

Arthur Wilke

Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Indus- trie und Gewerbe



Das
Buch der Erfindungen, Gewerbe
und
Industrien.

IX.

~~~~~  
Achte neugestaltete Auflage.  
~~~~~


Ergänzungsband

311

Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien.

Rundschau auf allen Gebieten der gewerblichen Arbeit.

In Verbindung mit

Konsul W. Annetke, Privatdozent Dr. G. Bannert, Fabrikant G. W. F. Berg, Ingen. Schwarz-Flemming, Hofbuchbinder Gustav Fritzsche, Prof. G. Gayer, Direktor H. Haedicke, Regierungsbaumeister W. Hartmann, Dr. Fr. Heinke, Dr. G. Hepppe, Redakteur A. Hirschberg, A. von Ihering, Professor Dr. A. Kirchhoff, Oberlehrer G. Krause, Carl Lork, Fr. Luckenbacher, Prof. A. Lüdicke, Baurath Dr. Oskar Mothes, Postrath A. Mülich, Prof. Dr. H. Mülsche, Dr. K. Perseke, Generalsekretär Dr. H. Rentzsch, Emil Schallopp, Herm. Schnauff, Major J. Schott, Ingen. Th. Schwarze, Dr. G. Seelhorst, Redakteur Dr. Franz Stolze, A. Werner, Mr. Wilke, Ingenieur Arthur Wilke, Professor Dr. Moritz Willkomm, Jul. Böllner u. a.

herausgegeben von

Professor J. Reuleaux.

Achte umgearbeitete und stark vermehrte Auflage.

Mit vielen Ton- und Titelfildern, nebst mehreren Tausend Text-Illustrationen.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1893

Die Elektrizität,

ihre Erzeugung und ihre Anwendung
in Industrie und Gewerbe.

Allgemein verständlich dargestellt

von

Arthur Wilke,

Ingenieur für Elektrotechnik.



Mit 11 Tafeln und 775 Text-Illustrationen.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1893

ISBN 978-3-662-24171-4 ISBN 978-3-662-26284-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26284-9

.....
Verfasser und Verleger behalten sich das ausschließliche Recht der Übersetzung vor.
.....

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1893

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung. Die Bedeutung der Elektrizität für die Technik. Die Entwicklung der Anwendung der Elektrizität. Das magnetische Feld und die Kraftlinien. Stromstärke, Spannung, Widerstand; elektrische Maßeinheiten	1
I. Die Technik der Erzeugung und Anwendung des elektrischen Stromes.	
Die Erzeugung des elektrischen Stromes.	
Die galvanischen Elemente. Vorbemerkung. Die ältesten Vorrichtungen zur Erzeugung des Stromes. Die konstanten Elemente. Das Daniell-Element und seine Abänderungen. Das Smee-Element. Das Grove-Element. Das Bunsen-Element. Das Chromsäure-Element. Elemente für schwache Ströme. Das Meidinger-Element. Das Callaud-Element. Das Leclanché-Element und seine Abänderungen. Chlor Silber-Elemente. Trockenelemente. Das Zamboni-Element. Gasbatterien. Thermosäulen. Lichtelemente. Schaltung der Batterien	16
Die Dynamomaschine. Die magnetelektrische Maschine. Das dynamoelektrische Prinzip. Die erste Dynamomaschine. Der Pacinotti-Gramme-Ring. Der Eisenkern des Ankers. Die Grammesche Dynamomaschine. Der Trommelanker. Die neueren Dynamomaschinen. Kommutator-Maschinen. Die Wechselstrommaschinen. Die älteren Wechselstrommaschinen. Die neueren Wechselstrommaschinen. Die Schaltung der Dynamomaschine	39
Die sekundären Stromerzeuger. Die Transformatoren. Einleitung. Die Umwandlung der Spannung. Der Zweck solcher Umwandlungen. Die Entwicklung der Transformatoren. Der Sekundärgenerator von Gaulard & Gibbs. Der Transformator von Ganz & Co. Verschiedene Transformatorentypen. Die Anordnung und Aufstellung der Transformatoren. Gleichstromtransformatoren. — Die Akkumulatoren. Die Aufspeicherung elektrischer Energie. Die Entwicklung der Akkumulatoren. Der Bleiakкумуляtor von Planté. Der Faure-Akkumulator. Der Akkumulator der „Electrical Power Storage Co.“ Die Vorgänge im Akkumulator. Der de Rhodinsky-Akkumulator. Der Tudor-Akkumulator. Ladung und Entladung der Akkumulatoren	86
Die Leitungen. Die Fortleitung der elektrischen Energie. Die Isolation. Die nackten Leitungen. Die Isolatoren. Die Leitung. Die Verbindungen. Die Leitungsträger. Der Leitungsbau. Die unterirdischen Zuführungen. Die umkleideten Leitungen. Der Zweck und Arten der Umkleidung. Die Umspinnung der Drähte. Die Guttapercha- und Kautschuk-Hüllen. Bleikabel. Die Schutzhüllen	116
Das elektrische Licht. Die Wärmewirkung des elektrischen Stromes. Das Bogenlicht. Der Lichtbogen. Die älteren Regulatoren für elektrisches Licht. Teilung des elektrischen Lichtes. Die elektrischen Kerzen. Die Kontaktglühlampen. Die Differentiallampen. Die Differentiallampen mit Kuppelung. Die Differentiallampen ohne Kuppelung. Bogenlampen mit einseitiger Bewegung. Bogenlampen für Parallelschaltung. Die Schutzgehäuse der Bogenlampen. Aufhängung und Anbringung der Bogenlampen. Die Fabrikation der Beleuchtungskohle. Die Glühlampe. Entwicklungsgeschichte der Glühlampe. Die Herstellung des Kohlenfadens. Die Befestigung des Fadens. Die Glasbirne. Die Entleerung der Lampe. Das Fertigmachen der Lampe. Die Glühlampenfassung. Glühlampenträger. Schalen und Schirme. Ökonomie und Lebensdauer der Glühlampe.	185

Die elektrischen Beleuchtungsanlagen. A. Einzelanlagen. Die Stromerzeugungsstätte. Die motorische Anlage. Die Dynamomaschinenanlage. Die Reguliervorrichtungen. Die Leitungsanlage. Die Schaltung in den Leitungsanlagen. Die Leitungen und ihre Verlegung. Die Schaltvorrichtungen. Die Sicherungen. Die Strom- und Spannungsmesser. Blitzschutzvorrichtungen. Wahl und Verteilung der Lampen. Die Montage. Der Betrieb der Einzelanlagen. — B. Die Elektrizitätswerke. Die Leitungen der Elektrizitätswerke. Amerikanische Elektrizitätswerke. Die Berliner Elektrizitätswerke. Die Entwicklung des Unternehmens. Die Maschinenanlage. Der Betrieb. Das Leitungsgesetz. Die Elektrizitätszähler. Elektrizitätswerke mit Akkumulatorenbetrieb. Elektrizitätswerke mit Wechselstrombetrieb. — C. Beleuchtungseinrichtungen für besondere Zwecke. Die Beleuchtung von Theatern. Das elektrische Licht auf Schiffen. Die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnzügen. Elektrische Wagenbeleuchtung. Fahrbare Beleuchtungsanlagen. Die leuchtenden Springbrunnen. Verschiedene Anwendungen des elektrischen Lichtes	182
Die technischen Anwendungen der Wärmewirkungen des Stromes. Elektrische Heizung. Anwendung der Glühwirkung des Stromes. Elektrische Minenzündung. Elektrische Lötlung und Schweißung. Schmelzen mittels des Stromes	270
Die elektrischen Motoren und ihre Anwendung. Die Erzeugung mechanischer aus elektrischer Energie. Die Konstruktion der elektrischen Motoren. Wechselstrommotoren. Wechselstrommotoren mit umlaufendem Magnetfeld. Die Regulierung der elektrischen Motoren. Die Vorzüge des elektrischen Motors. Anwendung des elektrischen Motors. Der elektrische Betrieb von Fahrzeugen. Elektrische Motoren im Eisenbahnbetrieb. Die elektrische Kraftübertragung	285
Die Galvanotechnik. Galvanische Metallüberzüge (Galvanostegie). Das Bad und die Elektroden. Die Stromerzeugung für den galvanotechnischen Betrieb. Die Leitungen. Die Regulierung des Stromes. Die Wannen für die Bäder. Die Zubereitung der Ware für das Bad. Herstellung und Behandlung der Bäder. Vernickelung. Versilberung. Vergoldung. Verplatinierung. Verzinkung. Verzinnung. Verbleiung. Verkupferung. Vermessung. Cuivre poli. Vereisung. Verschiedene Anwendungen. — Galvanoplastik. Kupfergalvanoplastik. Die Herstellung von Galvanos. Die Abformung plastischer Gebilde. Verschiedene Anwendungen der Galvanoplastik	359
Weitere Anwendungen der chemischen Wirkung des Stromes. Einleitung. Elektrolytische Metallgewinnung und Reinigung. Die Magnesiumgewinnung. Die Aluminiumgewinnung. Elektrisches Bleichverfahren. Die elektrische Reinigung von Abwässern. Verschiedene Anwendungen des Stromes zur Erzeugung chemischer Produkte	377
Die Telegraphie. Einleitung. Begriff und Wesen der Telegraphie. Die Anfänge der Fernbrüstelegraphie. Die Telegraphenapparate. Die Nadeltelegraphen. Die Zeiger-telegraphen. Steinheils Telegraph. Der Morse-Apparat. Das Relais. Der Klopfer. Die Drucktelegraphen. Die Kopiertelegraphen. Die Untersee-telegraphie. Die Unterseeleitungen. Die transatlantische Verbindung. Die Apparate der Unterseeklinien. Schreibtelegraph für Unterseekabel. Die Verlegung der Seekabel. Die Messung der Kabel. Telegraphische Verbindung mit fahrenden Zügen. Die Schaltung der Telegraphenapparate. Die Mehrfachtelegraphie	398
Die Haus-telegraphie. Einleitung. Der Stromerzeuger für die Haus-telegraphie. Die elektrische Klingel. Die Stromschlußvorrichtungen. Die Anzeigevorrichtungen. Das Relais. Die Leitungsanlage. Die Schaltungen der Haus-telegraphenanlagen	472
Verschiedene telegraphische Einrichtungen. Eisenbahn-telegraphie. Die durchlaufenden Liniensignale. Die Distanzsignale. Die Zugdeckungs-signale. Kontrollapparate für Zuggeschwindigkeiten. Die Feuerwehrtelographen. Elektrische Wärmemelder. Die Zeittelegraphie. Elektrische Zeigerwerke. Elektrische Stundensteller. Elektrische Regulierung von Uhren. Optische Zeitsignale. Die Chronographen. Elektrische Wächterkontrollapparate. Der Abstimmungs-telegraph	493
Die Telephonie. Einleitung. Die Erfindung des Telephons. Das Prinzip des Telephons. Verschiedene Telephonkonstruktionen. Das Telephon als Sender und Empfänger. Das Mikrophon. Die induktive Übertragung von Stromwellen. Die Schaltung der Telephonapparate und die Schaltungsvorrichtungen. Verschiedene Fernsprechanparate. Die Umschaltvorrichtungen. Zentralfernsprechanlagen. Die Überlandverbindungen. Verschiedene Anwendungen des Telephons und Mikrophons. Der Phonograph. Das elektrische Fernsehen	522
Die Anwendung des elektrischen Stromes in der Heilkunde. Einleitung. Die physiologische Wirkung des Stromes. Die Anwendung der physiologischen Wirkung. Die Galvanokausitik.	

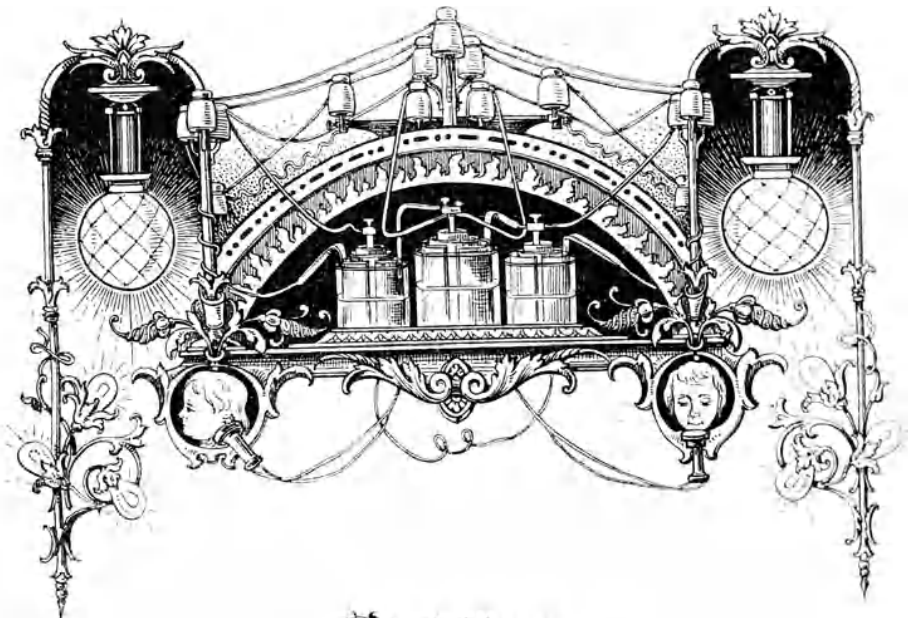
Anwendung der Elektrolyse in der Medizin. Elektrische Beleuchtung für medizinische Zwecke. Medizinische Anwendungen des Telephons und Mikrophons	Seite 580
Die Elektrizität in der Landwirtschaft	589

II. Die Elektrotechnik in ihren weiteren Beziehungen.

Die Kunst in der Elektrotechnik. Einleitung. Die Elektrizität in der Kunst. Die Kunst in der Elektrotechnik. Beleuchtungskörper für Glühlicht. Der Wandarm. Die Kronleuchter. Die kleineren Hängeträger. Die Standträger. Glühlampenschalen; Lichtschirme; Glocken. Die Bogenlampenträger. Elektrische Zierglocken	594
Die elektrotechnische Industrie. Überblick über die Entwicklung der elektrotechnischen Industrie. Deutschland. England. Die übrigen europäischen Länder. Die Vereinigten Staaten	614
Ein Ausblick auf die Zukunft. Die elektrische Bewirtschaftung der Energiequellen. Die großen elektrischen Probleme	629

Tafeln:

	Zu Seite
I. Dampflichtmaschine (Wechselstrom) von Ganz & Co.	74
II. Elektrische Beleuchtungsanlage in einem Hause	192
III. Die neuen Dampfmaschinen der „Berliner Elektrizitätswerke“	216
IV. Das Elektrizitätswerk „Markgrafenstraße“. Grundriß und Anriß	226
V. Die Entwicklung des Beleuchtungsgebietes der „Berliner Elektrizitätswerke“	232
VI. Leitungsnetz des „Wiener Elektrizitätswerkes“	} 240
Leitungsnetz des „Amsterdamer Elektrizitätswerkes“	
VII. Grundriß des Elektrizitätswerkes „Rom“	248
VIII. Elektrische Stadtbahn Berlin. Projekt von Siemens & Halske	386
IX. Personenwagen für die projektierte elektrische Eisenbahn Budapest-Wien	340
X. Verschiedene Kabelkonstruktionen	436
XI. Eine Hälfte des Vermittlungsamtes I. der Berliner Fernsprechanlage	554



Einleitung.

Die Bedeutung der Elektrizität für die Technik. Die Entwicklung der Anwendung der Elektrizität. Das magnetische Feld und die Kraftlinien. Stromstärke, Spannung, Widerstand; elektrische Maßeinheiten.



Wenn wir aus der Jetztzeit rückwärts schauend die Reihe der Jahrhunderte bis in das Dunkel sagenhafter Vorzeit und die Entwicklung der menschlichen Kultur überblicken, so fällt uns auf, wie das Gangmaß dieser Entwicklung mit dem Eintritt unsres Jahrhunderts beschleunigt wird, so daß das Jahr 1800 als ein Wendepunkt der Geschichte, als der Abschluß eines alten Jahrtausends erscheint. Nicht sind es ungeheure Kriege oder gewaltige Umgestaltungen in den staatlichen Verbänden der Menschen oder neue große sittliche Ideen, welche die in alle menschlichen Verhältnisse eingreifenden Veränderungen der Gegenwart bedingen, sondern es ist der sich immer weiter entfaltende Kampf der Menschen gegen die Naturkräfte und die fortschreitende Unterwerfung dieser Tyrannen unter den menschlichen Willen. Eine ununterbrochene, immer dichter werdende Reihe von Siegen vermehrt die Macht und den Besitz der Menschheit von Jahr zu Jahr und gibt ihr neue und stets wirksamere Waffen für den Kampf in die Hand.

Aber eben diese wachsende Fülle unsrer Kampfmittel hat zur Folge, daß sich dieselben, überholt durch bessere, rasch entwerteten. Das auffallendste Beispiel hierfür bietet sich uns im Dampf.

Es ist noch nicht lange her, da nannte man unsre Zeit „das Jahrhundert des Dampfes“, und mit Recht, denn in erster Reihe hat ja die Dampfmaschine die modernen Erwerbs- und Verkehrsverhältnisse gestaltet. Kaum ist aber Sklave „Dampf“ zu voller Kraft herangewachsen, da tritt eine junge Riesin in den Dienst der Menschheit, die dem Anschein nach mit Bruder Dampf einträchtig zusammen für ihre Herren arbeiten will, in Wirklichkeit aber darauf ausgeht, ihn ganz zu verdrängen. Das ist die Elektrizität. Jahrzehntelang im Wachstum zurückgeblieben, begann sie sich plötzlich vor etwa 25 Jahren zu entwickeln, und in dieser kurzen Zeit ist sie schon so weit herangewachsen, daß sie die Technik umzugestalten beginnt. Man sieht es ihr nicht mehr an, daß sie ihre langen

Kindersjahre in den Laboratorien zugebracht hat und stille Gelehrte ihre ersten Schritte geleitet haben. Aber gerade diese einftige Verborgenheit und die jetzigen Erfolge fesseln das Interesse aller Gebildeten, weil der beispiellos rasche Siegeslauf auch den Unkundigen von ihr noch größere Thaten in der Zukunft erwarten läßt.

Und so ist es gekommen, daß der arme Dampf schon heute in der Meinung der Menge entthront und ihm die Würde aberkannt worden ist, daß das Jahrhundert nach ihm benannt werde. Nicht mehr das „Jahrhundert des Dampfes“, nein, das „Zeitalter der Elektrizität“ will die Jetztzeit genannt sein. Das ist nicht dankbar, aber erklärlich.

Wir werden nämlich sehen, daß die Elektrizität eine Anzahl glänzender Eigenschaften in sich vereinigt, gegen welche diejenigen des Dampfes, der im Grunde genommen nur kräftig schieben kann, weit zurücktreten. In erster Reihe ist es die sehr viel größere Unabhängigkeit der Elektrizität von ihrer Erzeugungsstätte, vermöge der sie, weit von der letzteren entfernt, ihre Arbeit zu verrichten vermag, während der Dampf sich nur wenig weit von seinem Kessel fortwagen kann und selbst für diesen beschränkten Fall einen mühsam hergestellten Weg verlangt, die Elektrizität aber blitzschnell durch den dünnen Draht über Höhen und Tiefen und Krümmungen läuft und, sich mit Leichtigkeit verteilend, an vielen Stellen zugleich ihres Amtes waltet. Doch dies ist der kleinere Vorzug; vor allem ist es die Universalität der Leistungen, welche die Elektrizität auszeichnet. Brauchen wir Licht? Die Elektrizität spendet es uns und besser als jedes andre Agens. Verlangen wir bewegende Kraft, nun, dort steht der elektrische Motor, ein Zwerg an Gestalt gegen die gleich kräftige Dampfmaschine. Wir frieren; derselbe Draht, der uns schon eben half, gibt uns auch Wärme, ein bißchen zu teuer zwar für die heutigen Verhältnisse, allein mit der Zeit wird sich dies schon ändern. Und so könnten wir fortfahren und aufzählen, was alles die Elektrizität jetzt oder dereinst zu leisten vermag, aber wir fassen es lieber kurz zusammen und sagen: In der Elektrizität besitzen wir jede benötigte Energieform: bewegende Kraft, Licht, Wärme u. s. w. in der bequemsten und intensivsten Form, und damit haben wir ihren Wert bestimmt, welcher mit dem Augenblicke allseits anerkannt werden wird, sobald die noch entgegenstehenden Schwierigkeiten einer billigen Erzeugung des Stromes beseitigt sein werden. Dies zu zeigen, soll ein wesentlicher Zweck der nachfolgenden Kapitel sein, damit der Leser erkennen mag, wie sehr bestimmend die Anwendung der Elektrizität auf alle gewerblichen und häuslichen Verhältnisse einwirken wird.

Die Entwicklung der Anwendung der Elektrizität. Von einer Geschichte der Elektrotechnik kann man heute kaum sprechen; dazu ist sie zu jung. Aber eine Entwicklung hat sie gehabt, und eine sehr reichhaltige, und weil diese Entwicklung noch immer weiter schreitet, so mag man aus dem Vergangenen lernen, was wir von der Zukunft zu erwarten haben. Man wird daraus erkennen, daß bei der Elektrotechnik oft schon wenige Jahre Erfolge zeitigen ließen, welche man vorher kaum zu erhoffen wagte. Gerade dieses rasche Auswachsen berechtigt uns zu den schönsten Hoffnungen für die Zukunft der Elektrotechnik, Hoffnungen, die sich in erster Reihe auf die Beseitigung gewisser Unvollkommenheiten in der Erzeugung des elektrischen Stromes richten werden. Denn wenn wir in den nachfolgenden Zeilen die Entwicklung der Elektrotechnik in großen Zügen dargestellt finden, so wird uns darin eine sehr auffällige Erscheinung entgegentreten; wir werden nämlich sehen, daß die Anwendung der Elektrizität sich sehr viel rascher und weiter ausgebildet hat als die Technik ihrer Erzeugung und die letztere auch heute noch nicht die wünschenswerte Höhe erreicht hat. Das ist schlimm; denn was nützt die vollendetste Hochkunst, wenn dem Koch das Feuer im Herde fehlt, und was nützen dem Elektrotechniker die ausgebildetsten Anwendungsverfahren, wenn das Agens noch zu teuer für die Anwendung ist. Ein wenig läßt sich die heutige Elektrotechnik mit der hochberühmten Stute des Herrn Roland vergleichen, welche das schönste und schnellste Pferd der Welt war, „nur schade, die Stute war tot“. Aber ein Unterschied ist doch da, die Stute konnte nicht mehr lebendig werden, aber die Elektrotechnik erwacht mehr und mehr zum Leben, und gerade dieser Umstand berechtigt uns zu der Hoffnung, daß die Elektrizität in nicht allzu ferner Zeit ihre allbeherrschende Stellung errungen haben wird.

