7613	0,76
7×2,0	21,99	0,81	238	7217	0,90
19×0,8	9,55	1,86	114	7614	0,51
19×1,0	14,92	1,19	168	7392	0,70
19×1,2	21,49	0,83	235	7393	0,90
19×1,4	29,25	0,61	315	7394	1,25
19×1,6	38,20	0,47	404	7218	1,50
19×1,8	48,35	0,37	505	3886	1,80
19×2,0	59,69	0,30	616	7219	2,15
19×2,5	93,29	0,19	942	7220	3,05
19×3,0	134,33	0,13	1337	7221	4,15
19×3,5	182,80	0,097	1800	8190	5,45

Glühlicht-Zuleitungen.**Seidenschnüre.**

Jeder Kupferleiter ist zunächst mit Baumwollgarn umspinnen, mit Gummiband umwickelt, mit farbigem Baumwollgarn umspinnen und mit farbiger Seide umflochten, sodann sind die zwei resp. drei Leiter mit einander verseilt.

Kupfer-Querschnitt jeder Litze □mm	Zahl der Kupferdrähte	Dicke der Kupferdrähte mm	Leistungs-Widerstand jeder Litze p. km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gewicht p. Km. Kgr.	Fabrik-Nummer der Leitung	Preis pro 1 Meter Mark
0,30	2×17	0,15	60,00	14	8321a	0,36
0,40	2×24	0,15	42,00	17	3792a	0,40
0,50	2×30	0,15	33,60	20	8367a	0,42
0,62	2×35	0,15	29,00	23	3080a	0,44
0,75	2×24	0,20	24,00	29	3001a	0,48
1,00	2×32	0,20	18,00	33	8322a	0,55
1,24	2×40	0,20	14,45	38	3081a	0,62
1,50	2×48	0,20	12,00	43	3795a	0,67
1,75	2×56	0,20	10,30	53	8816a	0,72
2,00	2×64	0, 0	9,00	57	7539a	0,76
2,50	2×36	0,30	7,50	68	8323a	0,84
3,00	2×43	0,30	6,00	81	8324a	0,92
3,50	2×50	0,30	5,25	92	8817a	0,98
4,00	2×57	0,30	4,50	104	8325a	1,05
0,78	3×25	0,20	23,10	39	8479	0,67
{ 1,00	2×32	{ 0,20	18,00	{ 68	7861	1,30
{ 2,00	1×64		9,00			
{ 2,00	2×45	{ 0,24	9,00	{ 124	8286	1,40
{ 4,00	1×90		4,50			
{ 1,00	2×32	0,20	19,00	{ 42	7363	0,95
{ 0,00	1×leer	0,00	—			
{ 2,00	2×64	0,20	9,00	{ 73	7364	1,30
{ 0,00	1×leer	0,00	—			

NB. Wenn die Leitungen nicht verseilt, sondern mit einer gemeinschaftlichen Seiden-Umspinnung gewünscht werden, reduziert sich der Preis um 15%.

Glühlicht-Zuleitungen.**Wollenschnüre.**

Jeder Kupferleiter ist zunächst mit Baumwollgarn umspinnen, mit Gummiband umwickelt und mit farbigem Baumwollgarn umspinnen, sodann sind die zwei resp. drei Leiter zusammen mit farbiger Wolle umflochten.

Kupfer-Querschnitt jeder Litze □ mm	Zahl der Kupferdrähte	Dicke der Kupferdrähte mm	Leitungs-Widerstand jeder Litze p. Km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gewicht p. Km. Kgr.	Fabrik-Nummer der Leitung	Preis pro 1 Meter Mark
0,79	1	1,0	22,66	12	*1321	0,06
0,78	2×25	0,20	23,10	28	**1622	0,19
0,78	3×25	0,20	23,10	41	**8480	0,26
0,27	2×15	0,15	67,34	13	1810	0,19
0,30	2×17	0,15	60,00	16	8335	0,20
0,40	2×24	0,15	42,00	19	8357	0,23
0,50	2×30	0,15	33,60	22	8370	0,26
0,78	2×25	0,20	23,10	31	7951	0,32
1,00	2×59	0,15	18,00	35	8336	0,38
1,50	2×48	0,20	12,00	45	8337	0,42
1,75	2×56	0,20	10,30	53	8818	0,46
2,00	2×64	0,20	9,00	56	8338	0,48
2,50	2×36	0,30	7,50	68	8339	0,53
3,00	2×43	0,30	6,00	79	8340	0,58
3,50	2×50	0,30	5,25	89	8819	0,64
4,00	2×57	0,30	4,50	101	8341	0,68
2,00	2×45	0,24	9,00	128	8722	1,—
4,00	1×90	0,24	4,50			
2,50	2×80	0,20	7,50	80	8892	0,58
7,00	2×100	0,30	2,63	172	8893	1,05

* Bei Nr. 1321 fehlt die Gummiband-Umwicklung und besteht die äussere Umflechtung aus gewachster, farbiger Baumwolle.

** Bei Nr. 1622 und 8480 hat der Kupferleiter eine doppelte Umspinnung mit gewachstem Baumwollgarn und eine Beflechtung mit farbigem Baumwollgarn und farbiger Wolle.

Oberirdische Elektrisch-Licht-Bleikabel,

mit Felten & Guillaume's imprägnirter Isolation und einfachem Bleimantel.