Die Elektrotechnik ist zur Zeit wenig über ein halbes Jahrhundert alt, ja wenn wir nur den am stärksten ausgewachsenen Teil, die Starkstromtechnik, in Rücksicht ziehen, so finden wir einen Säugling von 25 Jahren vor uns, der es sich allerdings hat angelegen sein lassen, seine Jahre tüchtig fürs Wachsen auszunutzen. Doch wir wollen die ältere Schwachstromtechnik, welche die Lehrerin der großen Schwester gewesen ist, nicht ihres Rechtes berauben und deshalb lassen wir die Elektrotechnik mit dem Geburtsjahre der Telegraphie, mit der ersten Anwendung des Stromes, beginnen und haben also diesen Zeitpunkt in das Jahr 1837 zu setzen, in welches die Erfindung der ersten praktischen Telegraphen, des von Steinheil, von Morse und von Cooke und Wheatstone fällt. Von diesen Anfängen aus hat sich die Verkehrs Telegraphie entwickelt. Was vor diesen Erfindungen liegt, gehört, wenngleich es als Vorläufer zu jenen Erfindungen geleitet hat, dem Laboratorium, der Wissenschaft, nicht aber der Technik an.

Fast gleichzeitig mit der Telegraphie, nämlich im Jahre 1838, entspringt ein zweiter Zweig der Elektrotechnik, die Galvanotechnik, die Herstellung von Metallniederschlägen mittels des Stromes, welche wir Jacobi verdanken.

Die großartigen Erfolge dieser beiden Anwendungen des elektrischen Stromes, vor allem diejenigen der Telegraphie, regten die Hoffnungen an, daß sehr bald auch andre Anwendungen der Elektrizität praktische Bedeutung erhalten würden. Solcher Anwendungen hatte man ja schon eine ganze Reihe kennen gelernt. Davy hatte bereits im Jahre 1810 gezeigt, wie man mittels des galvanischen Stromes im Flammenbogen eine Lichtquelle erhält, welche an Stärke alle andern künstlichen Lichtquellen übertrifft, und einige Jahrzehnte später konstruierte man bereits recht vollkommene Lampen, um dieses Hogenlicht in stetiger Weise zu erzeugen. Es hatten sich an diese Versuche große Erwartungen für eine Umgestaltung der Beleuchtung geknüpft, aber diese Erwartungen blieben lange Jahre hindurch unerfüllt, weil die Hilfsmittel, über welche man damals für die Erzeugung des benötigten Stromes gebot, sowohl was Betriebsicherheit und Einfachheit als auch was die Kosten betraf, unzureichend waren, und so mußte das elektrische Licht vorerst auf solche Verwendungen beschränkt werden, bei denen der glänzende Effekt die Schwierigkeiten bei der Erzeugung aufwog, z. B. in Theatern und bei gelegentlichen Illuminationen.

In gleicher Weise ist die Glühlampe, die erst Ende der siebziger Jahre eine praktische Bedeutung erlangen sollte, bereits im Jahre 1838 durch Jobard in Brüssel für die Lichterzeugung in Vorschlag gebracht worden, und sein Schüler de Changy baute 1844 die erste Glühlampe mit einem Glühkörper aus Kohle. Aber auch diese Erfindung konnte zu jener Zeit noch nicht gedeihen, weil sie in den Mängeln der damaligen Verfahren zur Stromerzeugung unüberwindliche Hindernisse für die Einführung in den allgemeinen Gebrauch fand.

Große Hoffnungen hatte man auch anfangs auf die Verwendung des elektrischen Stromes zum Betriebe von Motoren gesetzt, nachdem bereits Dal Negro im Jahre 1834 einen elektrischen Motor konstruiert und der vorhin genannte Physiker Jacobi im Jahre 1839 ein Boot auf der Nawa mit einem verbesserten derartigen Motor getrieben hatte. Ja, sogar Wagen hatte man mit Hilfe solcher Einrichtungen zu bewegen versucht und Stratingh und Becker in Groningen und Botto in Turin hatten noch vor Jacobi Anstrengungen in dieser Richtung gemacht. Aber hier wie dort zeigte sich sehr bald, daß „die Elle länger war wie der Arm“. Die Kosten standen in gar keinem Verhältnis mit den Leistungen, und alle diese Anwendungen der Elektrizität kamen zunächst in die große Kumpelkammer der Technik, aus welcher sie, wie manche andre Erfindung, erst nach Jahrzehnten hervorgezogen werden sollten.

Ähnlich erging es mit andern Erfindungen, welche neue Anwendungen der Elektrizität betrafen. Man bewunderte sie, man erkaunte über die Vielseitigkeit der Verwendung, deren sich die Elektrizität fähig zeigte, aber — bei dieser Bewunderung blieb es; die Anwendungen in den praktischen Gebrauch zu nehmen, dazu waren sie zu teuer, und die Technik arbeitet nicht in Idealismus, sondern ist gezwungen, die Zahlen im Soll und Haben sehr eingehend zu berücksichtigen.

Nun war es im Jahre 1866, als Werner von Siemens, damals noch Werner

Siemens, eine Erfindung machte, welche die Erzeugung des elektrischen Stromes nicht nur ganz bedeutend verbilligte, sondern auch die Möglichkeit bot, Ströme von bisher unerreichter Leistung zu erzielen. Diese Erfindung war die dynamoelektrische Maschine. Auch sie ist nicht, wie Pallas Athene aus dem Haupte des Zeus, fertig in die Welt hineingesprungen, sondern hat sich langsam in der sorgsamten Pflege von Gelehrten und Erfindern im Laboratorium entwickelt.

Die Dynamomaschine — so heißt man sie jetzt in bequemerer Abkürzung — ist eine Vorrichtung, welche mechanische oder Bewegungsenergie in elektrische verwandelt. Die Forschungen eines Ampère und Faraday hatten die Grundgesetze, welche die Beziehungen beider Energieformen bestimmen, kennen gelehrt, und auf Grund dieser Untersuchungen konstruierte Pixii 1832 die erste Maschine, welche mechanische Energie in elektrische verwandelt. Sie wurde von verschiedenen Elektrikern verbessert, ohne jedoch vorerst zu einer erheblichen Bedeutung als Stromerzeuger gelangen zu können. Der Grund hierfür war neben konstruktiven Mängeln insbesondere in dem Umstande zu suchen, daß man zur Erzielung der Magnetinduktion Stahlmagnete benutzte, welche eine verhältnismäßig geringe Stärke haben. Trotzdem sind auch mit Hilfe solcher Magnete Maschinen für Starkstrom gebaut worden und werden für gewisse Zwecke (elektrische Leuchtturmbeleuchtung) noch jetzt gebaut; für eine allgemeinere Verwendung waren sie aber in der Herstellung und im Betriebe zu teuer.

Nun lag der Gedanke nicht weit ab, die Stahlmagnete durch Elektromagnete zu ersetzen und diese durch eine besondere Stromquelle zu speisen. Diesen und einen weiteren Schritt that Wilde, indem er Magnetinduktionsmaschinen mit Elektromagneten herstellte, welche letztere durch einen kleineren Induktor mit Stahlmagneten gespeist wurden. Beide, die große und die kleine Induktionsmaschine, wurden durch einen Motor, eine Dampfmaschine oder ein Wasserrad getrieben, und so war man dahin gelangt, mechanische Betriebskraft durch eine maschinelle Vorrichtung in elektrischen Strom zu verwandeln.

Da trat im Jahre 1866 Werner Siemens mit einer neuen wichtigen Verbesserung auf und stieß damit in die schon stark gelockerte Mauer, welche den Siegeszug der Elektrizität hemmte, vollends Bresche. „Wozu“, sagte er, „bedürfen wir zur Erregung der induzierenden Elektromagnete einer besonderen Stromquelle, steht uns doch Strom aus der Hauptmaschine zur Verfügung. Nun gut, wir zweigen von dem Hauptstrom einen Teil ab und führen ihn um die Elektromagnete“, so daß dieselben durch die Maschine selbst erregt werden.“ Damit war ein Prinzip gewonnen, die mechanische Energie in einfacher Weise und in weitbegrenztem Maße zur billigen Erzeugung von Strömen zu verwenden. Mit diesem bedeutamen Schritt, welcher einen wesentlichen Mangel in der Erzeugung des Stromes beseitigte, war der Weg für eine mächtige Fortentwicklung der Elektrotechnik eröffnet, denn nunmehr gewannen die Anwendungen des Stromes, welche vordem wegen der hohen Kosten und der Umständlichkeit in der Elektrizitätserzeugung zu einer praktischen Bedeutung nicht zu gelangen vermochten, Wert für die Technik.

So ganz schnell ging dies nun auch nicht. Die erste dynamoelektrische Maschine von Siemens wies noch erhebliche Mängel auf und erst, nachdem ein Pariser Modelltischler, Zénobe Gramme, eine wichtige Verbesserung an dem Teile der Maschine erfunden hatte, in welcher unter Einwirkung der induzierenden Magnete die Umsetzung der bewegenden Kraft in Strom stattfindet, war die Dynamomaschine so weit vervollkommenet, um den Ansprüchen der Praxis zu genügen. Wir werden dies im späteren eingehender darlegen.

Nunmehr waren wir also so weit gekommen, daß wir stärkere Ströme unter annehmbaren Bedingungen erzeugen konnten. Mit diesem Fortschritt war die Technik der Erzeugung aber derjenigen der Anwendung zuvorgekommen, und die letztere hatte sich nun anzustrengen, um der ersteren eine angemessene Ausnutzung zu bieten; dies that sie, und es ist bemerkenswert, wie rasch und stetig sich die Anwendungstechnik entwickelt, wenn sie durch die Erzeugungstechnik nicht im Stiche gelassen wird.

In erster Reihe galt es, die elektrische Beleuchtung zu vervollkommen. Die Bogenlampen, wie man sie im Anfang der sechziger Jahre besaß, hatten den Mangel, daß nicht ihrer mehrere gleichzeitig in einem Stromkreis brennen wollten, weil die Regulierung der

einen diejenige der andern störte. So entstand denn das Problem der „Teilung des elektrischen Lichtes“, welches seiner Zeit viel genannt worden ist.

Das Problem fand in verhältnismäßig kurzer Zeit eine dreifache Lösung. Zuerst glückte es Jablochhoff, die gegenseitige Störung der einzelnen Bogenlichter dadurch zu beseitigen, daß er in seiner elektrischen Kerze jede Bewegung der beiden Kohlen ausschloß und sie in unveränderliche Entfernung voneinander brachte.

Kurze Zeit nachher wurden aber auch Bogenlampenkonstruktionen erfunden, bei denen die Bewegung in der einen ohne Einfluß auf die übrigen Lampen blieb.

Andre Erfinder betraten einen dritten Weg zur Lösung des Problems, welcher von den erstgenannten weit abwich. Sie suchten nicht das Bogenlicht für die Teilung anwendbar zu machen, sondern griffen auf eine alte, wie erwähnt, zuerst von Jobard aufgebrachte Idee zurück, welche zur Erzeugung von Licht das Glühen von stromdurchflossenen Drähten benutzen wollte. Anfänglich begegnete dieser Gedanke den stärksten Zweifeln der damaligen Elektriker, weil man eine solche Lichterzeugung nicht für rationell hielt, aber dem unermüdbaren Eifer einer Anzahl von Erfindern, deren Arbeiten durch die gestaltende Kraft Edisons zum praktischen Abschluß gebracht wurden, gelang es, das Glühlicht gebrauchsfähig zu machen, und damit war eine sehr weitgehende Teilung des elektrischen Lichtes ermöglicht worden.

Das war Ende der siebziger Jahre. Ungefähr um dieselbe Zeit hatte man aber auch schon sein Augenmerk auf die Rückverwandlung elektrischer Energie in mechanische gerichtet, da man sofort erkennen mußte, daß die hervorragende Übertragungsfähigkeit der Elektrizität auch für die Übertragung und Teilung mechanischer Energie mit Vorteil benutzt werden könne. Die Bestrebungen der Elektriker richteten sich nun darauf, diese Eigenschaft des Stromes nutzbar zu machen, und bereits im Jahre 1879 stellte Werner Siemens die erste elektrische Bahn auf, eine Erfindung, die also deutschen Ursprunges ist, aber erst von den Amerikanern großgezogen werden mußte, um Bedeutung zu gewinnen.

Die Amerikaner, die sich, wie wir sehen werden, mit erstaunlichem Eifer der Einführung der Elektrotechnik in die Praxis angenommen haben, sind es auch gewesen, welche den elektrischen Motor dem Gewerbe nutzbar gemacht haben, während er in Europa noch bis vor kurzem in den Kinderschuhen des Versuches stecken blieb.

Mit der Ausbildung der elektrischen Beleuchtung gewann dieselbe die Möglichkeit einer ausgedehnten Verwendung, und wir sehen in den letzten zwei Jahrzehnten die Anlagen dieser Art sich in Zahl und Ausdehnung immer mehr vermehren. Dies brachte neue Aufgaben für die Elektrotechniker. Waren auch Erzeugung und Umwandlung des Stromes in ihrer Ausbildung schon weit fortgeschritten, so erheischte doch die Übertragung des Stromes noch besonderer Anordnungen und Einrichtungen, teils für die richtige Verteilung, teils auch für die Sicherung. Denn der Strom ist zwar sehr gefügig, aber er benutzt auch gern und gerade wegen seiner Gefügigkeit jede Gelegenheit, um über Wege zu gehen, auf denen er höchst unerwünscht ist. So galt es denn, den geschmeidigen Gesellen so zu bändigen, daß er immer unter der Herrschaft seiner Herren blieb, und auch dieser Teil der Elektrotechnik ist nur durch eine mühsame Geistes- und Versuchsarbeit zur Befriedigung vervollkommenet worden.

Bei der Übertragung des Stromes stellte sich nun aber weiter eine Schwierigkeit ein, die man anfangs kaum zu überwinden hoffte. Der Strom verliert bei seiner Fortleitung einen Teil der mitgeführten Energie, und soll dieser Verlust nicht zu groß werden, so muß man dem Strom eine mit der Übertragungsentfernung wachsende Wegbreite, mit andern Worten einen entsprechend dickeren Draht geben. Da man sich aber zur Fortleitung des Kupferdrahtes bediente, Kupfer aber nicht billig und durch den stärkeren Verbrauch in der Elektrotechnik erheblich im Preise gestiegen ist, so kam man bald mit den Entfernungen, über welche man den Strom übertragen konnte, an nicht allzu weite Grenzen, die man ohne einen unverhältnismäßigen Kostenaufwand nicht zu überschreiten vermochte. Damit war aber die Beleuchtung oder Kraftversorgung eines größeren Gebietes von einer Zentralstelle aus unmöglich geworden, und man mußte sich auf kleinere Areale beschränken. Nun gibt es zwar ein Mittel, den Verlust auch bei wachsender Entfernung

auf einer festen Höhe zu halten, man hat hierfür, wie wir sehen werden, nur die „Spannung“ des Stromes zu erhöhen. Aber bei dem Überschreiten einer gewissen Spannung wird die Verwendbarkeit des Stromes erschwert, und, was bedenklicher ist, der Strom verliert über eine gewisse Grenze der Spannung hinaus seine Harmlosigkeit, er wird gefährlich, so daß sich eine allgemeine Anwendung von selbst verbietet.

Nun gibt es aber für eine gewisse Art Strom, für den Wechselstrom, ein einfaches Verfahren, ihn aus einer höheren Spannung in eine niedere umzuformen, zu „transformieren“, und so kam man denn in der ersten Hälfte der achtziger Jahre darauf, dieses Hilfsmittel zu benutzen, um den Strom mit hoher Spannung und unter relativ kleinem Verluste von der Erzeugungsstätte auf die Verbrauchsstelle zu leiten und ihn an der letzteren in einen Gebrauchstrom von niederer, ungefährlicher Spannung zu transformieren. Mit Hilfe dieses Verfahrens ist es bereits gelungen, das zu versorgende Gebiet beträchtlich zu erweitern, und die Zukunft wird voraussichtlich diese Grenzen noch mehr hinauschieben sehen.

Nach einer andern Seite hin erweiterte sich die Technik der Übertragung durch eine Erfindung, mittels welcher sich die elektrische Energie aufspeichern läßt. Auch diese Erfindung hatte ihre Vorgeschichte, während welcher sie im Laboratorium lebte. Durch die Arbeiten der Franzosen Planté und Camille Faure wurde sie gebrauchsfähig, wozu allerdings die energischen und kostspieligen Bemühungen einer englischen Fabrik wesentlich beigetragen haben.

Die Aufspeicherung der Elektrizität ermöglicht es, den Wechsel im Verbrauch, welcher ohne die Mithilfe der Aufspeicherung auch einen Wechsel in der Erzeugung bedingt, auszugleichen und einerseits die Speisung der Leitung von dem Betriebe der Erzeugungsstelle unabhängig zu machen, andererseits aber auch dem Betriebe eine vorteilhafte Stetigkeit zu geben. Was diese Vorteile bedeuten, werden wir später sehen. Außerdem gewährt die Aufspeicherung aber auch die Möglichkeit, an solchen Stellen Stromquellen zu eröffnen, an welchen eine maschinelle Anlage nicht aufgestellt werden kann, so z. B. wo es sich um die Beleuchtung und den Betrieb von Fahrzeugen handelt.

Schon bald nach der Ausbildung der Dynamomaschine zu einer gebrauchsfähigen Vorrichtung suchte man die durch sie erzielten starken Ströme für elektrochemische Zwecke zu verwenden. Naturgemäß fand die Dynamomaschine sehr rasch Eingang in die galvanotechnischen Werkstätten, wo man froh war, der Verwendung der unangenehmen galvanischen Elemente überhoben zu werden, und im Anfang ihrer Laufbahn hat die Dynamomaschine überwiegend Anwendung in solchen Betrieben gefunden. Sie hat auch wesentlich zur Ausbreitung der galvanotechnischen Industrie beigetragen, und wir würden die so beliebte Vernickelung und das Cuivre poli heute kaum so verbreitet finden, hätte nicht die Dynamomaschine diesen Industrien ihre guten Dienste bieten können. Aber der Ehrgeiz der Dynamomaschine ging nach dieser Richtung auf weit höhere Ziele. Sie war von Anfang an bestrebt, in der Metallurgie und in der Metallbearbeitung Anstellung zu finden, und unser Streber hat sich hier schon ziemlich in die Höhe gearbeitet. Wir übergehen hier die mehr gelegentlichen Verwendungen, welche sie in diesem Fache bereits gefunden hat, nur nebenbei erwähnend, daß sie sich auf diesem Gebiete langsam weiter arbeitet und dereinst, wenn sie mit dem Feuer in bezug auf Billigkeit wird konkurrieren können, dasselbe auf weiten Gebieten, vielleicht auf allen, verdrängen wird. Eine Anwendung dieser Art sei aber besonders hervorgehoben, nämlich zur Erzeugung von Aluminium. Die alten chemischen Verfahren für die Gewinnung dieses merkwürdigen Metalles, welche ausschließlich von zwei französischen Fabriken angewendet wurden, ermöglichten die Erzeugung nur mit großen Kosten, und so blieb das Metall zu teuer, um trotz seiner vielen ausgezeichneten Eigenschaften eine größere Verwendung finden zu können. Erst mit Hilfe der energisch zersetzenden Wirkung des Stromes gelang es, Aluminium zu billigeren Preisen zu erzeugen, und auch dies konnte, obwohl das Verfahren schon längst bekannt war, erst dann erreicht werden, als man mittels der Dynamomaschine den Strom in genügender Stärke und zu billigeren Preisen als durch Elemente zu erzeugen vermochte.

So sehen wir aus der Erfindung der Dynamomaschine eine immer größer werdende Zahl neuer Erfindungen, neuer Anwendungen des Stromes hervorgehen und wir kommen

wieder darauf zurück, daß die Elektrotechnik ihren Entwicklungsgang durch die Fortschritte in der Elektrizitäts erzeugung bestimmt sieht. Dies haben wir im obigen an der Dynamomaschine gezeigt; nun wollen wir den Blick von der Vergangenheit auf die Zukunft wenden.

So vortrefflich sich die Wirkung der Siemens'schen Erfindung erwiesen hat, ein Mangel bleibt bei der Dynamomaschine noch bestehen, daß sie nämlich an den Motor, welcher ihr die bewegende Kraft zuführt, gebunden ist. Der Motor, wenn wir für diesen die Dampfmaschine nehmen, ist eine Vorrichtung, Wärme in mechanische Energie zu verwandeln, die ihrerseits von der Dynamomaschine in elektrische umgekehrt wird. Es ist daher ein natürlicher Wunsch, bei dieser Umformung der Wärme in elektrische Energie, welche die beiden Endglieder der Verwandlungsreihe sind, die Zwischenform: mechanische Energie, beseitigt zu sehen und die Wärme unmittelbar in elektrische Energie überzuführen. Das können wir heute — in rationeller Weise — noch nicht. Wird dieses Ziel erreicht, so vermögen wir die Kraftschätze, welche unsere Steinkohlen bergen, sofort in die zweckmäßigste, universellste Energieform, in Elektrizität umzuwandeln, und dann beherrscht die Elektrizität die gesamte Technik.

Werden wir diese Errungenschaft des menschlichen Geistes noch sehen? Wer weiß es. Schon morgen kann die durchbrechende Entdeckung gemacht werden, aus welcher mit der unvergleichlichen Geschwindigkeit, die wir an der Entwicklung der Anwendung der Elektrizität kennen gelernt haben, die volle Beherrschung dieses Umwandlungsverfahrens erwächst; es können aber auch, wenn wir die richtige Pforte nicht zu finden vermögen, noch Jahrzehnte vergehen, bis wir jene, wir dürfen sagen, umwälzende Erfindung gemacht haben werden. Wenn wir aber die Zeichen der Zeit richtig deuten, so bewegt sich unsere physikalische Forschung schon nach jener Pforte hin, und wir sind der frohen Hoffnung, noch jene Entdeckung zu erleben. In die Zukunft hinein sei jener unbekannt große Mann begrüßt, dem wir sie verdanken werden. Möge er wie Werner Siemens ein Deutscher sein.

Neben dem aus der Dynamomaschine entsprossenen Zweig hat sich die ältere, die Schwachstromtechnik, in bescheidenerem Maße entwickelt. Was die Telegraphie angeht, so ist der Zeit der ersten grundlegenden Erfindungen eine solche gefolgt, in welcher man die neuen Errungenschaften ausgebildet und zu immer größerer Anwendung gebracht hat. Das Fundament der heutigen Telegraphie bilden immer noch die anfänglichen Erfindungen auf diesem Gebiete, doch sei auch erwähnt, daß dieselben einen wichtigen Zuwachs in dem Typendruckapparat erhalten haben. Wahrhaft großartig ist aber die Ausbreitung, welche die Telegraphenanlagen in dem ersten halben Jahrhundert nach Erfindung der elektrischen Telegraphen gewonnen haben; über die Steppen Sibiriens, durch die Wüsten Australiens, durch die Ozeane fliegt heute das beschwingte Wort längs der Drähte hin und verbreitet die Nachricht von einem Ereignis in wenigen Stunden über alle zivilisierten Länder. Wenn wir uns vorstellen, daß die nächsten fünfzig Jahre der Menschheit ähnliche Errungenschaften wie Telegraph und Eisenbahn geben werden, dann können wir abmessen, wie weit unsere Enkel und Urenkel uns voraus sein werden.

Wenn die Telegraphie im engeren Sinne seit ihren ersten Anfängen keine umgestaltenden Veränderungen erfahren hat, so ist zu ihr doch im Laufe der Zeit ein Bundesgenosse hinzugetreten, welcher eine der schönsten und geistvollsten Anwendungen des elektrischen Stromes bedeutet, die Telephonie. Ihr Ursprung fällt, wenn wir von den noch nicht praktisch verwertbaren Anfängen absehen, ungefähr in dieselbe Zeit, in welcher die Entwicklung der modernen Starkstromtechnik beginnt, und wir sehen, daß das achte Jahrzehnt unsres Jahrhunderts wie das vierte dereinst in der Geschichte der Elektrotechnik besonders hervortreten wird.

Zu der Schwachstromtechnik gehören auch die zahlreichen Anwendungen des Stromes für Signal-, Zeitgebungs- und ähnliche Zwecke, ein Gebiet, das sich ständig erweitert. Kann es auch nicht die Bedeutung in Anspruch nehmen, welche man der Verkehrs Telegraphie und der Dynamomaschine zuerteilen wird, so ist es immerhin wichtig genug, um unsere Beachtung zu verdienen. Schon die elektrischen Sicherheitsvorrichtungen für das Eisenbahn- und Feuerlöschwesen stellen für sich allein schon Errungenschaften dar, deren Wert für Leben, Gesundheit und Besitz man nicht übersehen kann.

Auch der Anwendung der Elektrizität für Heilzwecke, wie sie seit einigen Jahrzehnten von den Ärzten in steigendem Maße geübt wird, haben wir zu gedenken. Wenn hier auch die Elektrotechnik nur als Dienerin der Medizin auftritt, so hat die letztere ihr doch für die mannigfachen Unterstützungen zu danken, welche sie bei der Erzeugung und Handhabung des Stromes geleistet hat.

Unser Flug durch ein halbes Jahrhundert endigt hiermit. Wir haben gesehen, wie hier und dort kleine Quellen entsprangen, die schwache Bächlein ausschickten. Aber diese dünnen Wasserfädchen vereinigten sich, und aus den Bächlein wurden Bäche, aus den Bächen Flüsse und endlich ein gewaltiger, breiter Strom, der durch den wachsenden Zufluß mehr und mehr anschwillt. An seinen Ufern hat sich eine blühende und sich stetig weiter entwickelnde Industrie angesiedelt, welche manches Hunderttausend fleißiger Menschen nährt.

* * *

Das magnetische Feld und die Kraftlinien.

Die heutige Elektrotechnik basiert auf der Wechselwirkung zwischen Strom und Magnetismus, und wir können nicht umhin, den Leser vorerst mit den Grundprinzipien dieser Wechselwirkung in der Form, wie sie für die Anwendung am verständlichsten und bequemsten ist, vertraut zu machen.

Ein Magnetpol übt eine Wirkung in die Ferne aus, er zieht Eisenteile an, zieht den Pol eines andern Magneten an oder stößt ihn ab. Diese Wirkung läßt sich auf beträchtliche Entfernungen hin und in der ganzen Umgebung des Poles wahrnehmen. Wir versuchen nun, uns diesen Vorgang zu versinnlichen. Es ließe sich annehmen, daß der Magnetpol jedesmal, wenn ein Eisenteilchen oder ein anderer Magnetpol in seine Umgebung gebracht wird, eine besondere Kraftäußerung zu dem genäherten Gegenstand hinschickt. Einfacher wird es uns aber erscheinen, wenn wir uns vorstellen, daß



Fig. 1. Die Kraftlinien eines Magnetes.

durch die Magnetisierung eines Eisenstabes nicht nur das Innere dieses Stabes, sondern auch der umgebende Raum derart verändert wird, daß ein in diesen Raum hineingebrachtes Eisenstückchen oder ein anderer Magnetpol die gedachte Einwirkung erfährt. Der Magnet greift also nicht erst in dem Momente, wo das Eisenstückchen in den Bereich seiner Wirkung gebracht wird, zu diesem hinüber, sondern er hat dauernd seine „Fühlfäden“ ausgeföhrt, welche den ganzen Raum um den Magnet herum erfüllen, so daß notwendig jedes Eisenstück, sobald es in jenen Raum kommt, mit den Magneten in Beziehung tritt. Das Bild der Fühlfäden ist nicht ganz streng wissenschaftlich; wir wollen es aber, da es uns das Verständnis wesentlich erleichtert, einstweilen beibehalten und später zu einem richtigeren verbessern. Wir nehmen also an, daß aus dem Pol eines Magneten unendlich viele feine Fäden heraustreten und in den Raum hineingreifen. Treffen nun diese Fäden eines Poles mit dem eines andern gleichen Poles zusammen, so weichen die Fäden einander aus. Die Fäden eines einzelnen Poles werden sich zu einander in gleicher Weise verhalten, und da sie einem gleichen Pole entspringen, so werden sie sich auch einander auszuweichen suchen, d. h. das Bündel der aus einem Pol hervortretenden Fäden sucht sich vom Pol aus thumlichst auszubreiten (Fig. 1).

Treffen dagegen die Fäden zweier verschiedener Pole im Raume zusammen, so geschieht das Entgegengesetzte, die Fäden verschiedenartigen Ursprungs suchen sich auf, sie streben, sich aneinander zu legen. Es werden also die beiden Fädenbündel sich unter gegenseitiger Einwirkung zusammenziehen. Wenn wir nun einen Magnet haben, so hat derselbe zwei entgegengesetzte Pole, aus denen also Fädenbündel entgegengesetzter Art austreten. Es werden also die Fäden des einen Poles zu dem andern hinstreben, und wenn wir beispielsweise einen geraden Stabmagneten haben, so wird sich das Fädenbündel jedes Poles nach dem andern Pol umlegen und sich mit dem andern Bündel zu vereinigen suchen (Fig. 2).

Ein Magnet wirkt nun auf ein Stückchen Eisen, welches in seine Nähe gebracht wird, derart ein, daß der Nordpol des Magneten an dem nächstliegenden Teile des Eisenstückchens einen Südpol, am entferntesten einen Nordpol erzeugt, und Entsprechendes gilt, wenn wir das Eisenstückchen dem Südpol nähern. Denken wir uns nun ein solches Eisenstückchen in den mit magnetischen Fäden erfüllten Raum gebracht, so strahlt es, selbst zum Magneten geworden, Fäden aus, und zwar nach dem Pol des Magneten Fäden solcher Art, die denjenigen des Poles entgegengesetzt sind. Also wird sich ein Teil der Fäden des Magnetpols nach dem Eisenstückchen hinziehen und sich auf dieser Strecke enger zusammenlegen, verdichten.

Die am entfernten Ende des Eisenstückchens austretenden Fäden, werden aber, wie die gleichartigen des Magnetpols, den Fäden des andern Bündels zustreben, und dies wird zur Folge haben, daß sie jenes entferntere Ende in die Richtung des andern Poles ziehen.

Wir wollen diese Vorgänge durch ein einfaches Bild erläutern. Es sei Fig. 3 N S ein gerader Magnetstab. Aus seinen Enden treten die Fädenbüschel hervor, breiten sich aus und biegen sich dem andern Büschel entgegen. Bringen wir nun das kleine Eisenstückchen in die Nähe des Nordpols, so wird sein Ende, welches diesem Pol zunächst liegt, ein Südpol, das andre ein Nordpol; die aus seinen Enden austretenden Fäden streben den entsprechenden entgegengesetzten der Magnetpole zu, und dabei wird das Eisenstückchen — den Grund wollen wir später anführen — so gedreht, daß es sich mit möglichst vielen seiner Fäden an möglichst viele des Magneten legt. Dies wird der Fall sein, wenn es sich mit seiner Längsrichtung in die Richtung der Magnetfäden stellt. Denken wir uns mehrere solcher Eisenstückchen in den Bereich der Magnetfäden gebracht, so werden sie eine Kette längs des Verlaufes der Magnetfäden bilden, wie Fig. 3 dies zeigt. Denn bei dieser Stellung wendet jedes Stückchen dem andern den entgegengesetzten Pol zu, wie dies die Bezeichnungen N und S erkennen lassen. Dieser Vorgang gibt uns nun ein einfaches und treffliches Mittel, den Verlauf der Fäden eines Magneten sichtbar zu machen. Wir legen auf einen Magneten, Stab- oder Hufeisenmagneten, ein Blatt Papier oder eine Glastafel, welche mit Eisenfeilspänen bestreut wird. Dann stellt sich jedes Eisenstückchen in der Richtung der Fäden ein, und wir erhalten ein ausgezeichnetes Bild von der Ausbreitung und dem Verlauf dieser Fäden. Unfre Fig. 4 gibt uns ein Bild, wie sich die Späne anordnen, und der Leser kann den einfachen Versuch unschwer selbst anstellen.

Da nun aber ein Magnet kein sinnbegabtes Wesen ist, so müssen wir aus dem gewonnenen Bild die Vorstellung ausmerzen, als fühle der Magnet im Raum umher und biege dann seine Fäden in die ihm angenehmste Lage oder benutze sie, wie ein Polyp die Arme, um ein erfaßtes Eisenstückchen in jene Lage zu drehen. Wir behalten aber die Vorstellung bei, daß ein Magnet aus seinen Polen Fäden in den Raum schiebt, welche die Eigenschaft haben, Fäden der entgegengesetzten Art zuzustreben, wenn sie mit ihnen zusammentreffen, sich mit ihnen zu vereinigen und — das haben wir hinzuzufügen — dann sich zusammenzuziehen, gleichsam wie elastische Schnüre. Dies erklärt uns ohne

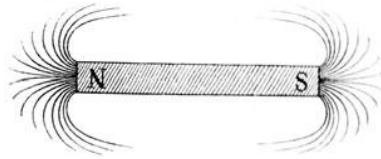


Fig. 2. Die Kraftlinien, sich ausbreiten und dem andern Pol zustrebend.

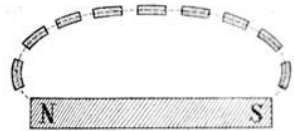


Fig. 3. Einstellung von kleinen Eisenstückchen in den Weg der Kraftlinien

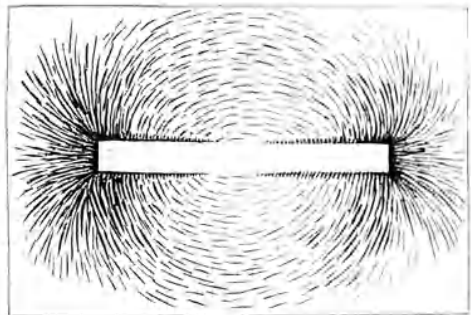


Fig. 4. Verlauf der Kraftlinien, durch Eisenfeilspäne sichtbar gemacht.

weiteres, warum sich entgegengesetzte Pole anziehen. Die entgegengesetzten Fäden haben sich zusammengesetzt, und nun tritt die zusammenziehende Wirkung auf, welche nur dann zustandekommen kann, wenn sich die Pole tatsächlich nähern. Die Fäden nehmen also beim Zusammenziehen die Pole mit, aus denen sie entspringen.

Bei Fäden gleicher Art, welche im Raume zusammentreffen, tritt das Bestreben auf, einander auszuweichen oder, wo ein Ausweichen nicht möglich, sich zu strecken. Dies erklärt, warum sich gleiche Pole abstoßen.

Wir haben bisher zwei verschiedene Arten Fäden angenommen, Nordpol- und Südpolfäden. Statt dessen können wir eine Art Fäden annehmen, der wir jedoch zwei Verlaufsrichtungen, nämlich vom Pol und zum Pol geben. Wir nehmen an, daß die aus dem Nordpol austretenden Fäden eine Verlaufsrichtung vom Pol und die des Südpoles eine solche zum Pol haben. Damit haben wir auch einen Gegensatz zwischen beiden Fäden geschaffen. Allein indem wir nun zwei Fäden verschiedener Art (vergl. Fig. 5) zusammenlegen, kommen wir auf eine gleichartig vom Nord- zum Südpol verlaufende Linie. Wir werden dann nach dem früheren zu sagen haben: Fäden, welche einander entgegenlaufen, weichen einander aus, suchen sich zu strecken, dagegen werden Fäden, welche in gleichem Sinne verlaufen (s. Fig. 5), einander anziehen, sich zu verkürzen trachten.

Diese neue Auffassung hat aber noch einen weiteren Vorteil. Wir stellen uns nämlich vor, daß die Fäden einen vollständigen Kreislauf bilden, indem sie im Innern des Magneten vom Südpol zum Nordpol gehen. Durch die Magnetisierung werden also nach dieser Vorstellung die magnetischen Fäden aus dem Nordpol heraus in den Raum

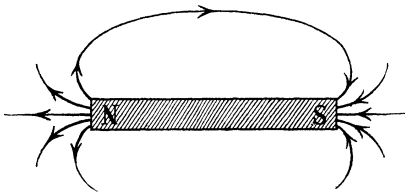


Fig. 5. Zusammenschluß und Verlaufsrichtung der Kraftlinien.

gepreßt und am Südpol aus dem Raum wieder heraus in den Magneten hineingezogen. Man hat diesen vorgestellten Vorgang deshalb auch wohl mit einem Strom verglichen, bei welchem ein Fluidum durch eine Kraft durch den Magneten getrieben wird, am Nordpol ausströmt, in den Raum fließt und in den Südpol wieder eingefogen wird. Diese Vorstellung darf man aber nur mit Vorsicht gebrauchen, weil ja die Magnetisierung, wenn einmal hergestellt, einen be-

harrenden Zustand, nicht eine fortwährende Bewegung bedeutet. Die verlaufenden magnetischen Linien weisen daher nur das Bild eines Stromes auf, aber sie entbehren das, was diesen charakterisiert, die Bewegung. Berücksichtigt man diese Verschiedenheit, so darf man von einer magnetischen Strömung sprechen, und wenn wir dies in Zukunft thun, wolle der Leser immer des obigen Vorbehaltes eingedenk bleiben.

Die neu gewonnene Vorstellung führt uns nun in bequemer Weise zur Erklärung anderer Erscheinungen. Wir sagten: Beim Magneten gehen im Innern desselben Fäden vom Südpol zum Nordpol und dann außen herum wieder zum Südpol zurück. Wenn nun solche Fäden im Raume auf einen magnetisierbaren Körper, auf ein Eisenstückchen treffen und durch dasselbe hindurch gehen, dann treten bei demselben doch offenbar dieselben Verhältnisse auf wie bei dem Magneten, welcher die Fäden ausgeschickt hat. Sie treten an einem Ende ein, sie durchlaufen es, sie treten an einem andern Ende aus. Folglich muß das Eintrittsende ein Südpol, das Austrittsende ein Nordpol werden. Nun, dies ist ja auch der Fall. Ein Eisenstückchen, welches dem Nordpol genähert wird, erhält an dem Ende, welches dem Pol zugewendet ist, einen Südpol, und dies stimmt auch mit der Richtung der Fäden zusammen. Denn die vom Nordpol ausgehenden Fäden treten an dieser Stelle ein. Und wo sie am entgegengesetzten Ende austreten, muß ein Nordpol entstehen, was ja auch tatsächlich geschieht.

Wir sehen, daß wir mit Hilfe dieser magnetischen Fäden die Vorgänge bei den Magneten in einheitlicher Weise erklären können. Später werden wir sehen, welche Bedeutung dieselben für die Erklärung der elektrischen Vorgänge gewinnen.

Solche sich von den Magneten in den Raum verbreitende Fäden heißt man nach Faraday, dem wir diese geistvolle Veranschaulichung verdanken, „Kraftlinien“, und

einen von Kraftlinien durchzogenen Raum nennt man ein „magnetisches Feld“, doch beschränkt man den letzteren Ausdruck zumeist auf solche Gebiete, in denen die Kraftlinien erheblich dicht stehen, insbesondere auf den Zwischenraum zweier entgegengesetzter Pole, wo sie sich nach dem obigen besonders zusammendrängen werden. Die Dichtigkeit der Linienbündel wird uns ein Maß für die Wirkungsfähigkeit eines magnetischen Feldes, für die Intensität derselben abgeben, wenn wir der einzelnen Linie ein festes Maß, eine bestimmte Stärke geben.

Die Kraftlinien üben nun aber nicht nur eine Wirkung auf Eisen, sondern auch auf andre Metalle aus, zwar keine magnetische, wohl aber eine elektrische, indem nämlich unter ihrer Einwirkung in einem Leiter, welcher durch das magnetische Feld geht, ein Strom erzeugt wird. Wenn sich nämlich ein geschlossener Leiter in einem magnetischen Felde derart bewegt, daß er oder ein Teil von ihm die Kraftlinien schneidet, so wird ein Strom in demselben induziert, indem unter der Einwirkung der Kraftlinien die für die Bewegung des Leiters angewendete mechanische Kraft in elektrische umgewandelt wird; diese letztere erscheint uns als elektrischer Strom.

Wir wollen dies kurz und bündig erklären. In Fig. 6 sehen wir den Nordpol N eines Magneten, aus welchem die Kraftlinien ausstrahlen. Bewegen wir nun einen Draht, den wir uns nach beiden Seiten hin verlängert und mit seinen Enden zu einem geschlossenen Leiter verbunden zu denken haben, derart durch das magnetische Feld, daß Kraftlinien von ihm geschnitten werden, so wird in demselben ein Strom hervorgerufen, welcher für die Dauer der Bewegung durch das Feld in den geschlossenen Leitungskreis fließt. Welche Richtung der Strom in jedem Falle haben wird, können wir nach folgender Regel leicht ermitteln. Nehmen wir den induzierten Draht in beide Hände (Fig. 7) und sehen den Nordpol an, bewegen wir ihn dann nach unten hin, unsern Füßen zu, so geht der induzierte Strom von der rechten zur linken Hand. Hätten wir den Südpol an Stelle des Nordpols, so müßten wir jenem natürlich den Rücken zuwenden und nach dem Nordpol sehen, welcher dem vor uns liegenden Südpol entspricht und von welchem her die Kraftlinien dem Südpol zufließen.

Nehmen wir nun einen ringförmig geschlossenen Leiter und drehen ihn vor dem Nordpol, indem wir ihn zwischen beiden Händen halten, wie Fig. 8 dies zeigt, so wird, wenn die Drehung in dem Sinne des gesiederten Pfeiles erfolgt, sich die obere Hälfte unsern Füßen, die untere unserm Kopfe zu bewegen. In der oberen wird also unser Regel nach ein Strom entstehen, welcher die Richtung des eingezeichneten kleinen Pfeiles hat, in der unteren ein solcher entgegengesetzter Richtung. Beide gehen aber im Stromkreise in derselben Richtung, und es entsteht somit in dem ringförmigen Leiter ein Kreisstrom, welchen die den Leiter drehende Person als im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers fließend sieht.

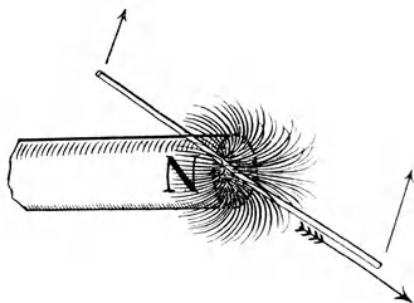


Fig. 6. Stromtrieb in einem geraden Leiter bei seiner Bewegung in einem magnetischen Felde.

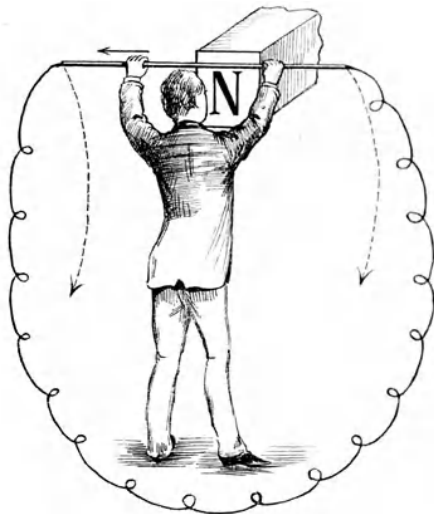


Fig. 7. Die Stromrichtung bei den durch Bewegung eines Leiters im magnetischen Felde erzeugten Strömen.

Diese Drehung eines geschlossenen Leiters in einem magnetischen Felde können wir nun noch anders auffassen. Der ringförmige Leiter umschließt bei irgend einer Lage eine gewisse Anzahl Kraftlinien. Drehen wir ihn nun in gedachter Weise, so wird dadurch die Anzahl der jeweilig umschlossenen Kraftlinien größer oder, wie in unserm eben geschilderten Falle, kleiner. Die Änderung in der Anzahl der umfaßten Kraftlinien ist also im wesentlichen dasselbe wie das Schneiden von Kraftlinien durch den bewegten Leiter und muß demnach das Entstehen eines Stromes zur Folge haben.

Wir dürfen daher allgemein sagen: Wenn sich die von einem Leiter umfaßten Kraftlinien in ihrer Zahl vermehren oder vermindern, so entsteht in dem umfassenden Leiter ein Strom, vorausgesetzt, daß der Leiter irgendwie geschlossen ist.

Dieser Satz gilt auch, wenn sich der Leiter nicht bewegt, die Anzahl der durch ihn hindurch gehenden Kraftlinien sich aber vermehrt oder vermindert, was ja nach dem früheren geschehen wird, wenn der Magnet, der das magnetische Feld erzeugt, an Magnetismus zu- oder abnimmt, also aus seinem Pol mehr oder weniger Linien ausschießt.

Diese einfachen Gesetze werden uns das Verständnis für die Vorgänge bei den elektrischen Maschinen eröffnen, und wir werden stets auf dieselben zurückzugreifen haben.

Stromstärke, Spannung, Widerstand; elektrische Maßeinheiten.

Zum Verständnis der elektrischen Vorgänge bei Erzeugung und Anwendung des Stromes können wir einiger Begriffe nicht entbehren, welche wir an dieser Stelle erläutern wollen. Ein

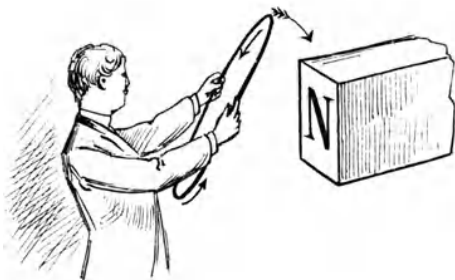


Fig. 8. Stromrichtung in ringförmig geschlossenen Leitern.

elektrischer Strom läßt sich in manchen Beziehungen mit einem Wasserstrom vergleichen, der durch eine Röhre fließt. Nun wird eine Röhre je nach ihrer Weite und je nach dem Druck, unter dem sich das Wasser in der Röhre fortbewegt, mehr oder weniger Wasser in einer Zeiteinheit, sagen wir in einer Minute, fortgleiten, es wird sich, genauer ausgedrückt, in der Minute eine größere oder geringere Wassermenge durch einen Querschnitt der Röhre bewegen. Ein Beispiel hierfür bietet der Vergleich zwischen einem großen Strom, dem Rhein, und einem kleinen Bache; bei dem ersteren wälzen sich gewaltige Wassermassen in jeder Minute durch einen Querschnitt des Flussbettes, während der Bach, trotzdem er vielleicht viel schneller fließt, nur einen Bruchteil jener Mengen in der gleichen Zeit durch den Querschnitt seines Bettes trägt. Etwas ganz Gleiches wird sich auch bei dem Vergleiche zwischen der Wasserbewegung in dem Hauptrohre einer großen Wasserleitung und in dem dünnen Zweigrohr, welches in ein einzelnes Haus führt, finden. Aus diesem Unterschied gewinnen wir den Begriff der „Stromstärke“, welche das Maß Flüssigkeit bezeichnet, das in einer Zeiteinheit (Sekunde, Minute u.) durch einen Querschnitt eines Rohres, eines Flussbettes u. s. w. geht. So wird also die Stromstärke des Rheines, des großen Hauptrohres der Wasserleitung sehr viel größer sein als bei dem Bache, bei dem Zweigrohre.