Dicke des Kupfer- drahtes mm	Kupfer-Quer- schnitt □ mm	Leitungs-Wider- stand p. Km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gew. p. Km. Kgr.	Fabrik- Nummer der Leitung	Preis pro 1 Meter Mark
1,0	0,79	22,66	120	846°	0,14
1,2	1,13	15,74	140	879°	0,16
1,4	1,54	11,56	150	880°	0,18
1,5	1,77	10,07	160	2554°	0,20
1,6	2,01	8,85	170	881°	0,21
1,7	2,27	7,84	180	2766°	0,22
1,8	2,54	6,99	210	882°	0,23
1,9	2,83	6,26	220	2767°	0,26
2,0	3,14	5,66	230	883°	0,28
2,5	4,91	3,63	270	965°	0,37
3,0	7,07	2,52	310	886°	0,44
3,5	9,62	1,85	400	2534°	0,56
4,0	12,57	1,42	460	825°	0,67
5,0	19,63	0,91	650	2505°	0,96

(Auf Verlangen werden diese Bleikabel zum besseren Schutz gegen mechanische Beschädigung noch mit einem Bleiweiss imprägnirten Bande bewickelt.)

Unterirdische Elektrisch-Licht-Bleikabel

mit Felten & Guillaume's imprägnirter Isolation, doppeltem Bleimantel und über demselben Compoundhülle.

Mit massivem Kupferdraht.

Dicke des Kupfer- drahtes mm	Kupfer-Quer- schnitt □ mm	Leitungs-Wider- stand p. Km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gew. p. Km. Kgr.	Fabrik- Nummer der Leitung	Preis pro 1 Meter Mark
1,0	0,79	22,66	300	846u	0,29
1,2	1,13	15,74	330	879u	0,32
1,4	1,54	11,56	350	880u	0,34
1,6	2,01	8,85	390	881u	0,38
1,8	2,54	6,99	470	882u	0,41
2,0	3,14	5,66	510	883u	0,49
2,5	4,91	3,63	580	965u	0,60
3,0	7,07	2,52	640	886u	0,68
3,5	9,62	1,85	810	2534u	0,86
4,0	12,57	1,42	900	825u	0,98
4,5	15,90	1,12	1010	2535u	1,15
5,0	19,63	0,91	1220	2505u	1,35
5,5	23,76	0,75	1340	2536u	1,55
6,0	28,27	0,63	1460	2537u	1,70

Notirungen für Bleikabel von vorstehender Konstruktion mit grösseren Kupferquerschnitten stehen auf Wunsch zu Diensten.

Unterirdische Elektrisch-Licht-Bleikabel

mit Felten & Guillaume's imprägnirter Isolation, doppeltem Bleimantel
und über demselben Compoundhülle.

Mit Kupferdrahtlitze.

Zahl u. Dicke der Kupfer- drähte mm	Kupfer- Quer- schnitt □mm	Leistungs- Widerstand p. Km. bei + 15° C. in Ohms	Ungef. Gewicht p. Km. Kgr.	Fabrik- Nummer der Leitung	Preis pro 1 Mtr. Mark
7×0,7	2,70	6,73	520	875u	0,52
7×0,8	3,52	5,06	560	876u	0,57
7×0,9	4,45	4,07	590	877u	0,61
7×1,0	5,50	3,24	630	858u	0,66
7×1,2	7,92	2,25	810	859u	0,84
7×1,4	10,77	1,65	920	860u	0,98
7×1,6	14,07	1,26	1030	861u	1,15
7×1,8	17,81	1,00	1260	862u	1,40
7×2,0	21,99	0,81	1410	863u	1,60
19×0,8	9,55	1,86	870	872u	0,95
19×1,0	14,92	1,19	1180	864u	1,30
19×1,2	21,49	0,83	1410	865u	1,60
19×1,4	29,25	0,61	1680	866u	2,—
19×1,6	38,20	0,47	2080	867u	2,50
19×1,8	48,35	0,37	2370	868u	2,90
19×2,0	59,69	0,30	2700	869u	3,40
19×2,2	72,22	0,25	3300	2547u	4,10
19×2,4	85,88	0,210	3630	2548u	4,60
19×2,5	100,89	0,180	3940	2549u	5,15
19×2,8	117,04	0,155	4520	964u	6,—
19×3,0	134,33	0,135	4900	928u	6,55
19×3,2	152,76	0,119	5270	2514u	7,25
19×3,5	182,80	0,0970	6350	2553u	8,65
37×2,6	196,47	0,0926	6710	2768u	9,35
37×2,8	227,92	0,0798	7320	2769u	10,50
37×3,1	279,35	0,0651	9140	2810u	13,—
37×3,3	316,35	0,0574	9820	2770u	14,50
37×3,5	355,98	0,0511	10430	2771u	15,50
37×3,6	376,62	0,0483	11560	2780u	17,—
37×3,7	397,82	0,0457	11910	2820u	17,50
37×3,8	419,62	0,0433	12230	2821u	18,—
37×3,9	442,00	0,0411	12640	2822u	19,—
37×4,0	464,94	0,0391	13050	2823u	20,—
37×4,1	488,49	0,0372	13390	5250u	20,50

Akkumulatoren der Akkumulatoren-Fabrik
Tabelle über Preis, Grösse, Capacität und Entladestrom der

Entladezeit in Stunden		a										b									
		3 ¹ / ₃	3 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	4	4 ¹ / ₄	4 ¹ / ₂	4 ³ / ₄	5	5 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂	3 ¹ / ₃	3 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	4	4 ¹ / ₄	4 ¹ / ₂	4 ³ / ₄	5	5 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂
Element 1	Capacität in Amp. Std.	28	30	31	32	33	34	35	35	36	37	28	30	31	32	33	34	35	35	36	37
	Entladestrom	8,5	8,5	8	8	7,5	7,5	7	7	7	6,5	8,5	8,5	8	8	7,5	7,5	7	7	7	6,5
Element 2	Capacität	42	45	46	48	49	50	51	52	53	55	42	45	46	48	49	50	51	52	53	55
	Entladestrom	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10
Element 3	Capacität	56	59	62	65	66	68	69	70	71	72	56	59	62	65	66	68	69	70	71	72
	Entladestrom	17	17	16	16	15	15	14	14	14	13	17	17	16	16	15	15	14	14	14	13
Element 4	Capacität	70	72	76	81	83	85	86	87	90	92	70	72	76	81	83	85	86	87	90	92
	Entladestrom	21	21	20	20	19	19	18	17	17	16	21	21	20	20	19	19	18	17	17	16
Element 5	Capacität	96	97	101	103	106	108	109	111	114	115	96	97	101	103	106	108	109	111	114	115
	Entladestrom	28	28	27	25	24	24	23	22	21	21	28	28	27	25	24	24	23	22	21	21
Element 6	Capacität	128	130	134	137	141	144	146	150	153	154	128	130	134	137	141	144	146	150	153	154
	Entladestrom	38	38	36	34	33	32	31	30	29	28	38	38	36	34	33	32	31	30	29	28
Element 7	Capacität	160	162	168	172	176	180	183	187	192	192	160	162	168	172	176	180	183	187	192	192
	Entladestrom	48	46	45	43	41	40	38	37	36	35	48	46	45	43	41	40	38	37	36	35
Element 8	Capacität	192	195	202	206	211	216	219	225	230	231	192	195	202	206	211	216	219	225	230	231
	Entladestrom	57	55	53	51	49	48	46	45	43	42	57	55	53	51	49	48	46	45	43	42
Element 9	Capacität	230	234	240	246	253	258	264	270	275	278	230	234	240	246	253	258	264	270	275	278
	Entladestrom	69	67	64	61	59	57	55	54	52	50	69	67	64	61	59	57	55	54	52	50
Element 10	Capacität	276	280	289	296	303	310	316	324	330	334	276	280	289	296	303	310	316	324	330	334
	Entladestrom	82	80	77	74	71	69	67	65	63	61	82	80	77	74	71	69	67	65	63	61
Element 11	Capacität	322	328	337	345	354	362	369	378	384	390	322	328	337	345	354	362	369	378	384	390
	Entladestrom	96	93	90	86	83	80	78	75	73	71	96	93	90	86	83	80	78	75	73	71
Element 12	Capacität	368	374	385	394	404	413	422	432	440	445	368	374	385	394	404	413	422	432	440	445
	Entladestrom	110	107	102	99	95	92	89	86	83	81	110	107	102	99	95	92	89	86	83	81
Element 13	Capacität	414	421	434	444	455	465	475	486	495	501	414	421	434	444	455	465	475	486	495	501
	Entladestrom	124	120	115	111	107	103	100	97	94	91	124	120	115	111	107	103	100	97	94	91
Element 14	Capacität	460	470	480	495	505	515	530	540	550	555	460	470	480	495	505	515	530	540	550	555
	Entladestrom	138	134	128	123	119	115	111	108	104	101	138	134	128	123	119	115	111	108	104	101
Element 15	Capacität	505	515	530	540	555	570	580	595	605	610	505	515	530	540	555	570	580	595	605	610
	Entladestrom	151	147	141	136	131	126	122	118	115	111	151	147	141	136	131	126	122	118	115	111
Element 16	Capacität	550	560	575	590	605	620	635	650	660	670	550	560	575	590	605	620	635	650	660	670
	Entladestrom	165	160	154	148	143	138	133	129	125	122	165	160	154	148	143	138	133	129	125	122
Element 17	Capacität	600	610	625	640	655	670	685	700	715	725	600	610	625	640	655	670	685	700	715	725
	Entladestrom	179	174	167	160	155	149	145	140	136	132	179	174	167	160	155	149	145	140	136	132
Element 18	Capacität	645	655	675	690	705	725	740	755	770	780	645	655	675	690	705	725	740	755	770	780
	Entladestrom	193	187	180	173	167	161	156	151	146	142	193	187	180	173	167	161	156	151	146	142
Element 19	Capacität	690	700	720	740	760	775	790	810	825	835	690	700	720	740	760	775	790	810	825	835
	Entladestrom	207	200	192	185	178	172	167	162	157	152	207	200	192	185	178	172	167	162	157	152

NB. No. 1—10 in Glasgefässen,

Aktien-Gesellschaft Hagen i. W.
Tudor'schen Akkumulatoren bei verschiedenen Entladezeiten.