Diesen Begriff „Stromstärke“ können wir ohne weiteres auf den elektrischen Strom übertragen. Auch bei diesem kann ein größeres oder geringeres Maß des elektrischen Fluidums durch den Querschnitt eines Drahtes gehen, und demgemäß werden wir auch bei elektrischen Strömen von ihrer „Stromstärke“ zu sprechen haben, deren Größe von sehr wesentlicher Bedeutung bei den elektrischen Erscheinungen ist.

Rehren wir nun wieder zu unserm Wasserrohr zurück. Wir fragen uns, was die größere und geringere Stromstärke bedingt. Zunächst können wir uns leicht vorstellen, daß ein und dasselbe Rohr rascher oder langsamer Wasser fortgleiten wird, je nachdem

der Druck, welcher das Wasser durch das Rohr preßt, größer oder kleiner ist. Um dies zu begreifen, brauchen wir nur eine gewöhnliche Handspritze zu nehmen und einmal auf den Stempel einen ganz schwachen, ein zweites Mal einen möglichst kräftigen Druck auszuüben; im ersteren Falle fließt das Wasser der Spritze ganz langsam, im zweiten in einem raschen Strahl aus.

Der Druck, unter welchem das im Rohre fließende Wasser steht, ist aber nicht an allen Stellen des Rohres gleich, denn das Wasser kann nur dann in Bewegung kommen, wenn es sich von der Stelle eines höheren zu der eines niederen Druckes bewegen kann. Darum wird also der Druck in der Richtung der Bewegung abnehmen. Zwei bestimmte Stellen einer von Wasser durchflossenen Röhre müssen also einen Druckunterschied aufweisen. Nun hängt dieser Druckunterschied aber mit der Geschwindigkeit des Fließens eng zusammen; je größer dieser Druckunterschied ist, um so größer wird auch die Stromstärke sein.

Auch bei der fließenden Elektrizität ist ein solcher Druck und Druckunterschied vorhanden, und es gilt hier ebenfalls das Gesetz, daß die Stromstärke wächst, je größer der Druckunterschied an zwei festen Stellen des Leiters wird.

Den elektrischen Druck pflegt man mit „Spannung“ zu bezeichnen und spricht in gleicher Weise auch von „Spannungsunterschieden“.

Der Druckunterschied allein bestimmt noch nicht die Stromstärke. Zunächst ist aus dem vorhergehenden ersichtlich, daß bei demselben Wasserrohr und gleichbleibender Stromstärke der Druckunterschied um so größer wird, je weiter wir die Stellen, an denen wir jenen Unterschied feststellen, voneinander entfernt nehmen. Um diese Unsicherheit zu vermeiden, müssen wir also bei Vergleichen eine feste Entfernung, sagen wir 1 m oder 100 m, annehmen, für welche wir den Unterschied bestimmen. Wenn wir nun zwei Rohre haben, welche auf derselben Länge dieselben Druckunterschiede aufweisen, aber verschieden weit sind, so wird das weitere Rohr mehr Wasser in der Minute fortleiten, als das engere. Denn denken wir uns das erstere doppelt so weit als das zweite, so können wir jenes ja durch eine dünne Scheidewand derart zerlegen, daß daraus zwei nebeneinander liegende Rohre von der Weite des zweiten werden. Jedes dieser Rohre hat auf der Einheitsentfernung den gleichen Druckunterschied wie das engere, jedes führt also ebensoviel Wasser in der Zeiteinheit fort wie das letztere, also beide zusammen das doppelte. Wenn wir die Scheidewand nun entfernt denken, so ändert sich nichts, das doppelt so weite Rohr führt bei gleichem Druckunterschied die doppelte Menge Wasser fort wie das engere, es hat die zweifache Stromstärke. Und nehmen wir ganz beliebige Verhältnisse der Querschnitte an, so können wir jedes Rohr in Einzelrohre zerlegen, deren Zahlen sich verhalten werden wie die Querschnitte.

Ebenso ist es bei der Elektrizität. Die Stromstärke hängt ab von dem Spannungsunterschiede, aber dieselbe muß zunächst auf eine feste Strecke reduziert werden, und wenn wir deshalb den Spannungsunterschied an einem beliebigen Leiterstück bestimmt haben, so müssen wir diesen Spannungsunterschied zunächst durch die Länge, gemessen in der Einheit, für welche wir ein für allemal den Spannungsunterschied bestimmt denken, sagen wir also für 1 m, teilen.

Ferner wächst auch die Stromstärke des Stromes mit dem Querschnitt des Leiters. Kennen wir nun die Stromstärke für einen bestimmten Einheitsquerschnitt, sagen wir für einen Quadratmillimeter, und für einen bestimmten Spannungsunterschied auf der Einheitsstrecke, so haben wir für einen andern Querschnitt, sagen wir zehn Quadratmillimeter, unter sonst gleichen Bedingungen die bekannte Stromstärke um so viel zu vergrößern, als der neue Querschnitt die Einheitsquerschnitte enthält, also nach unserem Beispiel zu verzehnfachen.

Aber auch das reicht noch nicht hin, die Stromstärke zu bestimmen. Sie ist außer von dem Druckunterschied, der Länge und dem Querschnitt des Leiters noch von etwas andern abhängig, was sich an dem Wasserrohr nicht leicht erklären läßt. Die verschiedenen Stoffe sind nämlich für den Strom verschieden durchlässig, und daher kommt es, daß bei gleicher Länge, gleichem Querschnitt, gleichem Spannungsunterschied

z. B. ein Kupferdraht mehr Elektrizität fortleitet als ein Eisendraht. Dieser Verschiedenheit der verschiedenen Stoffe haben wir also auch noch Rechnung zu tragen, um dann die Stromstärke in feste Beziehung zum Spannungsunterschied zu bringen. Je größer die Durchlaßfähigkeit oder, wie sie von den Elektrikern genannt, die Leitungsfähigkeit des Stoffes ist, aus welchem der Leiter besteht, um so größer wird, wenn alles übrige gleich ist, die Stromstärke sein.

Nunmehr können wir Stromstärke und Spannungsunterschied in eine feste Beziehung bringen, indem wir nämlich den Spannungsunterschied auf die Einheitslänge reduzieren, den so gewonnenen Wert dann im Verhältnis des Querschnittes zum Einheitsquerschnitt vergrößern und außerdem noch mit einer Zahl multiplizieren, welche der Leitungsfähigkeit Rechnung trägt, indem wir also setzen:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannungsunterschied}}{\text{Länge in Metern}} \times \text{Querschnitt in Quadratmillimetern} \times \text{Leitungsfähigkeitszahl.}$$

Diese Beziehung läßt sich aber auch anders auffassen. Man kann sagen: Wenn wir an zwei Stellen eines Leiters einen gewissen Spannungsunterschied haben, so wird die Stromstärke außer von dem Spannungsunterschied noch von einer gewissen Größe abhängen, welche sich aus der Länge und dem Querschnitt des Leiters sowie aus der Leitungsfähigkeitszahl des Stoffes des Leiters zusammensetzt. Diese Größe heißen wir: Widerstand des Leiters und wir setzen kurz:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannungsunterschied}}{\text{Widerstand.}}$$

Je größer der Spannungsunterschied, je größer ist die Stromstärke; je größer der Widerstand, je kleiner ist sie. Der Begriff „Widerstand“ entsteht also dadurch, daß neben dem Spannungsunterschied noch eine zweite Größe existiert, welche die Stromstärke bestimmt. Diese Größe hängt ab von den Abmessungen des Leiters und von der physikalischen Beschaffenheit seines Stoffes. Wir fassen diese Größe als Gegensatz zum Spannungsunterschied auf; während dieser das Fließen des elektrischen Fluidums bewirkt, hindert die zweite Größe die Fortbewegung. Nach dem früher Gesagten haben wir nun zu setzen:

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Länge}}{\text{Querschnitt} \times \text{Leitungsfähigkeitszahl.}}$$

Der Widerstand wächst also mit der Länge und nimmt mit Vergrößerung des Querschnittes und der Leitungsfähigkeitszahl ab.

Die drei Größen Spannungsunterschied, Stromstärke und Widerstand sind für die Elektrotechnik sehr wichtig, und es ist notwendig, sie nach festen Einheiten zu messen. Man hat nun in der neueren Zeit solche Einheiten geschaffen, welche nach den drei berühmten Elektrikern Volta, Ampère und Ohm benannt worden sind. Diese drei Einheiten sind das Volt für Spannungsunterschiede, das Ampère für Stromstärken und das Ohm für Widerstände. Sie bedeuten für die elektrischen Messungen daselbe, was der Meter für die Längen-, das Kilogramm für die Gewichts-, die Sekunde für die Zeitbestimmungen sind, und es sei gesagt, daß sie mit diesen drei Größen in engem Zusammenhange stehen, der hier freilich nicht erörtert werden kann.

Die oben gegebene Beziehung

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannungsunterschied}}{\text{Widerstand}}$$

ist zuerst von Ohm aufgestellt worden und heißt nach ihm das Ohmsche Gesetz. Für die Elektrizitätslehre wie für die Elektrotechnik hat es eine sehr große Bedeutung, weil es die drei wichtigen Größen in einen einfachen Zusammenhang bringt und es ermöglicht,

aus zweien dieser Größen die dritte zu bestimmen. Wir werden daher später öfters in die Lage kommen, dieses Gesetz anzuwenden.

Wenn wir das Ohmsche Gesetz zur Berechnung einer der drei Größen aus den beiden andern benutzen wollen, können wir offenbar die Größen nicht in beliebigen Einheiten messen; denn sind für zwei Größen die Einheiten festgesetzt, so ist damit auch die Einheit der dritten Größe gegeben. Nun sind die Einheiten Volt, Ohm und Ampère so bestimmt worden, daß mit ihnen das Ohmsche Gesetz in der obigen einfachsten Form anwendbar ist, d. h. wenn wir einen Spannungsunterschied, gemessen in Volt, durch den zugehörigen Widerstand, gemessen in Ohm, dividieren, erhalten wir die Zahl Ampère, welche die Stromstärke angibt.

Die Messung der Stromstärke und des Spannungsunterschiedes erfolgt zumeist mit geeichten Meßinstrumenten; wie diese Eichung erzielt wird, können wir hier, da es über den Rahmen unsres Werkes hinausgehen würde, nicht beschreiben. Den Widerstand eines Leiters kann man außer durch Vergleichung mit bekannten Widerständen, welche nach gewissen Methode erzielt werden, auch in manchen Fällen berechnen. Da der Widerstand gleich ist

$$\frac{\text{Länge}}{\text{Querschnitt} \times \text{Leitungsfähigkeitszahl}}$$

so haben wir nur die Länge und den Querschnitt, der aber im ganzen Leiter gleich sein muß, zu messen und die Leitungsfähigkeitszahl, welche durch Untersuchungen für die hauptsächlichsten Stoffe festgestellt ist, mit dem Querschnitt zu multiplizieren. Da wir nun wissen, daß eine Quecksilbersäule von rund 1,06 m Länge und 1 qmm Querschnitt ein Ohm Widerstand hat, so können wir danach Leiter aus andern Stoffen und andern Abmessungen auf ihren Widerstand in Ohm hin bestimmen.

Der Spannungsunterschied, den man häufig auch abgekürzt als Spannung bezeichnet (wie ein Längenunterschied ja selbst eine Länge ist), hat auch eine zweite, häufig gebrauchte Benennung. Wir können die Druckverschiedenheit an zwei Stellen eines (Wasser- oder elektrischen) Stromes als Folge, wir können sie aber auch als die Veranlassung der Bewegung der Flüssigkeit auffassen; sie hängt unzertrennlich mit derselben zusammen. Nun betrachtet man die Stromerzeuger als Vorrichtungen, welche durch Einwirkung anderer Kräfte zunächst den elektrischen Druckunterschied erzeugen und deshalb die Elektrizität zwingen, von der Stelle des höheren Druckes zu der des erniedrigten zu fließen. Diese Erzeugung des Druckunterschiedes, welche also der Elektrizität den ersten Anlaß zum Strömen gibt, heißt man darum die elektrizitätsbewegende, die elektromotorische Kraft, und indem man jeden Druckunterschied, wie oben gesagt, als Anlaß zur Bewegung der Elektrizität betrachten kann, so bezeichnet man den Spannungsunterschied auch häufig als „elektromotorische Kraft“. Wenngleich ein gewisser Unterschied zwischen den Bezeichnungen: Spannungsunterschied, Spannung und elektromotorische Kraft bestehen bleibt, so werden wir doch für unsre Zwecke die drei Benennungen als gleichbedeutend benutzen, jedoch mit der Einschränkung, daß „elektromotorische Kraft“ für uns der vom Stromerzeuger hervorgebrachte Spannungsunterschied, „Spannung“ dagegen der im Leiter herrschende sein soll.

I. Die Erzeugung des elektrischen Stromes.

Die galvanischen Elemente.

Vorbemerkung. Die ältesten Vorrichtungen zur Erzeugung des Stromes. Die konstanten Elemente. Das Daniell-Element und seine Abänderungen. Das Smee-Element. Das Grove-Element. Das Bunsen-Element. Das Chromsaure-Element. Elemente für schwache Ströme. Das Meidinger-Element. Das Galland-Element. Das Leclanché-Element und seine Abänderungen. Schiffsilber-Elemente. Trockenelemente. Das Tablochkhoff-Element. Gasbatterien. Thermosaulen. Lichtelemente. Schaltung der Batterien.



Von allen Energieformen, die wir kennen, hat die Elektrizität am spätesten Verwendung gefunden, und dies kommt daher, weil sie in der Natur nicht in einer verwendbaren Form vorkommt oder in einfacher Weise aus Naturerzeugnissen gewonnen werden kann. Die Wärme wendet der Mensch schon seit unbekanntem Zeiten an, aber er hatte es auch leicht, sie zu erzeugen, sobald ihm erst das Geheimnis des Feueranmachens eröffnet worden war, und mit dem Feuer war ihm auch das freundliche Licht für die dunkle Nacht gegeben. Die mechanische Kraft besitzt er zu eigener Verfügung in seinen Muskeln und, was er auch schon früh lernte, in bequemerer Weise in den Muskeln der Haustiere. Praktische Chemie hat der Mensch schon in den Urzeiten getrieben, und selbst die einzige Anwendung des Magnetismus, der Kompaß, hat schon ein ehrwürdiges Alter. Nur die Blitzkraft ist ihm erst in der neuesten Zeit zur Verfügung gegeben worden, obwohl er den Blitz länger als das Feuer kennt, und sie ist ihm, im Gegensatz zu den andern Energieformen, deren Anwendung weit früher als ihre Wissenschaft bekannt war, durch die Arbeit der Gelehrten und der Forscher vermittelt worden. Es ist dies ein seltener Fall in der Kulturgeschichte, deren meiste Gebiete zuerst durch die Praxis erobert und angebaut wurden, bevor sie in die leitende Hand der Wissenschaft kamen. Aber das kann uns nicht wundernehmen, da es, wie gesagt, der Praxis nicht möglich war, die Elektrizität in einer verwendbaren Form zu gewinnen, und der Mensch darum auch nie auf den Gedanken kommen konnte, dieselbe in seinen Dienst zu stellen. Heute mag es uns als eine sehr einfache Sache erscheinen, daß man eine Zink- und eine Kupferplatte in Salzwasser stellt und durch einen Draht verbindet; aber gesetzt, es seien Menschen wirklich im Laufe der Jahrtausende mehrfach auf diese Zusammenstellung gekommen, so ist es fraglich, ob bei ihrer Vorrichtung alle Verhältnisse so abgepaßt waren, daß sie die einfachste Wirkung, die Erwärmung des Drahtes, wahrnehmen konnten. Man darf diese Wahrscheinlichkeit als eine außerordentlich niedrige

ansehen. Und daß sie den verbindenden Draht zufällig derart um ein Stück Eisen gewickelt hätten, daß der Strom ohne Abwege um das Eisen kreifte und es magnetisch machte, dafür besteht eine noch viel kleinere Wahrscheinlichkeit. So außerordentlich einfach die Umstände auch sind, unter denen eine Entstehung und deutliche Rundgebung des Stromes zustandekommt, das notwendige Zusammentreffen aller durch Zufall gehört fast in das Reich der Unmöglichkeit. Selbst die Chinesen, ein Volk, das durch Probieren so vieles ausgetüftelt hat, haben den Strom oder seine Wirkungen nicht erkannt. Wirkungen der Reibungselektrizität mag man schon vor Jahrtausenden gekannt haben, aber die praktische Unverwendbarkeit dieser Form der elektrischen Energie bedingt es, daß man diesen Wahrnehmungen keine praktische Bedeutung, sondern nur die einer Kuriosität beimaß.

Aus diesen Gründen konnte die Kenntnis und die Anwendung der Elektrizität erst dann zu einer Entwicklung gelangen, als es gelang, Strom in zuverlässiger Weise zu erzeugen, und unsere moderne Elektrotechnik führt ihren Ursprung auf keinen andern als auf Volta zurück, der mit dem ersten Stromerzeugungsapparat auch die Möglichkeit des Studiums der Gesetze und dann der Anwendung dieser Gesetze für praktische Zwecke schuf.

Für das weitere Verständnis schalten wir hier einige Worte über den Begriff „Energie“ ein. Wir betrachten die Energie als die Ursache aller physikalischen Vorgänge, also aller Veränderungen in der sinnlichen Welt überhaupt. Das ist aber auch die einzige Erklärung, welche wir von „Energie“ geben können; doch mag es dem Leser zur Erläuterung dienen, daß diese Energie identisch mit einem andern Begriffe, dem der „Kraft“ ist, wie er häufig, aber nicht ganz richtig für „Energie“ gebraucht wird.

Die Energie zeigt sich uns in mehreren Formen, welche man oft als die „Naturkräfte“ bezeichnen hört, so als Wärme, Licht, Bewegungsenergie, als Magnetismus, als chemische Energie, als elektrische Energie. Sie alle sind dadurch charakteristisch, daß sie eine Veränderung oder eine Wirkung hervorbringen können.

Nun kann jede der genannten Energieformen in jede andre übergehen, und wenn wir daher elektrische Energie erzeugen wollen, so haben wir eine andre uns zur Verfügung stehende Form in die gewünschte umzuwandeln. Die Elektrizitätserzeugung ist also nichts als eine Umwandlung in den Energieformen, und ihre Technik hat darauf hinzustreben, diese Umwandlung in bester Weise zu bewirken.

Die ersten Stromerzeuger beruhten auf der Umwandlung von chemischer Energie in elektrische. Wir wissen, daß bei chemischen Verbindungen Energie frei wird, wie auch umgekehrt bei der Zerlegung solcher Verbindung Energie aufgewendet werden muß. In den meisten Fällen wird die freiwerdende Energie als Wärme, zweilen aber auch zum Teil, wir erinnern an die Explosivstoffe, als mechanische Energie erscheinen. Unter gewissen Bedingungen erscheint die freiwerdende Energie aber auch als elektrischer Strom, und zwar dann, wenn die beiden sich verbindenden Stoffe den Strom leiten und die Anordnung der Massen es ermöglicht, daß der Strom außerhalb derselben von dem einen Stoff zum andern strömen kann.

Am einfachsten genügt man nun den hier genannten Bedingungen, wenn man eine Stange oder Platte eines Metalls in eine Flüssigkeit bringt, welche das Metall angreift. Die chemische Energie, welche bei der Verbindung des Metalls mit der Flüssigkeit frei wird, hat dann das Bestreben, sich in elektrische umzuwandeln. Um ihr dies zu ermöglichen, ist es aber noch notwendig, daß ihr außerhalb der sich verbindenden Stoffe ein Weg geschaffen wird, so daß sie durch diesen und die Stoffe kreisen kann. Hätten wir also eine Zinkstange in verdünnte Schwefelsäure gesteckt, welche das Zink angreift und sich mit ihm zu schwefelsaurem Zink verbindet, und verbänden dann das aus der Flüssigkeit hervorstehende Ende der Zinkstange durch einen Draht mit der Flüssigkeit, so wäre ein solcher Kreisweg geschaffen. In dieser Form wäre die Vorrichtung aber noch unvollkommen, die Umwandlung der chemischen Energie in elektrische ist noch durch gewisse Umstände, deren Erörterung wir unterlassen, behindert. Erst wenn wir der Zinkplatte in der Flüssigkeit eine solche eines andern Metalls, sagen wir von Kupfer, gegenüberstellen, und diese beiden außerhalb der Flüssigkeit durch einen Draht verbinden, gewinnen wir die frei werdende chemische Energie zum großen Teil als elektrische. Die Kupferplatte wird dabei nicht von

der Schwefelsäure angegriffen, aus ihr und der Schwefelsäure entwickelt sich daher keine Energie, aber sie erfüllt einen doppelten Zweck, indem sie zunächst den Strom aus der Flüssigkeit in den Draht überleitet, dann aber auch, und dies ist ihre wesentliche Rolle, durch ihr Verhalten zur Zinkplatte die Umwandlung der chemischen Energie in elektrische wesentlich begünstigt.

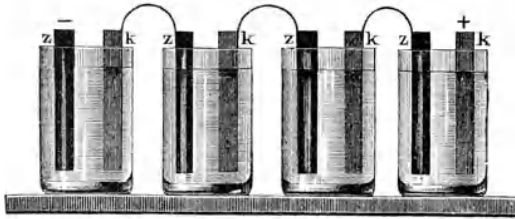


Fig. 9. Voltas Becherelement.

Zink- und eine Kupferplatte stehen einander parallel in einem Glase gegenüber, welches zu etwa $\frac{2}{3}$ mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt ist. Verbindet man nun die aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden der Platten durch einen Draht, so geht durch denselben ein elektrischer Strom. Die Richtung desselben geht im Drahte vom Kupfer zum Zink, in der Flüssigkeit aber vom Zink zum Kupfer, so daß er also einen vollständigen Kreislauf bildet. Wir können daher sagen: durch die Thätigkeit des Elementes wird die Elektrizität in einem geschlossenen Stromlaufe umgetrieben. Das Element wirkt also wie ein Pumpwerk, welches Wasser in eine Höhe hineindrückt und aus dem andern Ende derselben wieder ansaugt, so daß es durch Rohr und Pumpe kreist. Dieses Bild schließt sich an unser früheres an, welches den elektrischen Strom mit einem Wasserstrom in einer Röhre verglich, und wir werden es öfter benutzen können.