c															d			Aussemasse der Gefässe		Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure v. 19° Baumé i. Lit.	i. M.	i. M.	Verpackung
5 ³ / ₄	6	6 ¹ / ₄	6 ¹ / ₂	6 ² / ₃	6 ³ / ₄	7	7 ¹ / ₄	7 ¹ / ₂	7 ³ / ₄	8	8 ¹ / ₄	8 ¹ / ₃	Länge	Breite	Höhe									
38	39	39	39	40									160	260	370	17	8	18	1,15					
6,5	6,5	6	6	6																				
56	57	58	59	60									200	260	370	21	11	23	1,50					
10	9	9	9	9																				
75	76	77	79	80									250	260	370	26	12	31	1,75					
13	13	12	12	12																				
94	96	97	98	100									250	260	370	31	14	39	2,00					
16	16	15	15	15																				
118	120	123	124	126	127	128	130	133	134	136	138	138	250	360	420	40	19	46	2,50					
20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16												
158	160	164	166	168	170	171	174	177	179	182	184	184	270	360	420	50	23	57	3,25					
27	26	26	25	25	25	24	24	23	23	22	22	22												
198	200	204	208	210	212	214	216	221	224	227	230	230	300	360	420	61	26	70	4,00					
34	33	33	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27												
237	240	248	249	252	255	257	261	266	269	273	276	276	350	360	440	72	34	83	4,50					
41	40	39	38	37	37	36	36	35	34	34	33	33												
283	288	293	297	300	301	305	311	315	318	324	328	330	350	400	530	85	43	99	5,25					
49	48	47	45	45	44	43	43	42	41	40	39	39												
340	346	352	356	360	361	366	373	378	382	388	393	396	350	400	530	100	43	116	6,00					
59	57	56	54	54	53	52	51	50	49	48	47	47												
397	404	410	415	420	421	427	435	441	446	453	458	462	370	410	550	126	55	136	6,50					
69	67	65	64	63	62	61	60	58	57	56	55	55												
453	461	468	475	480	481	489	497	504	510	518	524	528	410	410	550	142	60	149	7,00					
79	77	75	73	72	71	69	68	67	65	64	63	63												
510	520	528	534	540	541	550	560	566	573	582	590	594	450	410	550	158	70	160	7,60					
88	86	84	82	81	80	78	77	75	74	73	71	71												
565	575	585	595	600	600	610	620	630	635	645	655	660	490	410	550	175	75	170	8,10					
98	96	94	91	90	89	87	86	84	82	81	79	79												
625	635	645	650	660	660	670	685	690	700	710	720	725	520	410	550	190	80	187	8,60					
108	106	103	100	99	98	96	94	92	90	89	87	86												
680	690	705	710	720	720	730	744	755	765	775	785	790	570	410	550	205	90	204	9,10					
118	115	112	109	108	107	104	103	100	99	97	95	94												

Entladezeit in Stunden		a										b										c										d			Aussenmasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure v. 1,10 Beumé l.Lit.	Preis i. Mk.	Verpackung i. Mk.
		3 ¹ / ₃	3 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	4	4 ¹ / ₄	4 ¹ / ₂	4 ³ / ₄	5	5 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂	5 ³ / ₄	6	6 ¹ / ₄	6 ¹ / ₂	6 ² / ₃	6 ³ / ₄	7	7 ¹ / ₄	7 ¹ / ₂	7 ³ / ₄	8	8 ¹ / ₄	8 ¹ / ₃	Länge	Breite	Höhe	i. Mk.	i. Mk.												
Element 20	Capacität	735	750	770	790	810	825	845	865	880	890	905	925	940	950	960	960	975	995	1005	1020	1035	1050	1055	740	420	560	275	115	275	11,50										
	Entladestrom	221	214	205	197	190	184	178	173	167	162	158	154	150	146	144	143	139	137	134	131	129	127	126																	
Element 21	Capacität	780	795	820	840	860	875	895	920	935	945	965	980	995	1005	1020	1020	1035	1055	1070	1080	1100	1110	1120	780	420	560	290	120	292	12,25										
	Entladestrom	234	227	218	210	202	196	189	184	178	172	168	163	159	155	153	151	148	146	142	140	137	135	134																	
Element 22	Capacität	830	840	865	890	910	930	950	970	990	1000	1020	1040	1055	1065	1080	1080	1100	1120	1130	1145	1165	1175	1190	820	420	560	310	130	308	13,00										
	Entladestrom	248	241	231	222	214	207	200	194	188	182	177	173	169	164	162	160	157	154	151	148	145	143	142																	
Element 23	Capacität	875	890	915	935	960	980	1000	1025	1045	1055	1075	1095	1110	1125	1140	1140	1160	1180	1195	1200	1230	1245	1255	860	420	560	325	135	325	13,50										
	Entladestrom	262	254	244	234	226	219	212	205	199	193	187	183	178	173	171	169	166	163	159	156	153	151	150																	
Element 24	Capacität	920	935	960	985	1010	1030	1055	1080	1100	1110	1130	1155	1170	1185	1200	1200	1220	1240	1260	1275	1295	1310	1320	900	420	560	345	140	341	14,00										
	Entladestrom	276	268	257	247	238	230	223	216	209	203	197	192	188	182	180	178	174	171	168	164	162	159	158																	
Element 25	Capacität	965	985	1010	1035	1060	1080	1110	1135	1150	1170	1190	1210	1230	1245	1260	1260	1280	1305	1320	1340	1360	1375	1385	940	420	560	360	150	358	14,50										
	Entladestrom	289	281	270	259	250	242	234	226	220	213	207	202	197	191	189	187	183	180	176	173	170	167	165																	
Element 26	Capacität	1010	1030	1060	1085	1110	1135	1160	1190	1210	1225	1245	1270	1290	1305	1320	1320	1340	1365	1385	1400	1425	1440	1450	980	420	560	380	155	374	15,00										
	Entladestrom	303	294	282	272	262	253	245	237	230	223	217	212	206	200	198	196	192	188	184	181	178	174	173																	
Element 27	Capacität	1060	1075	1105	1135	1160	1185	1215	1240	1260	1280	1305	1325	1350	1365	1380	1385	1405	1430	1450	1465	1490	1505	1520	1020	420	560	395	160	391	16,00										
	Entladestrom	317	308	295	284	274	265	256	248	240	233	227	221	216	210	207	205	201	197	193	189	186	182	181																	
Element 28	Capacität	1105	1125	1155	1180	1210	1240	1265	1295	1315	1335	1360	1385	1405	1425	1440	1445	1465	1490	1510	1530	1550	1570	1585	1060	420	560	415	170	407	16,50										
	Entladestrom	331	321	308	296	286	276	268	259	251	243	237	231	225	219	216	214	209	206	201	197	194	190	189																	
Element 29	Capacität	1150	1170	1200	1230	1265	1290	1320	1350	1370	1390	1415	1445	1465	1480	1500	1505	1525	1550	1575	1590	1620	1635	1650	1100	420	560	430	175	418	17,00										
	Entladestrom	345	335	321	309	298	288	278	270	261	254	246	241	235	228	225	223	218	214	210	206	202	198	197																	
Element 30	Capacität	1195	1215	1250	1280	1315	1340	1370	1405	1430	1445	1475	1500	1525	1540	1560	1565	1590	1615	1635	1655	1680	1700	1715	1140	420	560	445	180	429	18,00										
	Entladestrom	358	348	334	321	309	299	290	280	272	264	256	250	244	237	234	232	227	223	218	214	210	206	205																	
Element 31	Capacität	1240	1265	1300	1330	1365	1395	1425	1460	1485	1500	1530	1560	1580	1600	1620	1625	1650	1680	1700	1720	1750	1765	1780	1180	420	560	465	190	490	18,50										
	Entladestrom	372	361	347	333	321	311	301	291	282	274	266	260	254	246	243	241	236	231	226	222	218	214	213																	
Element 32	Capacität	1290	1310	1345	1380	1415	1445	1480	1510	1540	1560	1590	1615	1640	1660	1680	1685	1710	1740	1760	1785	1810	1830	1850	1220	420	560	480	195	457	19,00										
	Entladestrom	386	375	360	346	333	322	312	302	293	284	276	269	263	255	252	250	244	240	235	230	226	222	221																	
Element 33	Capacität	1335	1355	1395	1430	1465	1495	1530	1565	1590	1610	1645	1675	1700	1720	1740	1745	1770	1800	1825	1850	1875	1900	1915	1260	420	560	500	200	470	19,50										
	Entladestrom	400	388	372	358	345	334	323	313	303	294	286	279	272	264	261	259	253	249	243	238	232	230	229																	
Element 34	Capacität	1380	1405	1440	1480	1515	1550	1585	1620	1645	1670	1700	1730	1760	1780	1800	1805	1830	1865	1890	1910	1940	1965	1980	1300	420	560	515	210	487	20,00										
	Entladestrom	414	402	386	370	357	346	334	324	314	304	296	289	282	274	270	268	262	257	251	247	241	238	237																	
Element 35	Capacität	1425	1450	1490	1530	1565	1600	1635	1675	1700	1725	1760	1790	1815	1849	1860	1865	1890	1925	1950	1975	2005	2030	2045	1340	420	560	535	215	500	20,50										
	Entladestrom	427	415	398	383	369	357	345	334	324	314	306	298	291	283	279	276	270	266	260	255	250	246	244																	
Element 36	Capacität	1470	1500	1540	1580	1620	1650	1690	1730	1755	1780	1815	1850	1875	1900	1920	1925	1955	1990	2015	2040	2070	2095	2110	1380	420	560	550	220	516	21,00										
	Entladestrom	441	428	411	395	381	368	357	345	335	325	316	308	300	292	283	285	279	274	268	263	259	254	252																	
Element 37	Capacität	1520	1545	1590	1625	1670	1705	1740	1780	1810	1835	1870	1905	1935	1955	1980	1985	2015	2050	2075	2105	2135	2160	2180	1420	420	560	570	230	532	21,50										
	Entladestrom	455	442	423	407	393	380	368	356	345	335	325	318	310	301	297	294	288	283	277	271	267	262	260																	
Element 38	Capacität	1565	1590	1635	1675	1720	1755	1795	1835	1865	1890	1930	1960	1990	2015	2040	2045	2075	2115	2140	2165	2200	2225	2245	1460	420	560	585	235	548	22,00										
	Entladestrom	469	455	437	420	405	392	379	367	356	345	335	327	319	310	306	303	297	292	285	280	275	270	268																	
Element 39	Capacität	1610	1640	1685	1725	1770	1805	1850	1890	1920	1950	1985	2020	2050	2080	2100	2105	2140	2175	2205	2230	2265	2290	2310	1500	420	560	605	240	564	22,50										
	Entladestrom	483	468	450	432	417	403	390	378	366	355	345	337	328	319	315	312	306	300	292	288	283	278	276																	