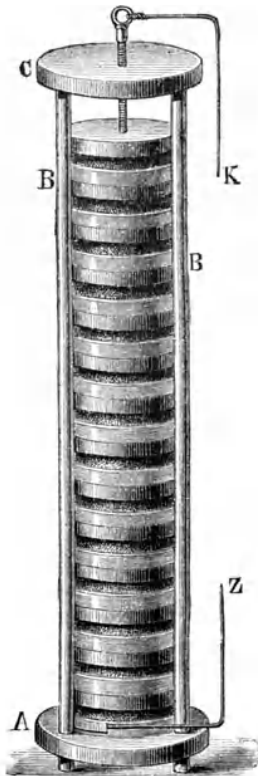


Fig. 10. Voltasche Säule.

Die eben geschilderte Vorrichtung bezeichnet man als ein „galvanisches Element“; die einzelnen Teile desselben haben ebenfalls Benennungen gefunden, welche auf verwandte Vorrichtungen übertragen worden sind und deshalb hier kurz erläutert werden sollen. Die Enden der beiden Metallplatten, welche mit dem Draht verbunden sind und die Überführung des Stromes in diesen und von ihm vermitteln, heißt man die Pole des Elementes, und man nennt den Pol der Kupferplatte den positiven, denjenigen der Zinkplatte den negativen Pol. Der Strom geht also durch den Draht vom positiven zum negativen Pol. Wenn wir später andre Stromerzeuger kennen lernen werden, so werden wir in gleicher Weise den Teil, aus welchem der Strom heraustritt, den positiven Pol des Stromerzeugers, den andern, an welchem der Strom zum Erzeuger zurückkehrt und wieder in ihn hineintritt, den negativen nennen.

Die Zink- und Kupferplatte bezeichnen wir als „Elektroden“, eine Benennung, welche später noch in anderer Verwendung auftreten wird. Der Draht, welcher die Pole verbindet, welcher also den äußeren Teil des Stromkreises bildet,

wird der äußere Stromweg im Gegensatz zum inneren, d. h. zum Stromwege im Elemente, genannt.

Volta hat neben dem vorgenannten Elemente, das als Becherelement bekannt ist, noch eine andre Konstruktion angegeben, welche in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts vielfach von den Physikern benutzt worden und um ihrer historischen Bedeutung

willen auch heute noch in den meisten physikalischen Kabinetten zu finden ist. Es ist die Voltasche Säule, welche in Fig. 10 abgebildet ist. Auf einer hölzernen Grundplatte stehen drei Glasstäbe, die oben durch eine zweite Holzscheibe miteinander verbunden sind. Zwischen diesen Stäben werden die Elektroden, runde Platten, zu einer Säule aufgeschichtet, und zwar derart, daß man auf die hölzerne Grundplatte zunächst eine Zinkplatte, auf diese dann eine mit verdünnter Schwefelsäure angefeuchtete Tuchscheibe, darauf eine Kupferplatte, dann wieder eine Zinkplatte, Tuchscheibe, Kupferplatte u. s. w. legt. Die erste Zink- und die erste Kupferplatte bilden das erste Element; die zwei nächsten Metallplatten das zweite und so fort. Da sich die Kupferplatte des ersten Elementes mit der Zinkplatte des zweiten berührt, so stehen die beiden und so auch alle andern Elemente derart in Verbindung, daß sie ihre Wirkung vereinigen, was wir weiter unten bei der Schaltung von Batterien erläutern wollen. Die sich berührenden Kupfer- und Zinkscheiben können der besseren Leitung und des bequemeren Aufbaues wegen auch aneinander gelötet sein. Die oberste Platte wird eine einzelne Kupferplatte sein, welche durch eine sie berührende Schraube oder, wie bei der untersten Zinkplatte, durch einen angelöteten Draht mit dem äußeren Stromwege verbunden wird. Statt der Kupferscheiben kann man auch solche von Silber, Gold, Platin benutzen, und die alten Physiker haben manchmal ihren ganzen Vorrat an Silberthalern in ihre Säulen gesteckt, was sie zum Glück aber nicht ärmer machte, da, wie schon gesagt, in der Säule nur das Zink angegriffen wird.

Wie wir später sehen werden, gibt die Voltasche Säule einen Strom von verhältnismäßig größerer Spannung, aber eine verhältnismäßig kleine Stromstärke. Für manche Versuche ist aber eine große Stromstärke erforderlich, und um diese zu erzielen, wie sie z. B. zum Glühendmachen von Drähten durch den Strom gebraucht wird, benutzte man eine von Dffershaus im Jahre 1821 angegebene Form, welche der Erfinder wegen der starken Warmwirkung „Kalorimotor“, Wärmeerzeuger, genannt hat. Bei dieser Vorrichtung wurde ein breiter Kupferblechstreifen und ein gleicher aus Zinkblech, welche mit einer Zwischenlage aus Tuch, Korbgeflecht zc. aufeinander gelegt waren, spiralförmig über einen Holzcyliner aufgewickelt (Fig. 11). Dieser cylindrische Körper konnte nun durch die einfache Vorrichtung, welche unsere Abbildung zeigt, in einen mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Eimer getaucht werden und gab für kurze Zeit einen Strom von beträchtlicher Stärke.

Die konstanten Elemente. Für kurze Zeit, sagten wir, und damit haben wir den Mangel bezeichnet, den alle älteren Elemente hatten. Sie wirkten anfangs und für einige Minuten recht kräftig, aber sie ließen in ihrer Wirkung rasch nach, und dies war die Ursache, warum die Wirkungen des elektrischen Stromes lange Zeit hindurch keine praktische Verwendung finden konnten. Man kann sich ja vorstellen, daß beispielsweise ein Telegraphenbetrieb mit der Voltaschen Säule fast undenkbar war, weil bei Anwendung derselben schon nach kurzer Zeit eine Auswechslung der gebrauchten Säule gegen eine frische und die Reinigung der ersteren hätte erfolgen müssen. Als daher die Verwendung des Stromes zuerst mit der Erfindung des elektrischen Telegraphen eine praktische Bedeutung erhielt, war es notwendig, die Verfahren zur Erzeugung des Stromes, zunächst also die galvanischen Elemente, zu verbessern. Wir weisen hier wieder darauf hin, wie sehr die Entwicklung der Elektrotechnik an die Technik der Stromerzeugung gebunden ist.

Zunächst gewann man eine kleine, aber wichtige Verbesserung, indem man das Zink amalgamierte, d. h. ihm durch Berührung mit Quecksilber einen Überzug, der aus einer Legierung von Quecksilber und Zink besteht, gab. DEMP hatte schon im Jahre 1822 erkannt, daß solches Zink-Amalgam im Element ebenso wirkt wie Zink, aber den Vorteil bietet, daß es während des Nichtgebrauches des Elementes, während also kein Strom er-

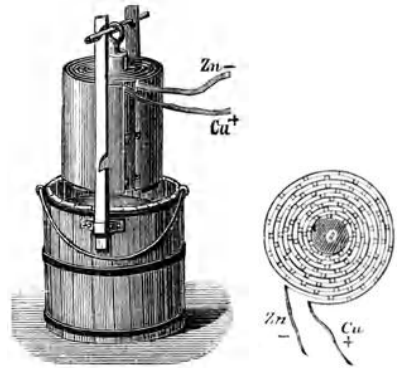


Fig. 11. Dffershaus' Kalorimotor.

zeugt wird, von der verdünnten Säure nicht angegriffen wird, und Sturgeon schlug 1830 vor, solche amalgamierten Zinkelektrode im Element statt der Zinkbleche zu verwenden. Damit war zwar der unnütze Zinkverbrauch beseitigt, noch nicht aber die Ursache der Schwächung der Elemente während des Gebrauches. Dies gelang erst Daniell, der einige Jahre später, 1838, sein vortreffliches Zink-Kupfer-Element konstruierte.

Um jene Ursache, ihre Wirkung und ihre Beseitigung zu verstehen, müssen wir einige Ausführungen eines späteren Kapitels vorwegnehmen. Wir werden später sehen, daß der Strom zusammengesetzte Flüssigkeiten bei seinem Durchgange zerlegt. Dies wird nun auch im Element, wo der Strom von Zink durch die verdünnte Schwefelsäure zum Kupfer geht, geschehen; es wird das Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt werden, und während der Sauerstoff gemeinsam mit der Schwefelsäure sich mit dem Zink verbindet, bedeckt der Wasserstoff, der am Kupfer abgeschieden wird, in Bläschen dieses letztere und beeinträchtigt nicht nur die notwendige Berührung desselben mit der Flüssigkeit, sondern schwächt auch dadurch die Wirkung des Elementes, daß er durch seine Verwandtschaft zum Sauerstoff diesen, der sich mit dem Zink zu verbinden strebt, an der Verbindung hindert und einen Strom von entgegengesetzter Richtung im Element hervorzubringen sucht. Diese Erscheinung bezeichnet man als Polarisation, an welcher also



Fig. 12. Daniell-Element.

der freigewordene Wasserstoff schuld ist. Man muß also suchen, diesen Störenfried im Moment des Entstehens zu beseitigen, und dies glückte Daniell durch einen einfachen und genialen Kunstgriff. Derselbe besteht darin, daß dem freiwerdenden Wasserstoff im Moment seines Entstehens eine entsprechende Menge eben entstehenden Sauerstoffes geboten wird, mit welcher er sich flugs zu dem unschuldigen Wasser verbindet. Betrachten wir, wie Daniell dies erreichte. Er setzte die Zink- und die Kupferelektrode in zwei verschiedene Flüssigkeiten, die erstere in die bekannte verdünnte Schwefelsäure, die letztere in eine Lösung von Kupfervitriol. Kupfervitriol ist eine Verbindung von Kupfer, Sauerstoff und Schwefelsäure, welche durch den Strom zerlegt wird, so daß beim Stromdurchgang Kupfer frei wird, welches sich an der Kupferelektrode niederschlägt, ferner Schwefelsäure, welche zum Zink geht und die dort verbrauchte Schwefelsäure ergänzt und endlich Sauerstoff, der sich schleunigst mit dem freiwerdenden Wasserstoff zu Wasser verbindet und dessen störende

Wirkung unmöglich macht. Da wir aber zwei Flüssigkeiten haben, welche sich nicht vermischen dürfen, so gilt es, beide getrennt zu halten, ohne dabei den Stromdurchgang aufzuheben. Zu diesem Zwecke trennte Daniell die beiden Flüssigkeiten durch eine poröse (durchlässige) Scheidewand, welche die Vermischung beider Flüssigkeiten hindert, dem Strom aber einen Weg durch die zahlreichen feinen Kanälchen ermöglicht.

Das Daniell-Element ist in Fig. 12 abgebildet. In einem Glasgefäße steht ein rund gebogenes Kupferblech; innerhalb desselben steht eine sogenannte Thonzelle, ein cylindrisches, unten geschlossenes Gefäß aus schwachgebranntem Thon, welches die Flüssigkeiten durchsickern läßt. In der Thonzelle steht ein Zinkcylinder. Der äußere Raum zwischen Glas und Thonzelle wird mit Kupfervitriollösung gefüllt, der Thonzylinder mit verdünnter Schwefelsäure. Die bei der Zersetzung der Kupfervitriollösung frei werdende Schwefelsäure geht durch die sogenannte endosmotische Wirkung in die Thonzelle; das Kupfer schlägt sich auf der Kupferelektrode nieder und verändert also die Natur derselben nicht. Das durch die Verbindung des freiwerdenden Wasserstoffes und Sauerstoffes entstehende Wasser und der allmähliche Verbrauch des gelösten Kupfervitriols durch die Zersetzung lassen die Lösung am Kupfer fortschreitend ärmer werden. Es ist deswegen nötig, für Nachschub Sorge zu tragen, was man am einfachsten dadurch erreicht, daß man Kupfervitriolstückchen in die Lösung wirft, welche sich nach Bedarf auflösen und die Lösung konzentriert erhalten.

Das Daniell-Element hat zahlreiche Abänderungen erfahren, die aber alle auf die Grundform, wie sie Daniell gegeben hat, zurückführen. Einige davon, welche sich durch

das Fehlen der porösen Scheidewand auszeichnen, werden wir weiter unten bei den Schwachstrom-Elementen besprechen. Hier sei nur noch eine Abänderung erwähnt, welche wir dem berühmten englischen Physiker Sir William Thomson verdanken.

Ein flacher Trog aus Holz (Fig. 13) ist mit Bleiblech ausgefüttert, auf dem Boden desselben liegen vier Holzklötzchen. Auf diese stellt man die rostartige Zinkelektrode, welche in Pergamentpapier eingeschlagen ist, derart, daß die untere Fläche und die vier Seiten von dem Papier umschlossen werden. In den Holztrog wird nun Kupfervitriollösung gegossen, während man in den Kästen, den das Pergamentpapier bildet, reines Wasser füllt. Man setzt nun die Elemente so aufeinander, daß das Bleiblech des einen Elementes durch einen angelöteten, umgelegten Bleistreifen in Verbindung mit dem Zink des nächsten unteren steht. Dadurch werden die Elemente unmittelbar miteinander in Verbindung gesetzt, wie wir es schon bei der Voltaschen Säule gesehen haben. Die Wirkung der Säule wird anfangs schwach sein, bis sich genügend Schwefelsäure aus der Kupfervitriollösung abgeschieden hat und zum Zink gedrungen ist. Es ist ersichtlich, daß eine solche Anordnung der Elemente die größte Raumersparnis ermöglicht; dies war notwendig für die Zwecke, denen das Element zu dienen hat. Es ist nämlich für den Gebrauch bei einem sehr genialen von Sir W. Thomson erfundenen Telegraphenapparat für Unterseeleitungen, den Syphon Reforder (Heberschreiber) bestimmt, der später beschrieben werden soll.

Nachdem man einmal kennen gelernt hatte, wodurch die Anzulänglichkeit der alten Elemente beseitigt werden konnte, tauchten zahllose neue Elemente auf, und, wie heutzutage jeder rechtschaffene Elektrotechniker mindestens eine Vogenlampe oder ein Mikrophon erfunden haben muß, um in die Zunft aufgenommen werden zu können, so galt es vor dreißig und vierzig Jahren für jeden, der sich mit Elektrizität befaßte, als Ehrensache, ein neues Element zu erfinden. Der Kuriosität wegen sei erwähnt, daß auch Louis Bonaparte, nachmals Kaiser Napoleon III., zwei Elemente erfunden hat, die eine gewisse Absonderlichkeit aufweisen. Es ist natürlich nicht unsre Sache, die vielen hundert Formen, vielleicht sind es sogar mehrere tausend, an dieser Stelle zu berücksichtigen, wir werden uns vielmehr damit begnügen, die hauptsächlichsten derselben, soweit sie für die Entwicklung der Elektrotechnik oder für die Jetztzeit Interesse haben, zu beschreiben.

Das Smee-Element. Auf dem Wege, den Daniell für die Herstellung der konstanten Elemente — so heißt man diejenigen Elemente, welche längere Zeit hindurch einen konstanten, d. h. gleichmäßigen und andauernden Strom liefern können — eingeschlagen hatte, schritten andre Forscher und Erfinder weiter. Eine eigenartige Verbesserung brachte Smee (1840) zustande, welche darin bestand, daß er die Elektrode, an welcher der Wasserstoff auftritt, mit Platinmoor, schwammiges Platin, das aus einer Chloridlösung niedergeschlagen wird, überzog. Wir haben schon früher gesagt, daß man an Stelle des Kupfers auch andre Metalle benutzen kann, und manche unter ihnen geben eine bessere Wirkung als das Kupfer, so das Platin, welches Smee für das Kupfer in reinem Elemente verwandte. Als Unterlage für das Platinmoor benutzte er eine Platin- oder der Ersparnis wegen auch eine Silberplatte. Im übrigen war das Element dem Becher-Element von Volta gleich. Als Flüssigkeit wurde wie dort verdünnte Schwefelsäure angewendet. Der Platinmoor-Überzug verleiht nun der Elektrode eine samtartige Oberfläche, von welcher sich die entstehenden Wasserstoffbläschen leicht ablösen, so daß sie in die Luft entweichen und nicht mehr störend wirken können. Der Wasserstoff wird also in dem Smee-Elemente nicht durch chemische, sondern durch physikalische Mittel beseitigt. Die Leistungsfähigkeit des Elementes ist, was die Konstanz angeht, eine gute, und man hat es deshalb lange Zeit

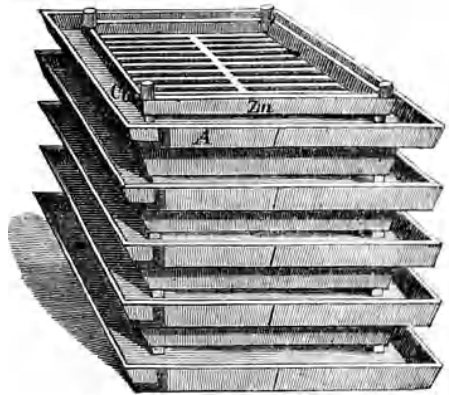


Fig. 13. Trogatterie von Thomson.

hindurch im Telegraphenbetriebe benutzt, bis es durch verbesserte Vorrichtungen verdrängt wurde (Fig. 14).

Das Grove-Element.

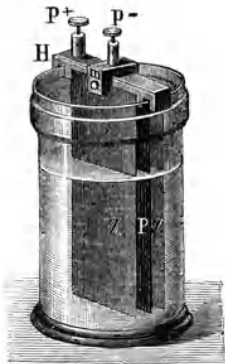


Fig. 14. Seebeck-Element.

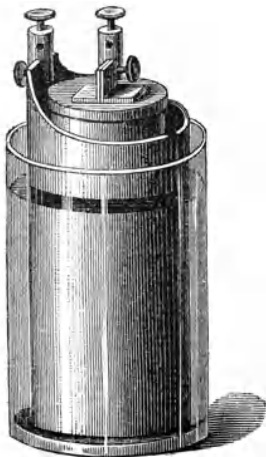


Fig. 15. Grove-Element.

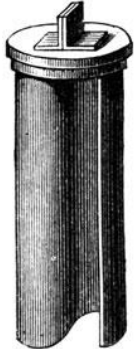


Fig. 16. Platin-elektrode des Grove-Elementes.

Das Daniell-Element hat einen Mangel. Der Strom muß in ihm die Kupfervitriollösung zerlegen, um den zur Bindung des Wasserstoffes benötigten Sauerstoff zu gewinnen. Die Zersetzung von Flüssigkeiten bedeutet aber eine Arbeit für den Strom, und somit geht ein Teil der im Element gewonnenen elektrischen Energie bei der Zerlegung des Kupfervitriols verloren. Man suchte deshalb nach andern Stoffen, welche im Stande waren, den Wasserstoff zu oxydieren, und der Engländer Grove fand in der Salpetersäure eine für den gedachten Zweck geeignete Verbindung. Nun greift aber Salpetersäure die meisten Metalle an, und Grove konnte deswegen das Kupfer nicht in einem Element mit Salpetersäure verwenden, sondern mußte Gold oder Platin anwenden. Von diesen beiden Metallen empfiehlt sich aber das letztere wegen seines geringeren Preises und seiner höheren elektrischen Wirkung.

Die Konstruktion des Groveschen Elementes (Fig. 15), welches 1838 erfunden wurde, ist derjenigen des Daniell-Elementes im Prinzip gleich, nur ist bei ihm das Kupfer durch Platin, die Kupfervitriollösung durch Salpetersäure ersetzt. Außerdem pflegt man beim Platin-Element das Zink in den äußeren Raum, das Platin in die Thonzelle zu stellen. Da man nämlich das teure Platin in dünnen Blechen anwendet, so ist es zur Schonung der Elemente angebracht, sie durch eine passende Armierung zu schützen. Man befestigt deswegen das S-förmig gebogene Blech an einer runden Porzellanscheibe, auf welcher zwei den Ableitungstreifen des Bleches einklemmende Messing- oder Kupferwinkel sitzen. Bei dieser Einrichtung kann die zur Verbindung angebrachte Klemmschraube fest angeschraubt werden, ohne daß das dünne Platinblech leidet. Außerdem dient die Porzellanscheibe als Deckel, welcher die Thonzelle abschließt und die unangenehmen und schädlichen Dämpfe der Salpetersäure zurückhält. Die Form der armierten Platinelektrode läßt Fig. 16 erkennen. Das Zink steht wie beim Daniell-Element in verdünnter Schwefelsäure. Die Salpetersäure des Elementes oxydiert nun unter Abgabe von Sauerstoff den an

der Platinelektrode entstehenden Wasserstoff zu Wasser. Dadurch wird sie aber selbst verdünnt, und wenn ein gewisser Grad der Verdünnung erreicht worden ist, hört ihre Wirkung auf. Sie hat also gegen die Kupfervitriollösung den Nachteil, daß sie nicht wie diese in einfacher Weise wieder anreichert werden kann. Dafür ist aber die Wirkung des Grove-Elementes derjenigen des Daniell-Elementes aus dem vorerwähnten Grunde überlegen. Während das Daniell-Element nur etwas über 1 Volt elektromotorische Kraft besitzt, ist diese Größe beim Grove-Element um die Hälfte größer, denn sie beträgt rund 1,65 Volt.

Das Bunsen-Element. Man hatte nun schon früher erkannt, daß Kohle in einem Element eine ähnliche kräftige Wirkung wie Platin ausübt, und schon Grove hatte daran gedacht, diesen Stoff an Stelle des teuern Platins zu benutzen. Aber die Holzkohle, welche die damals einzig bekannte, für solche Zwecke brauchbare Form des Kohlenstoffes abgab, ist wegen ihrer Porosität wenig für elektrische Zwecke verwendbar. Da war es nun unser

berühmter Chemiker Bunsen, der Miterfinder der Spektralanalyse, der die Herstellung einer sehr dichten Kohle erfand und dieselbe an Stelle des Platins für Elemente in Gebrauch nahm. Über das Verfahren, welches man bei der Herstellung solcher Kohlen anwendet,

soll später berichtet werden. Hier sei nur noch bemerkt, daß sich eine ähnliche dichte, sogar noch dichtere Kohle in festen Platten an den glühenden Wänden der Gasretorten abscheidet, welche sich ebenfalls vortrefflich für die Verwendung in Elementen eignet, da sie sich sägen und abschleifen läßt. Dieser „Retortenrückstand“ ist, wie wir sehen werden, ein wichtiges Material für die Elektrotechnik und dadurch ein weiteres der zahlreichen wertvollen Nebenprodukte der Gasfabrikation geworden.

Die Konstruktion des Bunsen-Elementes ist die gleiche wie die des Grove-Elementes, doch setzte Bunsen anfänglich (1842) die Kohle in Form von Cylindern in den äußeren Raum des Elementes, eine Anordnung, welche von Arçhereau dahin abgeändert wurde, daß er prismatische Kohlenstäbe in die Thonzelle stellte. In beiden Fällen wird natürlich die Salpetersäure in den Raum der Kohle gebracht, während das Zink in verdünnter Schwefelsäure steht. Elemente dieser neueren und verbreitetsten Form gibt unsre Fig. 17 wieder.

Das Bunsen-Element hat eine große Verbreitung gefunden. Nicht nur in den Laboratorien wendet man es zur Erzeugung stärkerer Ströme an, sondern auch die Galvanotechnik bediente sich seiner mit Vorliebe trotz mancher Untugend, die es an sich hat. Es entwickelt nämlich unangenehme Dämpfe und insbesondere stößt es, wenn die Salpetersäure anfängt erschöpft zu werden, dicke braunrote Dampfwolken von erstickendem Geruch aus. So lange man aber auf das Element als Stromerzeuger angewiesen blieb, mußte man diese Uebelstände mit in den Kauf nehmen und durch sorgsame Behandlung unschädlich zu machen suchen.

Das Chromsäure-Element. Schon im selben Jahre (1842), in welchem Bunsen sein Element erfand, gab der bekannte Berliner Physiker Poggendorff, dem die Elektrizitätslehre so manche wichtige Erweiterung verdankt, als Ersatz für die Salpetersäure ein andres Algen an, die Chromsäure, welche wie erstgenannte Säure die Eigenschaft hat, entstehenden Wasserstoff zu oxydieren. Die Herstellung reiner Chromsäure wird aber ziemlich kostspielig; Poggendorff benutzte deswegen eine Lösung von doppelchromsaurem Kali, welcher Schwefelsäure zugesetzt wird. Die chemischen Vorgänge bei der Verwendung dieser zusammengesetzten Flüssigkeit sind ziemlich verwickelte; es genüge hier zu sagen, daß die Schwefelsäure das doppelchromsaure Kali zerlegt und Chromsäure frei macht; aus der Chromsäure tritt ein Teil des Sauerstoffs heraus und verbindet sich mit dem Wasserstoff; als Rückstand bleibt Chromalaun in der Flüssigkeit gelöst.

Diese Chromsäure-Elemente zeichnen sich vor dem Grove- und dem Bunsen-Element dadurch aus, daß sie geruchlos sind und an den Polen eine höhere Spannung zur Verfügung geben. Dagegen ist ihre Wirkung keine so anhaltende wie bei den letzteren, was aber für viele Verwendung weniger in Betracht kommt, als die Abwesenheit lästiger Abscheidungen in Dampfform. Sie haben aber noch einen andern Vorzug, man kann nämlich bei ihnen die Thonzelle fortlassen und das Zink in die gleiche Flüssigkeit mit der Kohle bringen. Diese Vereinfachung ist für viele Zwecke eine sehr wertvolle, denn sie erleichtert das „Aufsetzen“ des Elementes wie auch seine Reinigung. Die Verwendung der Chromsäure hat deswegen der Ausbildung der galvanischen Elemente eine neue Richtung gegeben, und wir wollen einige der hierher gehörigen Konstruktionen, welche für die Praxis Bedeutung gewonnen haben, beschreiben. Zunächst möchten wir zum Verständnis dieser Formen erwähnen, daß die angesäuerte Lösung von doppel chromsaurem Kali das Zink auch bei ungeschlossnem Elemente angreift, und um diesem unliebsamen Verlust zu entgehen, hat man die Chromsäure-Elemente derart konstruiert, daß man die Zinke nach beendigtem Gebrauche bequem herausheben kann.

Eine solche sehr beliebte Einrichtung hat Grenet 1856 in seinem Flaschen-Elemente (Fig. 18) gegeben. Ein bauchiges Glasgefäß ist durch einen Holzdeckel geschlossen.

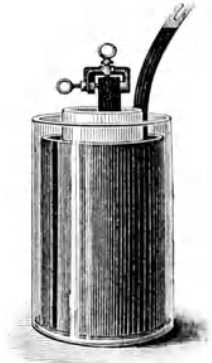


Fig. 17
Bunsen-Element



Fig. 18. Grenet's
Flaschenelement.

An dem Deckel sind zwei Kohlenplatten in paralleler Lage mit geringem Zwischenraum befestigt und mit einer der beiden, auf dem Deckel stehenden Klemmschraube leitend verbunden. In der Mitte des Deckels steht eine Metallhülse, in welcher sich ein Messingstab senkrecht auf- und abschieben läßt. An dem unteren Ende desselben sitzt die Zinkplatte, welche zwischen den beiden Kohlenplatten und parallel zu ihnen liegt. Die metallene Hülse, welche leitend mit der zweiten Klemmschraube verbunden ist, trägt am Kopf eine Schraube, mit welcher man den Stab und die Zinkplatte in jeder Lage feststellen kann.

Das Gefäß wird nun mit der vorerwähnten Lösung so weit gefüllt, daß das Zink, wenn vollständig gehoben, nicht mehr in dieselbe eintaucht. Will man das Element benutzen, so hat man das Zink mit Hilfe des Stabes so weit zu senken, daß es in die Flüssigkeit eintaucht. Es ist dies eine sehr bequeme Einrichtung, da das Element jederzeit gebrauchsfertig zur Hand ist. Zur Erzeugung stärkerer Ströme ist das kleine Element naturgemäß nicht genügend leistungsfähig, wir werden daher später, wo es sich um die

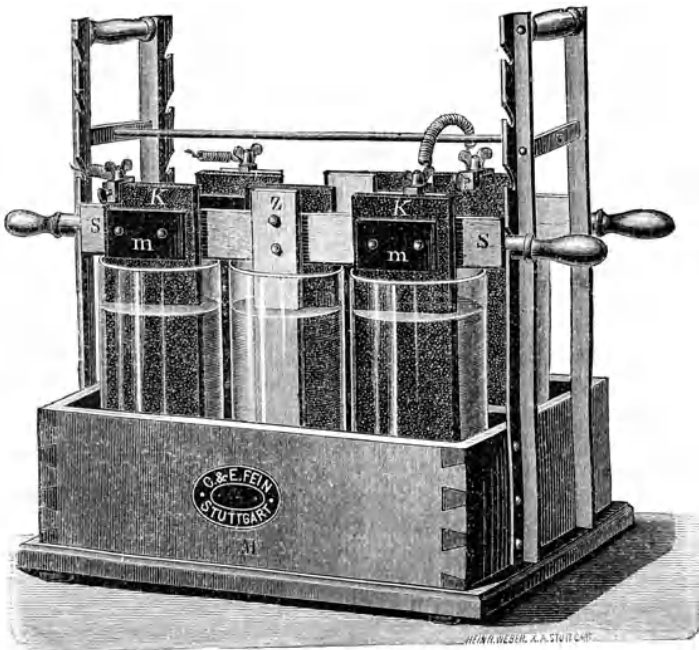


Fig. 19. Tauchbatterie von C. & E. Fein.

Erzeugung stärkerer Ströme für medizinische Zwecke handelt, Abänderungen dieses Grenet-Elementes beschreiben, welche in bequemer Weise stärkere Ströme erzielen lassen.

Eine größere Batterie dieser Art stellt unsere Figur 19 dar. Es ist dies eine „Tauchbatterie“ von C. & E. Fein in Stuttgart, welche aus sechs Elementen besteht. Die Bezeichnung erklärt sich von selbst und auch die Konstruktion bedarf keiner weiteren Erläuterung. Für Laboratoriumszwecke und ähnliche Verwendungen ist eine solche Batterie jedenfalls die bequemste, wenn man nicht für lange Zeit Strom gebraucht.

Sehr beliebt sind diese Batterien, wo es sich um die Erzeugung von elektrischem Licht für kurze Zeit handelt, so zur Demonstration bei Vorlesungen und auch in medizinischer Verwendung zur Beleuchtung von Körperhöhlen. Einige Elemente können eine kleine Glühlampe ein bis zwei Stunden speisen. Größere Leistungen darf man freilich nicht erwarten, obwohl man mehrfach versucht hat, die Chromsäure-Elemente für die elektrische Beleuchtung nutzbar zu machen. Der großartigste Versuch in dieser Richtung ist bei der Beleuchtung des Comptoir d'Escompte in Paris zur Ausführung gelangt. Man hatte dort 60 Batterien zu je 48 Elementen aufgestellt und mit dem Strom derselben

mehrere hundert Glühlampen und verschiedene Bogenlampen gespeist. Durch Röhrenleitungen wurde aus den Elementen die verbrauchte Flüssigkeit abgeseigt und durch andre Röhren frische Lösung aus einem Behälter zugeführt. Der ganze Apparat wurde dadurch ziemlich verwickelt, und unsere Fig. 20 mag einen Begriff davon geben, wie die Einrichtung dieser Batterien gestaltet war. Der Versuch war, wie gesagt, großartig, aber er hat nur bewiesen, daß die Chromsäure-Elemente für die elektrische Beleuchtung ungeeignet sind. Man hat deswegen auch nach kurzer Zeit von der Fortsetzung des Betriebes Abstand genommen.

Wir wollen an dieser Stelle einige Worte über die Verwendung von Batterien für elektrische Beleuchtung hinzufügen, vielleicht daß sie dem einen oder andern Leser als Warnung dienen können. Eine solche „Batterie-Beleuchtung“ muß recht verlockend erscheinen. Man denke sich, um nur einen Fall herauszugreifen, der Besitzer einer Villa möchte gern für das eine oder andre seiner Zimmer einige wenige Glühlampen anbringen und auch das Schlafzimmer des Nachts in jedem Augenblick durch einen Druck auf einen Knopf erleuchten können; sich die Umstände und die Kosten für eine große Dampfmaschinenanlage und für den Betrieb zu machen, betrachtet er als ausgeschlossen,

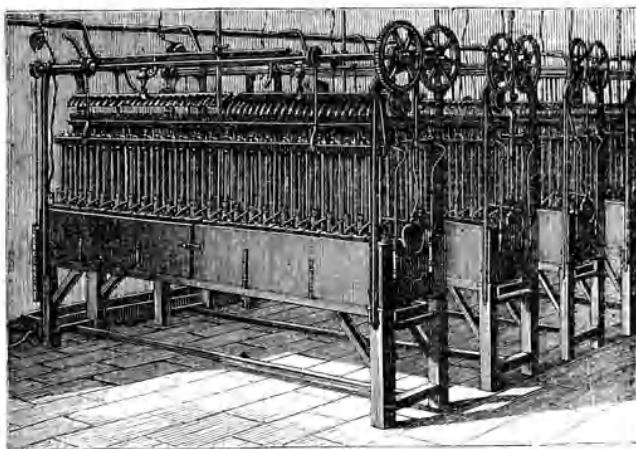


Fig. 20. Beleuchtungsbatterie im Comptoir d'Escompte.

aber sich einige Duzend galvanische Elemente in einen abgelegenen Raum hinzustellen und an ihnen einen bequemen und willigen Stromerzeuger zu haben, das wäre ihm schon recht, selbst wenn der Betrieb etwas teurer wäre, als bei Anwendung von Maschinen. Gewiß, dieser Wunsch ist sehr verbreitet und bietet der Industrie ein schönes Verwertungsfeld. Es haben sich auch darum viele Elektrotechniker bemüht, diesem Bedürfnis zu entsprechen, aber es sei gleich gesagt, noch keinem ist es gelungen, eine Beleuchtungsbatterie herzustellen, welche billigen Anforderungen entspricht, und es erscheint bei dem heutigen Stande der Chemie nicht wahrscheinlich, daß wir eine solche Batterie zu konstruieren vermögen. Alle dahin zielenden Versuche sind gescheitert und nicht nur deswegen, weil das Licht viel zu teuer wird, sondern vornehmlich auch deshalb, weil die Beleuchtungsbatterien ein viel zu hohes Maß Wartung verlangen, so daß die Bedienung der Batterie nur durch einen sachkundigen Mann ausgeübt werden kann und trotzdem diese Stromerzeuger unzuverlässig für den Betrieb bleiben. Es soll damit nicht gesagt sein, daß die sich fortentwickelnde Elektrotechnik uns nicht dereinst die Mittel bieten wird, den hier in Frage kommenden Anforderungen Genüge zu leisten, zur Zeit vermag sie es aber nicht. Nun, erfolglose Bestrebungen sind an sich ja nicht zu tadeln, weil sie eben keinen Erfolg gebracht haben. Was aber die strengste Verurteilung verdient, ist die Thatsache, daß Batteriebeleuchtungserfinder unter schlauer Benutzung des offenbar vorhandenen Bedürf-

niffes Unsummen für ihre angeblich durchaus einwandfreien Batterien zu erschwindeln mußten. In Amerika, in England, in Deutschland, in Frankreich sind Millionen und Millionen Mark für derartige Erfindungen von bethörten Kapitalisten gezahlt worden, und es hatte sich ein vollständiges System zur Ausbeutung gläubiger Laien ausgebildet, welches in manchen Fällen sehr traurige Ergebnisse für den Hintergangenen gehabt hat. Die beispiellose Entwicklung der Elektrotechnik und ihrer Industrie hat ja manches wertlose Gewächs gezeitigt, keines aber, das so unerfreulich ist, wie der Beleuchtungsbatterieschwindel.

Elemente für schwache Ströme. Wir gehen nun über zu den Elementen, welche zur Erzeugung schwacher Ströme bestimmt sind und in erster Reihe Verwendung in der Telegraphie gefunden haben. Die Telegraphentechniker hatten von Anbeginn ein sehr erklärliches Interesse, Elemente zu verwenden, welche möglichst billig, einfach und sicher im Betriebe sind, aber es hat, so einfach jetzt die Aufgabe erscheinen mag, lange Jahre der Arbeit gekostet, bis man zu einem guten Stromerzeuger für die Telegraphie gelangt ist. Im Anfang hat man vielfach das früher beschriebene Smee-Element benutzt, später auch das Daniell-Element, dessen ausgezeichnete Eigenschaften man durch zweckmäßige Abänderungen zu verbessern strebte. So sind zahlreiche Typen von Schwachstrom-Elementen entstanden, von denen wir an dieser Stelle nur die wichtigsten und verbreitetsten beschreiben können.

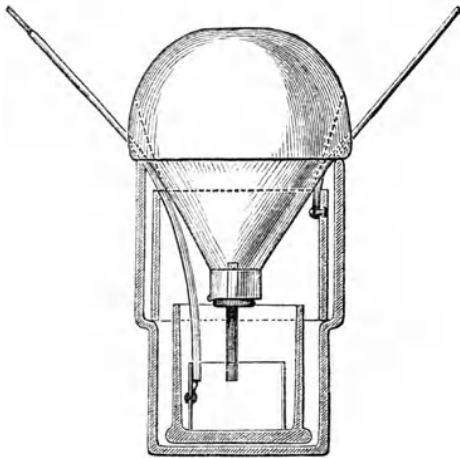


Fig. 21. Weidinger-Element.

Das Weidinger-Element. Das Daniell-Element in der früher beschriebenen Form ist für die Telegraphentechnik in seiner Behandlung nicht ganz bequem, die zerbrechliche Thonzelle, das Nachfüllen von Kupfervitriol u. a. m. bedeuten Übelstände, welche den Betrieb erschweren. Da gelang es nun 1859 dem Karlsruher Professor Weidinger, der so manche hübsche Erfindung gemacht hat, durch einen geschickten Kunstgriff die poröse Scheidewand zu beseitigen. Er legte nämlich die Zinkelektrode über die Kupferelektrode und umgab die erstere mit einer Flüssigkeit, welche spezifisch leichter als Kupfervitriol-

lösung ist, so daß sie auf der letzteren wie Öl auf Wasser schwimmt. Auf diese Weise werden beide Flüssigkeiten getrennt gehalten, und es bedarf keiner Scheidewand zwischen beiden. Wir beschreiben die neue Form dieses Elementes, welche am meisten Eingang gefunden hat. Der obere Teil eines cylindrischen Glasgefäßes ist etwas weiter als das untere Drittel; es entsteht also an der Übergangsstelle ein Rand, auf welchem der Zinkcylinder steht. Auf dem Boden des Glases steht ein kleineres cylindrisches Glasgefäß, in welchem sich ein Ring aus Kupferblech befindet; an das Blech ist ein mit Guttapercha isolierter Draht gelötet, welcher durch die Flüssigkeit des Glases führt und zur Fortleitung des Stromes dient. Auf dem Rande des großen Glases ruht der Kopf eines sich nach unten hin verjüngenden Glasballons, der bis auf die Mündung unten am Halse verschlossen ist. In der Mündung steckt ein Kork, und in denselben ist ein Glasröhrchen eingesetzt, welches etwas unter dem oberen Rand des kleinen Glasgefäßes in dieses mündet. Der Ballon wird nun mit Stückchen Kupfervitriol gefüllt, dann steckt man den Kork mit dem Glasröhrchen ein und stellt den Ballon in das Glas, wie es die Fig. 21 zeigt. Vorher hat man das Glas mit einer Lösung von Bittersalz (schwefelsaure Magnesia) gefüllt. Diese Flüssigkeit tritt einige Zentimeter weit in den Ballon hinein, findet dort das Kupfervitriol und löst dasselbe. Die Lösung sinkt in das kleinere Glasgefäß, bedeckt das Kupferblech und steigt bis zur Mündung des Glasröhrchens. So lange nun die Kupfervitriollösung im Glase konzentriert ist, wird von dem Salz im Ballon nichts gelöst. Sobald aber die

Lösung ärmer wird, sinkt die reichere Lösung aus dem Halse des Ballons nach unten, und die ärmerere steigt statt dessen in den Ballon, um sich anzureichern. Es findet also ein regelmäßiger Nachschub entsprechend dem Verbrauch statt. Die bei der Stromerzeugung entwickelte Schwefelsäure geht zum Zink, und es entsteht dort also die uns wohlbekannte Mischung von Wasser und Schwefelsäure, welche das Zink löst.

Das Meidinger-Element ist vortrefflich, wo es gilt, einen ununterbrochenen, schwachen Strom zu erzeugen, da es monatelang einen gleichmäßigen Strom gibt. Wir werden später sehen, daß die sogenannte Ruhestromschaltung, bei welcher die telegraphische Wirkung nicht durch einen Stromimpuls, sondern im Gegenteil durch das Aufhören des Stromes erzielt wird, solche andauernde Elemente verlangt, und bei ihr kommt das Meidinger-Element in erster Reihe zur Verwendung.

Das Callaud-Element. Eine Vereinfachung des Meidinger-Elementes brachte Callaud 1861 heraus. Das Callaud-Element wird jetzt in der Telegraphie vorwiegend benutzt, und wir beschreiben hier das Modell, welches die deutsche Reichstelegraphie anwendet. An dem oberen Rande eines cylindrischen Glasgefäßes hängt mit drei Vorsprünge ein Zinkcylinder, der bis etwa zur Hälfte des Glases hinabreicht (Fig. 22). Auf dem Boden des Glases liegt eine Bleiplatte, in deren Mitte ein vertikaler Bleistab befestigt ist. Man schüttet nun auf den Boden eine Lage Kupfervitriolstücke und füllt dann das Glas mit Zinkvitriollösung. Die Bleielektrode wirkt wie eine Kupferelektrode, nur schwächer. Dies schadet aber nichts, denn durch die Auscheidung von Kupfer aus dem Kupfervitriol bedeckt sich das Blei nach kurzer Zeit mit einem Kupferniederschlag, und die Elektrode wirkt dann wie eine Kupferelektrode. Wegen des größeren spezifischen Gewichts der Kupfervitriollösung bleibt dieselbe am Boden liegen, und man hat nur Sorge zu tragen, daß sie nicht bis zum Zinkring ansteigt. Selbstverständlich muß dieses Element wie das vorige vor Erschütterungen bewahrt werden, damit die geschichteten Flüssigkeiten nicht vermischt werden.

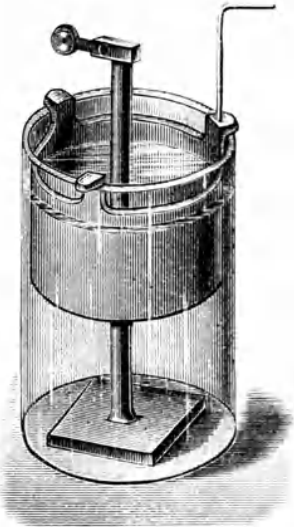


Fig. 22. Callaud-Element.

Das Leclanché-Element und seine Abänderungen.

Wie das Zink-Kupferelement, so ist auch das Zink-Kohle-Element durch Abänderungen den Bedürfnissen der Telegraphie angepaßt worden, und eine dieser Abänderungen hat von allen Elementen wohl die größte Verbreitung gefunden. Es ist dies das von dem Franzosen Leclanché 1868 erfundene Braunstein-Element. Braunstein ist eine Sauerstoff-Verbindung des Mangans, welche unter gewissen Bedingungen einen Teil ihres Sauerstoffes abgibt, also zur Oxydation des Wasserstoffes verwendet werden kann. Es hatte deswegen bereits De la Rive im Jahre 1843 vorgeschlagen, den Braunstein als „Depolarisator“, d. h. zur Beseitigung des polarisierenden Wasserstoffes, in Elementen anzuwenden, aber erst Leclanché gelang es, ein brauchbares Element dieser Art herzustellen. Die Anordnung, welche er demselben gab, ist folgende. Eine Zelle wird mit einem Gemisch von Braunstein- und Retortenrückstandskörnern (Kohlengries) gefüllt, nachdem zuvor eine rechteckige Kohlenplatte in die Zelle eingefügt worden ist. Diese Platte dient als Ableitung und trägt deswegen einen angelegten Bleikopf mit Klemmschraube. Die Körnermischung läßt einige Zentimeter am oberen Teile der Zelle frei, und der leere Raum wird mit Pech ausgegossen, so daß die Körner nicht herausfallen können und Zelle und Kohlenplatte einen soliden Körper bilden. Dieser Cylinder wird nun in ein viereckiges Glas gesetzt, deren oberer runder Rand nach einer Ecke des Glases ausgebogen ist, wie Fig. 23 dies erkennen läßt. Hier wird die Zinkelektrode, ein Stab mit angelötetem Leitungsdraht, eingefügt.

Die viereckige Form des Glases hat man gewählt, weil solche Gläser, wenn in einem Schrank z. d. d. dicht zusammengestellt, den größten Fassungsraum haben. Als Flüssigkeit

kommt in das Glas eine Lösung von Salmiak (Chlorammonium). Der Vorgang im Element ist folgender: Das Chlor des Salmiaks verbindet sich mit dem Zink zu Chlorzink, es spielt also die gleiche Rolle, wie in den früheren Elementen die Schwefelsäure. Das Ammonium spaltet sich bei der Trennung vom Chlor in Ammoniak, welches entweicht, und in Wasserstoff. Der letztere entzieht dem Braunstein einen Teil seines Sauerstoffes und verbindet sich mit diesem zu Wasser. Dies ist allerdings der Hauptvorgang und der bezweckte; es entstehen aber noch manche andre Produkte, welche zu Störungen Anlaß geben, und besonders wenn das Element zu sehr angestrengt wird.

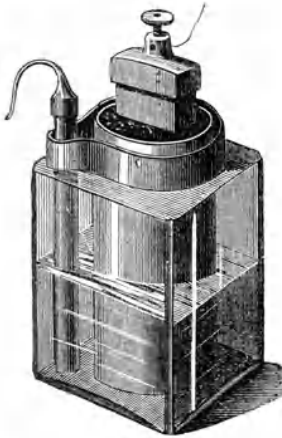


Fig. 23. Reclanché-Element.
Ältere Form.