NB. No. 20—39 in mit

Blei ausgeschlagenen Holzkästen.

Akkumulatoren-Aktien-Gesellschaft Hagen i. W.

Einfach-Zellenschalter

von Hand verstellbar.

Zellen	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
Amp.																				
30 M.	26	28	30	38	42	46	50	68	72	76	80	98	102	106	110	138	142	146	150	
50 "	45	48	50	75	80	85	90	115	120	125	130	155	160	165	170	205	210	215	220	
100 "	64	67	70	122	128	134	140	162	168	174	180	222	228	234	240	282	288	294	300	
150 "	92	96	100	176	184	192	200	226	234	242	250	296	304	312	320	376	384	392	400	
225 "	120	125	130	230	240	250	260	290	300	310	320	370	380	390	400	470	480	490	500	
300 "	170	175	180	300	310	320	330	370	380	390	400	450	460	470	480	570	580	590	600	
400 "	218	224	230	364	376	388	400	444	456	468	480	544	556	568	580	684	696	708	720	
500 "	265	273	280	435	450	465	480	525	540	555	570	635	650	665	680	805	820	835	850	
600 "	314	322	330	522	538	554	570	632	648	664	680	752	768	784	800	932	948	964	980	
800 "	400	410	420	620	640	660	680	730	750	770	790	870	890	910	930	1070	1090	1110	1130	
1000 "	500	510	520	730	750	770	790	850	870	890	910	1010	1030	1050	1070	1220	1240	1260	1280	
1200 "	596	608	620	828	852	876	900	958	982	1006	1030	1148	1172	1196	1220	1368	1392	1416	1440	
1400 "	706	718	730	938	962	986	1010	1098	1122	1146	1170	1298	1322	1346	1370	1526	1550	1574	1600	
1600 "	800	815	830	1040	1070	1100	1130	1220	1250	1280	1310	1430	1460	1490	1520	1670	1700	1730	1760	
1800 "	900	920	940	1140	1180	1220	1260	1330	1370	1410	1450	1560	1600	1640	1680	1810	1850	1890	1930	
2000 "	1010	1035	1060	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1700	1750	1800	1850	1950	2000	2050	2100	

Doppel-Zellenschalter

von Hand verstellbar.