Die Verbrennung des Wasserstoffes am Braunstein, d. h. die Drydation desselben, geht nämlich nicht schlankweg in jeder beliebigen Stärke vor sich, vielmehr wirkt der Braunstein in der gewünschten Weise nur bei langsamer und geringer Zuführung von Wasserstoff. Deshalb vermag das Element nur für kurze Zeit seine volle Wirkung zu äußern, und es schwächt sich um so schneller, je stärker es angestrengt wird. Es erholt sich aber nach kurzer Zeit und ist darum vor allen andern Elementen für solche Fälle geeignet, wo man mit Unterbrechung kurzdauernde Ströme braucht, z. B. in der Haus-Telegraphie, wo die elektrische Klingel ja nur für kurze Zeit und in größeren Zwischenräumen benutzt wird. Diese Eigenschaft hat dem Reclanché-Element auch eine große Verbreitung verschafft, und die Zahl der im Betrieb befindlichen derartigen Elemente geht in die Millionen; so ziemlich eine halbe entfällt schon auf die Fern-

sprechanlagen unsrer deutschen Reichstelegraphenverwaltung, und so kann es uns nicht wunderbar erscheinen, daß sich eine ausgedehnte Industrie für die Herstellung dieser Elemente entwickelt hat.

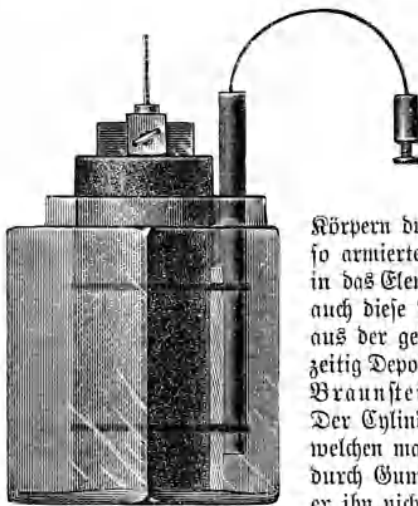


Fig. 24.
Braunstein-Cylinder-Element.

Die Thonzelle und die Körnerfüllung suchte man zu beseitigen, und zwar zuerst auf dem Wege, daß man Braunstein und Kohle fein vermahlen zusammenmischte und mit Hilfe eines passenden Bindemittels Ziegel daraus formte, denen man durch schwaches Brennen die nötige Festigkeit gab. Je einen solchen Ziegel legte man auf jede Seite der Kohlenplatte und gab den drei Körpern durch umgelegte Gummibänder Zusammenhalt. Die so armierte Kohle wurde dann an Stelle der gefüllten Zelle in das Element eingesetzt und that die gleichen Dienste. Aber auch diese Anordnung wurde noch vereinfacht. Man formte aus der genannten Mischung runde Cylinder, welche gleichzeitig Depolarisator, Elektrode und Ableitung bildeten. Dieses Braunstein-Cylinder-Element ist in Fig. 24 abgebildet. Der Cylinder hat am Kopf einen prismatischen Anfaß, auf welchen man die Klemmschraube befestigt. Der Zinkstab wird durch Gummibänder am Kohlencylinder befestigt, und damit er ihn nicht berührt, legt man zwischen beide ein Holz- oder passend geformtes Porzellanstäbchen.

Eine weitere Verbesserung brachte der deutsche Telegraphenbeamte Fleischer an. Wir erwähnen derselben, weil seine Abänderung Eingang in die Fernsprechapparate der deutschen Reichstelegraphenverwaltung gefunden hat und viele Leser dieselben an ihren eignen Apparaten gesehen haben werden. Statt des Zinkstabes nimmt Fleischer einen Zinkcylinder, der mit drei Nasen am Rande des runden cylindrischen Glases hängt, ähnlich wie beim Callaud-Element. Die wirksame Zinkoberfläche wird dadurch vergrößert und der Widerstand im Elemente verkleinert. Damit nun der Kohlen-

cyllinder genau zentrisch und überall gleich weit vom Zink absteht, hat er einen Fuß bekommen, der nahezu den gleichen Durchmesser wie der Innenraum des Glases hat. Setzt man also den Cylindcr in das Glas, so zentriert er sich zur Genüge durch seinen Fuß (Fig. 25).

Chlor Silber-Elemente. Es sei hier noch eine Art Elemente erwähnt, welche namentlich für elektrische Spielereien, z. B. für Nussnadeln mit Glühlämpchen und dergleichen Verwendung gefunden hat. Es sind dies die Chlor Silber-Elemente. Die Verwendung dieses Stoffes für Elemente wurde zuerst 1859 von Marié-Davy vorgeschlagen, der manche Erfindungen auf diesem Gebiete gemacht hat. Warren de la Rue wendete den Stoff für die Elemente seiner Niesenbatterie an, welche aus 11000 Elementen bestand und dem Studium der hohen Spannung dienen sollte. Es sei erwähnt, daß diese 11 000 Elemente doch nur Funken von etwa fünf Millimeter Länge gaben, daß also schon eine kleine Elektrifiziermaschine eine solche Batterie, was Spannung angeht, weit übertrifft. Bei den Elementen von De la Rue wurde Chlor Silber durch Schmelzen flüssig gemacht und zu einem Cylindcrchen gegossen, in welchem ein Silberdraht steckte. Diese Cylindcrchen wurden in Pergamentpapier gewickelt und in ein Reagensglas gesteckt, welches mit Kochsalzlösung gefüllt war. In die Lösung reichte ein dünner Zinkstab bis auf den Boden des Glases. Bei diesem Element wird die Stromerzeugung dadurch bewirkt, daß sich das Chlor vom Silber löst und zum Zink geht, mit welchem es Chlorzink bildet, welches sich auflöst. Derartige Elementchen, denen man verschiedene Anordnungen geben kann, lassen sich leicht zu mehreren in einer flachen Dose unterbringen, die sich bequem in die Rocktasche stecken läßt. Man verbindet sie durch eine verstellte biegsame Leitung mit dem Glühlämpchen in der Nussnadel und kann dieses dann durch einen Druck auf einen verborgen gehaltenen Umschalter zum Glühen bringen. In ähnlicher Weise hat man auch Ballettänzerinnen mit solchen kleinen leichten Batterien ausgerüstet, um Glühlämpchen, welche im Haar, am Gürtel der Tänzerin befestigt waren, zum Leuchten zu bringen. Es ließen sich noch andre Spielereien anführen, in welchen das Chlor Silber-Element Verwendung gefunden hat.

Die Trockenelemente. Bei diesen und auch bei den gelegentlich technischen Anwendungen des Chlor Silber-Elementes kam es darauf an, ein Element zu benutzen, welches neben geringer Rauminanspruchnahme auch fest verschlossen ist, was bei den früher beschriebenen nicht erreicht werden kann, einerseits weil sie Gase entwickeln, denen man einen Ausweg lassen muß, andernteils, weil die Konstruktion der Elemente einen festen Verschluss unmöglich macht.

Nun ist es aber für viele Zwecke wünschenswert, ein Element zu besitzen, das fest verschlossen ist und sich wie ein solider Körper behandeln läßt. Ein Fall für viele sei hier nur genannt. Unsere großen Dampfer werden „with all modern improvements“, wie es in den amerikanischen Anzeigen heißt, mit allem Komfort der Neuzeit ausgestattet, und dazu gehört natürlich auch ein ausgedehntes Haus Telegraphennetz, wie es ein großes Hotel nicht besser haben kann. Dem Elektrotechniker wird die Einrichtung bestellt, nun mag er sehen, wie er fertig wird. Ein Schiff hat aber die schlechte Angewohnheit, zu schwanken und manchmal recht stark. Stellt man nun etwa Leclanché-Elemente, wie wir sie vorhin kennen gelernt haben, als Stromerzeuger in die Telegraphenanlage des Schiffes, dann ist nur zu sicher zu erwarten, daß die Elemente seekrank werden, d. h. überschwappen. Aber auch wenn wir von dieser nautischen Verwendung der galvanischen Batterie absehen, so gibt sich auch auf dem Lande das Bedürfnis kund, Elemente anzuwenden, welche als trockene, solide Körper aufgestellt werden können und kein Nachfüllen von Wasser, keine regelmäßige Wartung erfordern.

Dies hat nun Anlaß gegeben, die sogenannten Trockenelemente zu schaffen. Anfänglich versuchte man dies in primitiver Weise, indem man die Gläser der Leclanché-Elemente mit Sägespänen ausfüllte, diese poröse Füllung mit Salmiaklösung tränkte

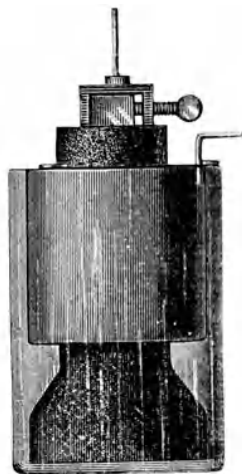


Fig. 25. Leclanché-Element.

und dann das Element durch Pech oder ähnliches Material verschloß. Allein diese Elemente bewährten sich nicht. Man nahm dann zu andern Aufsaugemitteln seine Zuflucht, ohne dadurch die Gasentwicklung und die sich daran reihenden störenden Erscheinungen beseitigen zu können. Dann benutzte man die Gelatinisierung der Lösung durch Zusatz von Gelatine, Leim und andern Stoffen, um auf diese Weise das Element fest zu machen. Nach längeren Bemühungen gelang es denn auch, Trockenelemente zu schaffen, welche billigen Anforderungen entsprechen. Einer der ersten, welcher ein brauchbares und seitdem stark verbreitetes Element in den Handel brachte, war ein Mainzer Arzt, Dr. Gassner jun., welcher aus Salmiak, Zinkoxyd und indifferenten Stoffen unter Zusatz von Wasser einen feuchten Teig herstellte und damit Elemente füllte. Dieselben werden mit einer pechartigen Mischung vergossen und bilden somit einen trockenen, soliden Körper. Gassner sah von der Verwendung besonderer Gefäße zur Aufnahme der Elektroden und der Paste ab und gestaltete die Zinkelektrode als cylindrisches Gefäß, welches Kohlenelektrode und Paste aufnimmt.

Der doppelte Dienst, den somit das Zink zu leisten hat, bringt aber einige Übelstände mit sich. Erstens hat man bei Aufstellung einer Batterie mehrerer solcher Elemente Sorge zu tragen, daß sich die Gefäße nicht berühren, denn andernfalls ist eines der sich berührenden Elemente in sich oder, wie man es nennt, „kurz“ geschlossen. Es nimmt dann an der Gesamtstromerzeugung nicht teil und wird rasch zerstört. Dann aber muß dem Zinkgefäß eine erhebliche Wandstärke gegeben werden, weil das Zink an einzelnen Stellen stärker angegriffen wird, bei dünnem Blech also an einzelnen Stellen durchgefressen wird und die feuchte Masse dann durch die Öffnung tritt, die Trockenheit des Trockenelementes sich also in eine unangenehme Feuchtigkeit verwandelt. Man ging deshalb wieder darauf zurück, besondere Gefäße als Hülle des Elementes anzuwenden, und benutzte erst Glasgefäße, welche jedoch wegen ihrer Zerbrechlichkeit mangelhaft sind, dann aber solche aus dem Allermeltstoff-Papier, das mit einem Glanzlack überzogen wird.

Die Anwendung solche Trockenelemente bietet namentlich für Haus-Telegraphen, bei denen eine sachgemäße Wartung Schwierigkeiten macht, viele Vorteile, und es haben sich diese Elemente daher bereits ziemlich eingebürgert. Infolgedessen ist eine ganze Reihe zum Teil guter, zum Teil weniger guter Trockenelemente erfunden worden. Um irrigen Vorstellungen zu begegnen, weisen wir darauf hin, daß sich die Bezeichnung „Trocken“ nur darauf bezieht, daß die Elemente äußerlich trockene, feste Körper sind. Zwischen den Elektroden muß bei jedem Element Flüssigkeit vorhanden sein, sei es als freie Flüssigkeit, sei es aufgesaugt von einem passenden Mittel, mit dem es einen Teig oder gelatinöse Substanz bildet.

Das Sablochkoff-Element. Der letzte Satz leitet uns auf ein andres Element über, das theoretisch hochinteressant ist. Wir sagten, die Elektroden müssen mit einer Flüssigkeit in Verbindung sein, und bei unsern früheren Elementen ist dies eine Lösung oder eine andre kaltflüssige Substanz. Es gibt nun aber auch ein Element, das eine feuerflüssige Substanz benutzt. Der Erfinder desselben ist der in Paris lebende Russe Sablochkoff, dessen Namen wir noch öfters begegnen werden. Wir schicken zum Verständnis dieser Erfindung, welche heute praktisch noch unverwendbar, doch den ersten Schritt auf einem Weg zu großen Zielen bedeutet, einige erklärende Worte voraus. Bisher haben wir ausschließlich das Zink in Verwendung für diejenige Elektrode gesehen, welche gelöst wird. Statt des Zinkes kann man aber auch jeden andern Stoff nehmen, der eine Verbindung mit einer Flüssigkeit eingeht, z. B. Eisen, das man mehrfach für die Lösungselektrode zu verwenden gesucht hat. Die beiden Göttinger Gelehrten Wöhler und Weber und andre haben sogar Elemente angegeben, bei denen beide Elektroden aus Eisen bestanden, indem sie für die eine Elektrode eine Flüssigkeit anwenden, welche das Eisen angriff, für das andre eine nicht angreifende Flüssigkeit. In ähnlicher Weise hat Napoleon III. in den beiden von ihm erfundenen Elementen Kupfer und Kupfer bezw. Zink und Zink, also auch gleichartige Elektroden angewendet.

Wir haben deswegen anzunehmen, daß überhaupt jeder Körper, der mit einem andern eine Verbindung eingeht, Strom erzeugen kann, sofern es nur die Umstände zulassen.

Nun ist der Kohlenstoff ein Körper, der nicht nur einer der billigsten ist, sondern auch bei seiner Verbindung mit dem Sauerstoff, der in der Luft ja in unerschöpflichen Mengen vorhanden ist, verhältnismäßig sehr große Mengen Energie entwickelt, und darum ist das Bestreben der Elektriker darauf gerichtet, diesen vorzüglichen Energieträger zur unmittelbaren Erzeugung des Stromes zu verwenden. Aber da begegnen wir einer großen Schwierigkeit. Es hält freilich nicht schwer, den Kohlenstoff mit Sauerstoff zu verbinden, dazu haben wir ihn nur zu verbrennen. Aber wenn nun bei der Verbrennung wirklich eine elektrische Spannung zwischen dem Kohlenstoff und der anliegenden Sauerstoffschicht entsteht, so ist eine Benutzung derselben dadurch ausgeschlossen, daß der Sauerstoff den Strom nicht leitet. Daß bei der Verbrennung Elektrizität entwickelt wird, ist festgestellt, aber wir können sie eben wegen der mangelnden Leitungsfähigkeit des Sauerstoffes nur zu einem verschwindenden Bruchteil gewinnen, der größte Teil der entwickelten Energie verwandelt sich sofort in Wärme.

Nun kam Zablockhoff auf den klugen Gedanken, den verbrennenden Sauerstoff nicht in freier Form, sondern gebunden an einen schmelzbaren Körper, von welchem er sich leicht ablöst, zu verwenden. Er nahm einen eisernen Tiegel, füllte ihn mit Kali- oder Natronsalpeter und schmolz dieses Salz auf Feuer. Dann tauchte er in die geschmolzene Masse ein Kohlenstäbchen, das an einem Draht befestigt war. Der Sauerstoff des Salpeters griff sofort die Kohle an und verzehrte dieselbe allmählich. Verband man nun den Draht des Kohlenstäbchens mit dem eisernen Tiegel, so ging ein Strom durch denselben hindurch.

Dem Vorgange Zablockhoffs folgend, hat man auch versucht, an Stelle der feuerflüssigen oxydierenden Masse eine kaltflüssige zu benutzen, und es sind solche Elemente, in denen die Kohle an Stelle des Zinkes benutzt wird, mehrfach zusammengestellt worden. Eine praktische Anwendung haben sie aber noch nicht finden können, teils weil die in Anwendung kommenden Substanzen zu teuer sind, teils auch weil die Elemente rasch ihre Wirkungsfähigkeit verlieren, teils auch weil störende und gefährdende Erscheinungen bei ihnen auftreten. Das große Problem, die Oxydierung der Kohle unmittelbar zur Erzeugung von Strom zu benutzen, ist demnach schon in Angriff genommen, aber von einer brauchbaren Lösung sind wir noch immer weit, weit entfernt. Erst wenn uns die Chemie ein Mittel geben wird, das in kaltflüssigem Zustande die Kohle lebhaft oxydiert, das selbst verhältnismäßig große Mengen Sauerstoff abgeben und, was noch sehr wichtig, mit Hilfe des Sauerstoffes der Luft leicht wieder regeneriert, d. h. mit Sauerstoff geladen werden kann, außerdem aber vollständig sicher im Betriebe ist, erst wenn alle diese Bedingungen in einem Körper erfüllt werden, dann erst haben wir die Hoffnung, die Kohle unmittelbar oder doch mit geringer Zubereitung für die Stromerzeugung nutzbar machen zu können. Wir haben dem Leser diese Perspektive auf die Zukunft nicht vorenthalten, damit er sieht, daß der Elektrotechnik noch ungeheure Gebiete für die bebauung offen stehen, deren Eroberung freilich noch manche Arbeit und manches Jahr oder Jahrzehnt beanspruchen wird.

Die Gasbatterie. In gleicher Weise, wie die Verbrennung der Kohle, kann man auch die Verbindung des Wasserstoffes mit Sauerstoff zur Erzeugung von Strom verwenden. Wir haben den Wasserstoff schon als einen unliebsamen Störenfried, als den Urheber der Polarisation in Elementen kennen gelernt, indem er die Leistung der Elemente bei seinem Austritten an Kupfer z. B. verringert. Wir wollen diesem seinen Verhalten etwas näher treten. Schon gleich nach der Entdeckung Voltas bemerkten Carlisle und Nicholson (1800), daß der Strom einer Volta'schen Säule, welcher durch Wasser geleitet wird, dieses zerlegt. Stellt man (Fig. 26) zwei Platinbleche in angesäuertes Wasser — die Ansäuerung hat nur den Zweck, die Leitungsfähigkeit des Wassers zu erhöhen — und verbindet sie mit einer genügend starken Stromquelle, sagen wir mit zwei Bunsen-Elementen, so entwickeln sich an dem einen Platinblech Wasserstoffbläschen, am andern solche von Sauerstoff, und wir finden, daß sich der Wasserstoff stets am negativen, an dem Zinkpol, der Sauerstoff am positiven entwickelt. Verbinden wir nun nach einiger Zeit der Einwirkung die beiden Platinbleche mit einem Stromanzeigegerät (Galvanometer), so sehen wir, daß die beiden Bleche für kurze Zeit einen Strom geben. Stellen wir die Richtung desselben fest, so finden wir, daß der aus den Platinblechen entwickelte Strom die um-

gekehrte Richtung des zerlegenden hat, der erstere geht aus dem Blech heraus, bei welchem der letztere in die Flüssigkeit hineingegangen ist, also aus dem Blech, das vorher mit dem positiven Pol verbunden war (Fig. 27). Da die Platinbleche durch die Zersetzung nicht verändert werden, so müssen wir die Ursache dieser Erscheinung den Wasserstoff- und Sauerstoffbläschen zuschreiben, welche noch am Blech haften. Sie behalten das Bestreben bei, sich wieder zu Wasser zu vereinigen, und werden bei dieser Vereinigung Strom entwickeln. Wir werden später sehen, welche wichtige Anwendung von diesem Verhalten in neuester Zeit gemacht worden ist. In jenen ersten Jahrzehnten suchte man diese Erscheinung auf einem andern Wege, als ihn die moderne Elektrotechnik eingeschlagen hat, nutzbar zu machen, indem man Gasbatterien konstruierte, bei welchen Zink und Kupfer durch Wasserstoff und Sauerstoff ersetzt worden sind. Grobe war wohl der erste, welcher (1829) ein solches Element zusammenstellte. Dasselbe besteht, wie Fig. 28

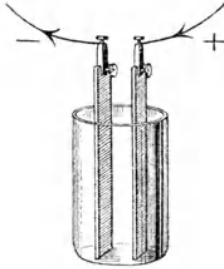


Fig. 26.
Zersetzung von Wasser durch
den Strom.

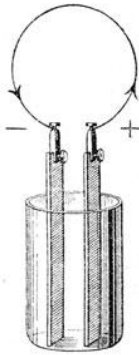


Fig. 27. Rückstrom aus
dem Wasserzersetzung=

Apparat, hervorgerufen durch die entstandenen, an den Platten noch haftenden Gasbläschen.

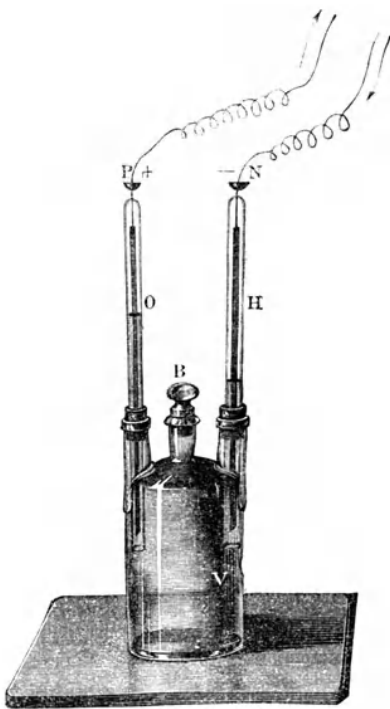


Fig. 28. Grobes Gaselement.

zeigt, aus einer Glasflasche mit drei Hälften; der mittlere ist durch einen Pfropfen geschlossen, in die beiden äußeren sind oben geschlossene, unten offene Glasröhren eingesetzt. Jede Glasröhre enthält einen schmalen Platinstreifen, der bis nahe an die Mündung der Röhre reicht und oben durch einen eingeschmolzenen Platindrath mit einem Quecksilbernapf oder einer Klemmschraube zur Ableitung verbunden ist. Die Flasche wird mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt und nach Verschluss des mittleren Halses umgekehrt, so daß sich auch beide Röhren mit der Flüssigkeit füllen. Stellt man sie nun wieder hin, so bleiben die Röhren gefüllt und die eingeschlossene Luft ist in den oberen Teil der Flasche gebracht. Verbindet man jetzt die beiden Platinbleche mit einem Stromerzeuger, so entwickelt sich an dem einen Sauerstoff, an dem andern Wasserstoff, und die Röhren füllen sich mit diesen Gasen. Wird alsdann die Verbindung zwischen Stromerzeuger und der Vorrichtung aufgehoben, so kann dieselbe Strom aus den Platinblechen abgeben, wobei die Gase allmählich verbraucht werden und das Niveau der Flüssigkeit in jeder Röhre entsprechend steigt. Die Erzeugung der Gase durch den Strom ist keine notwendige Bedingung, man kann den Röhren auch aus Gasometern die betreffenden Gase, die man auf chemischem Wege erzeugt hat, zuführen und erhält die

gleiche Wirkung. Eine praktische Bedeutung hat diese Batterie nicht gewinnen können, aber in theoretischer Beziehung bleibt sie hochinteressant.