Zellen	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
Amp.																				
30 Mk.	66	68	70	104	106	108	110	164	166	168	170	294	296	298	300	394	396	398	400	
50 "	132	136	140	218	222	226	230	318	322	326	330	388	392	396	400	488	492	496	500	
100 "	200	205	210	335	340	345	350	415	420	425	430	485	490	495	500	585	590	595	600	
150 "	278	284	290	432	438	444	450	516	524	532	540	596	604	612	620	826	834	842	850	
225 "	360	365	370	530	540	550	560	620	630	640	650	820	830	840	850	970	980	990	1000	
300 "	440	445	450	650	660	670	680	820	830	840	850	970	980	990	1000	1130	1140	1150	1160	
400 "	528	534	540	784	796	807	820	964	976	988	1000	1124	1136	1148	1160	1294	1306	1318	1330	
500 "	624	632	640	915	930	945	960	1105	1120	1135	1150	1275	1290	1305	1320	1465	1480	1495	1510	
600 "	734	742	750	1052	1068	1084	1100	1252	1268	1084	1300	1442	1458	1474	1490	1652	1668	1684	1700	
800 "	820	835	850	1240	1260	1280	1300	1440	1460	1480	1500	1640	1660	1680	1700	1890	1910	1930	1950	
1000 "	1010	1030	1050	1410	1440	1470	1500	1610	1640	1670	1700	1860	1890	1920	1950	2160	2190	2220	2250	
1200 "	1140	1170	1200	1580	1620	1660	1700	1830	1870	1910	1950	2130	2170	2210	2250	2430	2470	2510	2550	
1400 "	1320	1360	1400	1775	1825	1875	1925	2050	2100	2150	2200	2400	2450	2500	2550	2750	2800	2850	2900	
1600 "	1500	1550	1600	1970	2030	2090	2150	2270	2330	2390	2450	2670	2730	2790	2850	3120	3180	3240	3300	
1800 "	1680	1740	1800	2160	2240	2320	2400	2510	2590	2670	2750	2960	3040	3120	3200	3460	3540	3620	3700	
2000 "	1840	1920	2000	2350	2450	2550	2650	2800	2900	3000	3100	3300	3400	3500	3600	3800	3900	4000	4100	

Selbstthätige Einfach-Zellenschalter.

(Einfach-Selbstzellenschalter.)

Zellen	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Amp.																
50 M.	585	590	595	600	685	690	695	700	835	840	845	850	985	990	995	1000
100 „	682	688	694	700	782	788	794	800	932	938	944	950	1182	1188	1194	1200
150 „	776	784	792	800	876	884	892	900	1126	1134	1142	1150	1326	1334	1342	1350
225 „	870	880	890	900	1070	1080	1090	1100	1270	1280	1290	1300	1470	1480	1490	1500
300 „	1070	1080	1090	1100	1220	1230	1240	1250	1420	1430	1440	1450	1670	1680	1690	1700
400 „	1214	1226	1238	1250	1364	1376	1388	1400	1564	1576	1588	1600	1864	1876	1888	1900
500 „	1355	1370	1385	1400	1505	1520	1535	1550	1705	1720	1735	1750	2055	2070	2085	2100
600 „	1502	1518	1534	1550	1652	1668	1684	1700	1952	1968	1984	2000	2302	2318	2334	2350
800 „	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2240	2260	2280	2300	2690	2710	2730	2750
1000 „	1990	2010	2030	2050	2190	2210	2230	2250	2540	2560	2580	2600	3090	3110	3130	3150
1200 „	2225	2250	2275	2300	2475	2500	2525	2550	2925	2950	2975	3000	3475	3500	3525	3550
1400 „	2510	2540	2570	2500	2810	2840	2870	2900	3310	3340	3370	3400	3910	3940	3970	4000
1600 „	2845	2880	2915	2950	3195	3230	3265	3300	3695	3730	3765	3800	4345	4380	4415	4450
1800 „	3180	3220	3260	3300	3580	3620	3660	3700	4130	4170	4210	4250	4780	4820	4860	4900
2000 „	3550	3600	3650	3700	4000	4050	4100	4150	4550	4600	4650	4700	5250	5300	5350	5400

Selbstthätige Doppel-Zellenschalter.

(Doppel-Selbstzellenschalter.)

Zellen	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Amp.																
50 M.	785	790	795	800	985	990	995	1000	1185	1190	1195	1200	1435	1440	1445	1450
100 „	932	938	944	950	1132	1138	1144	1150	1332	1338	1344	1350	1782	1788	1794	1800
150 „	1076	1084	1092	1100	1276	1284	1292	1300	1676	1684	1692	1700	1976	1984	1992	2000
225 „	1245	1255	1265	1275	1570	1580	1590	1600	1870	1880	1890	1900	2170	2180	2190	2200
300 „	1420	1430	1440	1450	1770	1780	1790	1800	2070	2080	2090	2100	2370	2380	2390	2400
400 „	1664	1676	1688	1700	1964	1976	1988	2000	2264	2276	2288	2300	2639	2651	2663	2675
500 „	1855	1870	1885	1900	2155	2170	2185	2200	2505	2520	2535	2550	2830	2845	2860	2875
600 „	2052	2068	2084	2100	2427	2443	2459	2475	2752	2768	2784	2800	3102	3118	3134	3150
800 „	2340	2360	2380	2400	2740	2760	2780	2800	3140	3160	3180	3200	3540	3560	3580	3600
1000 „	2660	2690	2720	2750	3110	3140	3170	3200	3510	3540	3570	3600	4060	4090	4120	4150
1200 „	2980	3020	3060	3100	3480	3520	3560	3600	3880	3920	3960	4000	4530	4570	4610	4650
1400 „	3350	3400	3450	3500	3850	3900	3950	4000	4300	4350	4400	4450	5000	5050	5100	5150
1600 „	3770	3800	3890	3950	4270	4330	4390	4450	4870	4930	4990	5050	5520	5580	5640	5700
1800 „	4160	4240	4320	4400	4710	4790	4870	4950	5360	5440	5520	5600	6060	6140	6220	6300
2000 „	4600	4700	4800	4900	5200	5300	5400	5500	5900	6000	6100	6200	6700	6800	6900	7000

In den Preis sind eingeschlossen die zur Zuführung des elektrischen Bewegungsstromes erforderlichen Zwischenapparate, bestehend in 1 Relais und 1 Doppel-Quecksilber-Umschalter.

Die oberhalb der starken Linie aufgeführten Zellenschalter werden fertig in einem Gehäuse auf ein Brett montirt geliefert; der Preis ist einschliesslich dieser Anrüstungsstücke.

Die unterhalb der starken Linie angegebenen Zellenschalter müssen am Aufstellungsplatze auf eine in den Preis nicht eingeschlossene, freistehende Schaltwand montirt werden, und kommt für diese Zellenschalter ein Zuschlag für Montage, sowie der Preis für die Fahrkarte (3. Kl. in Deutschland, 2. Kl. im Auslande) und Entschädigung für die Fahrzeit in Anrechnung. Die Fahrzeit berechnen wir in Deutschland mit Mk. 12.— und im Auslande mit Mk. 18.— für den Tag (10 Stunden).

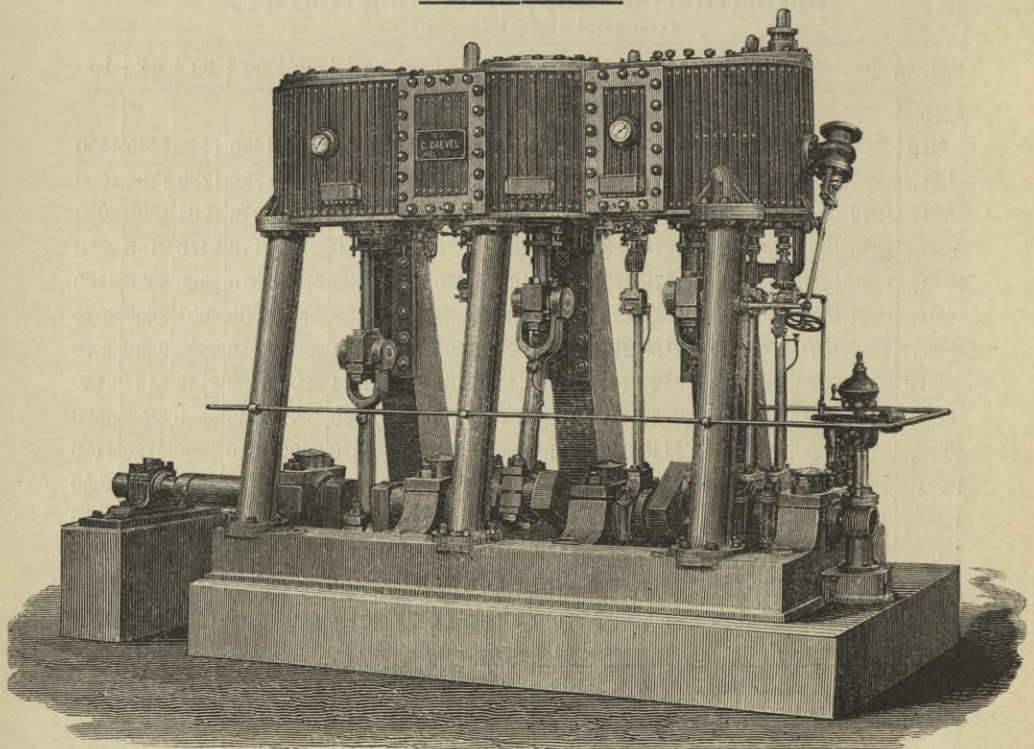
C. Daewel, Kiel.

Eincylindrige Maschinen.

Nummer der Maschine		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Cylinderdurchmesser in	mm	80	110	90	120	120	150	160	180	200	200	230	230	260	260	300	300	330		
Kolbenhub in	mm	45	45	60	80	100	120	150	150	150	180	180	200	200	250	250	300	300		
Umdrehungen pro Minute		1350	1350	1000	750	600	500	400	400	400	340	340	300	300	240	240	200	200		
Leistungen in effektiven Pferde- stärken bei einer Spannung im	Cylinder von	Atm. Ueberdr.	6	2,5	5	3,2	5,5	6,5	7	8	11	14	14	19	19	25	25	34	34	43
			5	2	4	2,7	4,4	5,5	6	7	10	12	12	16	16	22	22	30	30	38
			3	1,5	3	2	3,3	4	5	6	9	11	11	14	14	19	19	26	26	34
Preis in	Mk.	975	825	850	975	1100	1600	1800	1975	2125	2300	2475	2675	2875	3450	4150	4950	5350		

Bei Nr. 1—9 ist die Maximalleistung angegeben. Nr. 10—17 erhalten Expansionsschieber; die angegebene Leistung gilt für ökonomische Füllung und beträgt die Maximalleistung bei 4 Atm. ca. 20%, bei 5 Atm. ca. 33% und bei 6 Atm. ca. 50% mehr. Nr. 10—17 erhalten Expansionsschieber und zwar sind No. 14—17 mit von Hand verstellbarer Expansion versehen; werden die Maschinen Nr. 6—9 ebenfalls mit Expansionsschieber gewünscht, so tritt eine Preiserhöhung von 7½% ein. Nr. 1 und 2 erhalten keinen Regulator, Nr. 3—6 erhalten Tangye-Regulatoren, Nr. 7—17 Vierpendelregulatoren; sollen die letzteren mit Proell'schen Patent-Regulatoren versehen sein, so tritt ein Preisaufschlag ein.

Die Maschinen Nr. 1—8 sind für die direkte Kuppelung mit den Dynamo's eingerichtet, können jedoch auch für Riemenantrieb eingerichtet werden. Nr. 9—17 erhalten je ein abgedrehtes Riemenscheibenschwungrad. Die meisten Maschinen sind so stark konstruiert, dass sie mit einer Dampfspannung bis zu 10 Atm. arbeiten können.



Hochdruck-Compoundmaschine (s. S. 139).

Hochdruck-Compoundmaschinen.

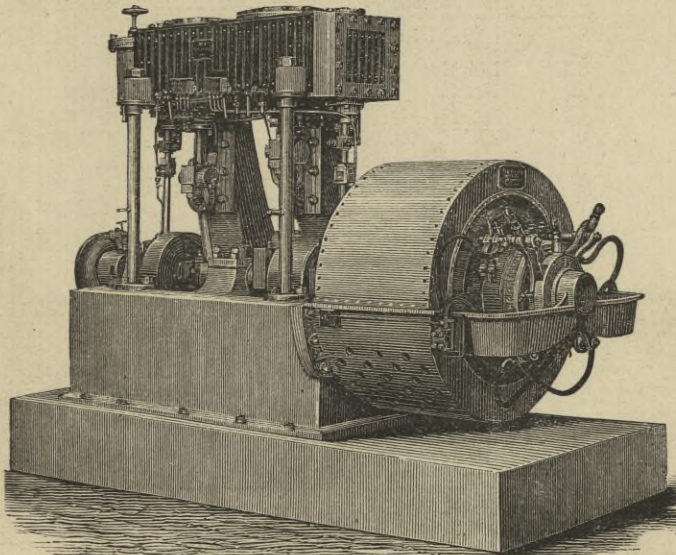
Nummer der Maschine	1 b	2 b	3 b	4 b	5 b	6 b	7 b	8 b	9 b	10 b	11 b	12 b	13 b	14 b	15 b	16 b	17 b	18 b	19 b	20 b	21 b		
Durchm. des kleinen Cylinders in mm	100	100	120	120	140	140	160	160	180	180	200	200	230	260	260	300	300	330	330	370	370		
Durchm. des grossen Cylinders in mm	170	170	200	200	230	230	260	260	290	290	330	330	370	420	420	470	470	530	530	600	600		
Kolbenhub	80	100	100	120	120	140	140	160	160	180	180	200	200	200	250	250	300	300	350	350	400		
Umdrehung. pro Minute	750	600	600	500	500	430	430	380	380	340	340	300	300	300	240	240	200	200	170	170	150		
Leistung in effektiven Pferdestärk. bei einer Spannung im kl. Cylinder von	Atm. Ueberdruck	8	9	9	13	13	18	18	24	24	29	29	41	41	48	61	61	78	78	99	99	130	130
		7	7,5	7,5	11	11	16	16	21	21	26	26	35	35	40	52	52	66	66	84	84	110	110
		6	6	6	9	9	13	13	17	17	22	22	29	29	32	42	42	54	54	68	68	90	90
Preis in M	2000	2175	2325	2675	2750	2875	2950	3200	3350	3800	4675	5150	5750	6400	5900	6700	7850	9200	10400	11600	12850		

Bei Nr. 1b—12b ist die Maximalleistung angegeben. Nr. 13b—21b erhalten Expansionschieber und ist die Maximalleistung ca. 25% höher.

Nr. 15b—21b erhalten von Hand verstellbare Expansion am kleinen Cylinder.

Nr. 1b—14b sind für direkte Kupplung mit Dynamo's eingerichtet und erhalten zu diesem Zweck eine erhöhte Grundplatte, verlängerte und verstärkte Kurbelwelle zur Aufnahme des Dynamo-Ringes. Nr. 15b—21b erhalten abgedrehte Riemenscheibenschwungräder und sind mit Vierpendelregulatoren versehen. Nr. 1b—14b erhalten Proell'sche Patentregulatoren.

Die meisten Maschinen sind so stark konstruirt, dass sie mit einer Dampfspannung bis zu 10 Atm. arbeiten können.



Zwillingsmaschine mit gekuppelter Dynamo (s. S. 140).

Zwillingsmaschinen.

Nummer der Maschine		1 a	2 a	3 a	4 a	Bemerkungen.
Cylinderdurchmesser in mm		300	240	260	280	Sämtliche Zwillingsmaschinen erhalten Expansionsschieber; die angegebene Leistung gilt für ökonomische Füllung; die Maximalleistung beträgt bei 4 Atm. ca. 20%, bei 5 Atm. ca. 33%, bei 6 Atm. ca. 50% mehr. Sämtliche Maschinen erhalten Vierpendelregulatoren.
Kolbenhub in mm		120	150	200	250	
Umdrehungen pro Minute		450	400	300	240	
Leistung in effectiv. Pferdestärken bei einer Spannung in den Cylindern von	{ 6 4 5 6 Atm. Ueber- druck	—	42	50	59	
		—	36	44	52	
		25	—	—	—	
Preis in	ℳ	3200	3500	4450	7600	



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



7764

L. inw.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299568