Die Thermo-Säule. An die hier geschilderten Vorrichtungen zur Erzeugung von Strom mit Hilfe chemischer Energie reihen wir einige Vorrichtungen an, welche zwar eine

praktische Bedeutung für die Stromerzeugung noch nicht erlangt haben, in welchen wir aber die Anfänge neuer Entwicklungen sehen müssen. In erster Reihe steht hier das Thermoelement. Wir haben in der Einleitung darauf hingewiesen, daß bei der heutigen Stromerzeugung zuerst die Verbrennungswärme der Kohle in der Dampfmaschine in Bewegungsenergie und dann durch die Dynamomaschine in elektrische verwandelt wird. Diese doppelte Umsehung gefällt uns Elektrotechnikern nur sehr mäßig, und wir würden es vorziehen, den Strom aus erster Hand, d. h. in direkter Verwandlung der Wärme in elektrische Energie zu erhalten. Ja der Wunsch ist da, leider fehlen nur die Mittel. Allein wir sind nicht hoffnungslos, denn wir wissen, daß Wärme in elektrische Energie verwandelt werden kann. Wir besitzen sogar eine Vorrichtung, welche diese Umwandlung bewirkt, freilich in sehr mangelhafter Weise, denn sie verwandelt von der bei der Verbrennung freierwerbenden Energie nur einen kleinen Bruchteil in elektrische, erheblich weniger als die Dampf- und Dynamomaschine. Diese Vorrichtung ist das Thermoelement.

Der deutsche Physiker Seebeck machte 1822 die Entdeckung, daß bei der Erwärmung der Berührungsstellen zweier verschiedener Metalle ein Strom entstehen kann. Am einfachsten läßt sich diese Erscheinung mittels der in Fig. 29 abgebildeten Vorrichtung zeigen. Auf einem Holzfuß liegt horizontal ein Stab aus Wismut oder Antimon; an den beiden

oberen Enden desselben sind die Enden eines Bügels aus Kupferblech gelötet. In dem freien Raume zwischen beiden Metallen schwingt auf einer Spitze eine kleine Magnetnadel. Stellt man nun den Apparat so, daß die Nadel gerade zwischen den beiden Metallen liegt, und erwärmt die eine der beiden Lötstellen, so wird die Nadel aus ihrer anfänglichen Lage abgelenkt, sie verrät dadurch, daß ein Strom durch Bügel und Stab kreist. Würden wir die andre Lötstelle erwärmt haben, so wäre der Ausschlag der Nadel nach der andern Seite hin erfolgt, woraus zu entnehmen, daß die Stromrichtung jeweils eine ganz bestimmte ist. Es läßt sich für je zwei in der geschilderten Weise zusammengestellte Metalle von vornherein feststellen, von welchem der beiden der Strom durch die Erwärmungsstelle geht. Würden wir beide Lötstellen gleich stark erwärmen, so entstände kein Strom; es ist notwendig, daß ein Temperaturunterschied zwischen den beiden Stellen vorhanden sei, und ein solcher bedingt, daß Wärme von der erwärmten Stelle zur kälteren überfließt. Die Stromerzeugung kommt also dadurch zustande, daß der Wärmestrom zu einem Teil in einen elektrischen Kreisstrom verwandelt wird. Wir können demzufolge eine Lötstelle auch erkälten, statt erwärmen; es wird dann von der andern Stelle Wärme der ersteren zufließen und daraus ein Strom, aber von entgegengesetzter Richtung als bei der Erwärmung der ersteren Stelle, entstehen.

Wodurch kommt nun die Umwandlung der fließenden Wärme in elektrische Energie zustande? Ja, wenn wir dies wüßten! Dann wollten wir das Verfahren schon verbessern! Aber wir wissen es nicht, wir kennen die Thatsache, aber nicht die allgemeinen Prinzipien dieser Umwandlung, und so müssen wir uns vorerst bescheiden, bis die Naturforschung auf diesem Wege weiter gekommen ist.

Das Thermoelement ist mehrfach für praktischen Gebrauch, wenn auch nur zur Erzeugung schwächerer Ströme einzurichten gesucht worden. Für Laboratoriumszwecke wäre es ja eine recht bequeme Vorrichtung, da man nur den Gasbahn aufzudrehen und das Gas anzuzünden hätte, um sofort Strom zu haben.

Neuerdings hat H. J. Gülicher eine Thermosäule konstruiert, welche von der Firma Julius Pintsch in Berlin gebaut wird; dieselbe zeigt nach den Beobachtungen des Erfinders nicht die rasche Abnutzung, welche ein Mangel der früheren Thermosäulen mit größerer

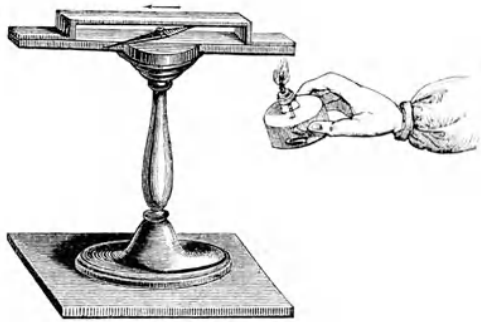


Fig. 29. Thermoelement mit Magnetnadel.

Leistung war. Die beistehende Abbildung Fig. 30 läßt die Anordnung des Apparates erkennen. Auf dem Deckel des Gaszuführungskanals stehen zwei parallele Reihen von Nickelröhrchen, die oben geschlossen und hier mit einem Kranz feiner Löcher versehen sind. Das aus den Löchern ausströmende Gas wird angezündet und erhitzt den Kopf des Nickelröhrchens. Auf die Röhrchen sind Stücke aus einer Antimonlegierung aufgesetzt, so daß die Heizwirkung des Gases sich an der Verbindungsstelle der beiden verschiedenen Metalle entwickelt und die thermoelektrische Wirkung hervorruft. An die aufgesetzten Antimonstücke sind Kupferblechstreifen gelötet, welche nach unten umgebogen sind; dieselben dienen zur Abkühlung und zur Verbindung ihres Antimonstückes mit dem Nickelröhrchen des nächsten Elementes. Der Aufbau der Säule ist ein sehr geschickter und die Wirkung derselben verhältnismäßig hoch. Der Gasverbrauch ist ziemlich niedrig, so daß die größte Säule, welche in ihrer Wirkung etwa zwei Bunsen-Elementen gleichkommt, nur für $2\frac{1}{2}$ Pf. Gas in der Stunde verbraucht. Die G ülcher'sche Säule eignet sich deshalb als kleinerer Stromerzeuger für Laboratorien, kleinere galvanotechnische Betriebe, für elektromedizinische Zwecke u. s. w.

In einer andern Verwendung wird das Thermoelement in den Laboratorien noch heute angewendet, zur Wahrnehmung von Wärmewirkungen, für welche Zwecke es zu dem

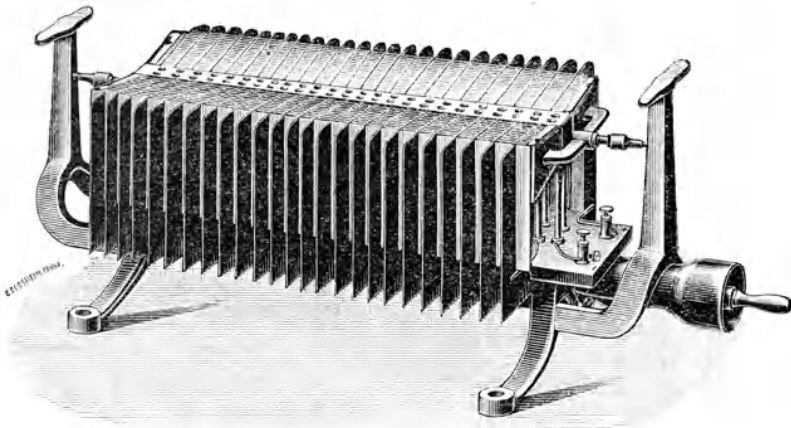


Fig. 30. G ülcher's Thermo säule.

empfindlichsten Instrumente gestaltet werden kann. Diese Verwendung hat Melloni zuerst angegeben. Er stellte eine Thermo säule aus Wismut- und Antimonstäbchen zusammen, die abwechselnd in einer fortlaufenden Reihe mit den Enden zusammengelötet sind. Werden nun die 2., 4., 6. u. s. w. Lötstellen erwärmt, die unpaarzahligen abgekühlt, so wirken alle dadurch entstehenden Wärmeströme in gleichem Sinne auf die Stromentstehung, und es durchläuft die Kette der Stäbe ein Strom, welchen man durch ein Galvanometer wahrnehmbar machen kann. Um die gleichzeitige Erwärmung der paarzahligen, die Abkühlung der andern Lötstellen in einfacher Weise zu bewirken, wird die Kette dergestalt zickzackförmig gebogen hergestellt (Fig. 31), daß die 1., 3., 5. u. s. w. Lötstelle nach der einen, die 2., 4., 6. u. s. w. nach der andern Seite hin zu liegen kommt. Mehrere Lagen solcher kleinen Batterien werden übereinander gelegt und passend verbunden. Sie bilden dann einen würfelförmigen Körper, den man in eine passende Hülse steckt. Unsere Fig. 32 zeigt eine solche fertige Säule in Verbindung mit einem Galvanometer. Die Vorrichtung ist bei richtiger Anordnung so empfindlich, daß die auf 50 cm vorgehaltene Handfläche durch ihre Wärmeausstrahlung einen Ausschlag der Nadel des Galvanometers bewirkt.

Lichtelemente. Auch das Licht ist eine Energieform, und so läßt sich erwarten, daß es sich in elektrische Energie verwandeln läßt. Dies ist in der That der Fall und wurde zuerst von E. Becquerel 1839 beobachtet. Die elektrische Wirkung des Lichtes kommt

zustande, wenn man zwei Metallplatten in eine leitende Flüssigkeit bringt und eine davon belichtet, die andre im Schatten läßt. Die Wirkungen sind aber nur durch empfindliche Instrumente wahrnehmbar, und der Leser darf nicht etwa denken, daß wir im Stande sind, das Sonnenlicht des Tages mit Hilfe von Aufspeicherung auch noch nachts zur elektrischen Beleuchtung verwenden zu können. Wir erwähnen diese Lichtelemente, die jeder praktischen Bedeutung vorerst entbehren, nur deshalb, um zu zeigen, daß sich Strom durch Umwandlung aus allen bekannten Formen der Energie erzeugen läßt.

Hierher gehört noch eine Erscheinung, welche eine gewisse praktische Bedeutung hat. Das Selen ändert seinen elektrischen Widerstand, wenn es belichtet wird, und zwar wird derselbe bei Belichtung kleiner. Werner Siemens hat derartige „Selenzellen“ hergestellt, welche bei Belichtung bis auf $\frac{1}{15}$ ihres Widerstandes im Dunkeln heruntergingen. Wir werden auf diese elektrische Wirkung des Lichtes später zurückkommen, wo wir von den Versuchen für elektrisches Fernsehen zu sprechen haben.



Fig. 31. Verbindung von Thermoelementen zu einer Batterie

Die Schaltung der Batterien. Mehrere Elemente können zur Vereinigung ihrer Wirkung miteinander verbunden werden, und man heißt eine solche Verbindung von Elementen eine „galvanische Batterie“ (auch galvanische Kette oder galvanische Säule). Wir fügen hier ein, daß man die Verbindung von Stromerzeugern, Stromleitungen und Vorrichtungen, zu welchen Strom hingeleitet wird, allgemein als „Schaltung“ bezeichnet. Man kann nun die Elemente in verschiedener Weise zu einer Batterie zusammenschalten und je nach den geforderten Leistungen wird man bald die eine, bald die andre Art zu wählen haben. Da verwandte Schaltungen, wie diejenigen der Batterien, auch im späteren auftreten werden, so wollen wir auf die Batterieschaltungen mit einigen Worten eingehen. Wir erinnern zunächst daran, daß wir das galvanische Element mit einem

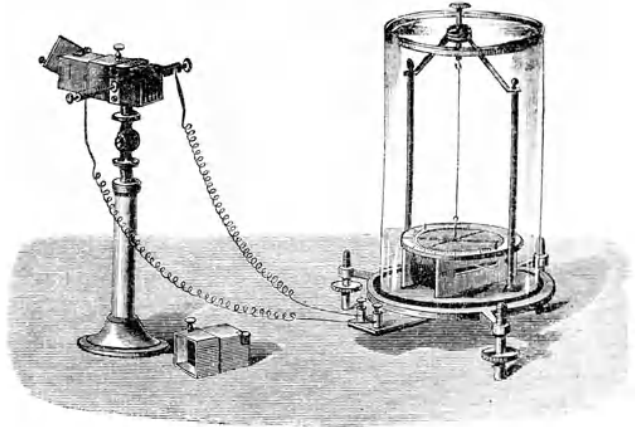


Fig. 32. Melloni's Apparat; Thermosäule mit Galvanometer zur Erkennung kleinster Temperaturunterschiede.

Pumpwerk verglichen hatten; durch seine Wirkung wird der Strom aus dem positiven Pol in den Schließungsdraht getrieben, durchströmt diesen und

die eingeschalteten Vorrichtungen und geht dann zum negativen Pol, der seinerseits die Bewegung unterstützt, da er den Strom heransaugt und also im gleichen Sinne wie der positive Pol wirkt. Im Element preßt dann die mit dem negativen Pol verbundene Elektrode (die Zinkelektrode) den aus dem Schließungsdraht angesaugten Strom durch die Flüssigkeit zur Elektrode des positiven Poles zurück, und diese wiederum drückt ihn weiter in den Schließungsdraht hinein, so daß also ein andauernder Kreisstrom entsteht. Was wird nun geschehen, wenn wir zwei Elemente miteinander verbinden? Offenbar kann diese Verbindung in zweifacher Weise bewirkt werden; einmal können wir, Fig. 33 B, den Zinkpol des unteren mit dem Zinkpol des oberen Elementes und ebenso die beiden positiven Pole miteinander verbinden. Ein zweites Mal (Fig. 33 A) können wir den positiven Pol des

unteren Elementes mit dem negativen des oberen und den positiven des letzteren mit dem negativen des andern verbinden. Im ersteren Falle haben die Druckwirkungen der positiven Pole eine entgegengesetzte Richtung und ebenso die Saugwirkungen der negativen Pole. Sind diese Wirkungen bei beiden Elementen gleich stark, so kann kein Strom entstehen. Sind die Wirkungen verschieden, so wird ein Strom im Sinne der Wirkung des stärkeren Elementes auftreten, aber um so viel geschwächt, als die Gegenwirkung des unterliegenden Elementes beträgt. Bei dieser Anordnung (Fig. 33 B) sind die Elemente gegeneinander gestellt. Anders liegen die Verhältnisse im zweiten Falle. Hier wird die Druckwirkung des unteren Elementes durch die Saugwirkung des oberen unterstützt und ebenso der Druck des letzteren durch die Ansaugung des ersteren. Die beiden derart verbundenen Elemente werden in gleichem Sinne wirken, und es wird ein Strom zustandekommen. Diese Schaltung, bei welcher der positive Pol des ersten mit dem negativen des zweiten Elementes u. s. w. verbunden ist, bezeichnet man als Hintereinanderschaltung von Elementen; neuerdings benennt man diese Schaltung unter Benutzung eines englischen Ausdruckes auch „Reihenschaltung“. Aber auch die Gegenschaltung kann zur Stromerzeugung benutzt werden. Verbinden wir nämlich die beiden Drähte, welche die gleichen Pole der beiden Elemente verbinden, durch einen dritten Draht (Fig. 33 C), so wird die Druckwirkung, welche von beiden miteinander verbundenen positiven Polen ausgeht, auf den Verbindungsdraht wirken;

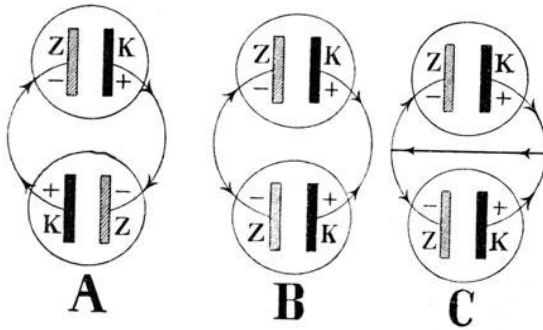


Fig. 33. Verschiedenartige Verbindung zweier Elemente.

und da das andre Ende dieses Drahtes der gemeinsamen Saugwirkung der beiden negativen Pole unterliegt, so drücken die beiden Elemente ihre Ströme in den Verbindungsdraht und saugen sie am andern Ende desselben wieder zurück. In dieser Form bezeichnen wir die Gegenschaltung als „Parallelschaltung“. Was wir hier an zwei Elementen gezeigt haben, können wir auf eine beliebige Anzahl von Elementen ausdehnen. Unfre Fig. 34 zeigt

in A die Hintereinanderschaltung, in B die Parallelschaltung von vier Elementen, und man sieht leicht, daß diese Schaltungen in gleicher Weise bei einer ganz beliebigen Anzahl angebracht werden können.

Welchen Unterschied haben die beiden Schaltungsarten? Wir greifen zur Erläuterung auf unsern Vergleich mit der Pumpe zurück. Wenn wir sechs Pumpen derart hintereinanderschalten, daß die Druckmündung einer jeden Pumpe mit der Saugmündung der nächsten verbunden ist, so wird derselbe Wasserstrom die ganze Reihe der Pumpen durchfließen. Wenn nun jede Pumpe für sich, sagen wir in der Minute einen Kubikmeter Wasser befördert, so befördern die sechs Pumpen nicht mehr als eine, denn jede Pumpe befördert nur das ihr von der andern zugeführte Wasser, in der Minute einen Kubikmeter, weiter. Aber wenn eine Pumpe ihrem Kubikmeter so viel Druck gibt, daß er einen Meter hoch steigen kann, dann wird ihm die zweite Pumpe einen weiteren Meter Druckhöhe geben, die dritte einen dritten Meter u. s. w., so daß die sechs Pumpen den einen Kubikmeter auf sechs Meter Höhe befördern. Durch die Hintereinanderschaltung der Pumpen wird also die beförderte Wassermenge nicht vermehrt, aber die Druckwirkungen addieren sich, so daß die sechs Pumpen das Wasser sechsmal so hoch heben können als eine Pumpe.

Jetzt verbinden wir unsere sechs Pumpen in einer andern Weise. Wir lassen sie mit ihren Saugmündungen in ein gemeinsames weites Saugrohr münden und ebenso mit ihren Druckmündungen in ein gemeinsames Ausflußrohr. Jetzt fördert jede Pumpe aus dem Saugrohr einen Kubikmeter auf einen Meter Druckhöhe in das Ausflußrohr, die sechs Pumpen also sechs Kubikmeter, aber nur auf einen Meter Druckhöhe. Bei dieser Parallelschaltung

der Pumpen wird also nicht die Druckhöhe, aber die Förderung vermehrt und zwar entsprechend der Anzahl der Pumpen.

Diese Verhältnisse wollen wir auf die Verbindung der Elemente übertragen. Schalten wir unsre sechs Elemente hintereinander, so wirken die ungleichnamigen miteinander verbundenen Pole in gemeinsamem Sinne, und der Druck wird durch jedes neue Element vermehrt, so daß also zwei Elemente zusammen den doppelten Spannungsunterschied, die doppelte elektromotorische Kraft des einzelnen haben werden, drei Elemente die dreifache u. s. w. Bei der Hintereinanderschaltung der Elemente summieren sich also die elektromotorischen Kräfte der einzelnen Elemente, so daß bei sechs gleichen Elementen zwischen dem freigebliebenen negativen Pol des ersten und dem ebenfalls freigebliebenen positiven des letzten Elementes ein Spannungsunterschied herrscht, welcher der sechsfache des einzelnen Elementes ist. Durch die Reihenschaltung der Elemente können wir also ihre Druckwirkung erhöhen.

Bei der Parallelschaltung wirken die miteinander verbundenen Elemente, ohne den Druck zu vermehren, gemeinsam auf den Schließungsdraht; wir können aber nicht ohne weiteres sagen, daß nun dafür die Stromstärke entsprechend der Zahl der Elemente vermehrt wird. Um die hier obwaltenden Verhältnisse zu verstehen, weisen wir auf das hin, was wir in der Einleitung gesagt haben. Die Stromstärke hängt ab von der Druckwirkung,

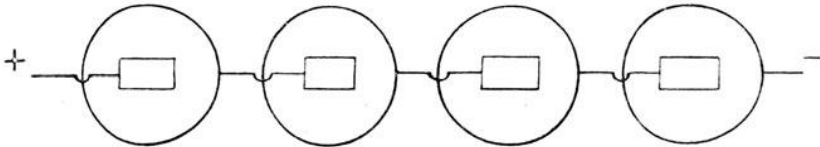


Fig. 34 A. Verbindung von Elementen zu einer Batterie, Reihenschaltung.

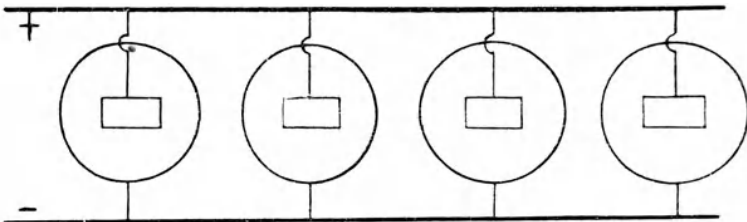


Fig. 34 B. Verbindung von Elementen zu einer Batterie; Parallelschaltung.

aber auch vom Widerstand. Wenn wir nun sechs Elemente hintereinander schalten, so erhöhen wir allerdings den Druck, aber da der Strom jedes Element durchlaufen muß, so findet er in den sechs Elementen zusammen den sechsfachen Widerstand des einzelnen, und zu diesem inneren Widerstande kommt noch der äußere des Schließungskreises. Wenn wir aber sechs Elemente parallel schalten, so tritt keine Druckvermehrung gegen das einzelne Element auf. Da aber der gesamte Kreisstrom, wenn er die sechs Elemente durchläuft, sich beim Passieren der Elemente auf die sechs Elemente verteilt, so findet er in der Batterie sozusagen einen sechsmal breiteren Weg vor, der also nur den sechsten Teil des Widerstandes eines einzelnen Elementes hat. Die Parallelschaltung vermindert also den inneren Widerstand der Batterie entsprechend der Anzahl der als gleich vorausgesetzten Elemente. Nunmehr sind wir in der Lage, sagen zu können, welchen Einfluß die Stromstärke durch die Wahl der Schaltung erfährt. Nach dem früher Gesagten hängt die Stromstärke von dem Spannungsunterschied und dem Gesamtwiderstand im Stromkreise ab, wir werden deshalb, um größte Stromstärke zu erzielen, dahin wirken müssen, daß wir möglichst größten Spannungsunterschied und möglichst kleinsten Widerstand erhalten. Wie dieses beste Verhältnis zu erreichen ist, hängt von der Größe des äußeren Widerstandes ab. Gesezt, wir haben einen großen äußeren Widerstand. Wenn wir jetzt unsre sechs Elemente hintereinander schalten, so vermehren wir den Spannungsunterschied, aber zugleich auch den inneren Widerstand der Batterie. Wegen der Größe des äußeren Widerstandes wird aber der

Gesamtwiderstand durch die verhältnismäßig geringe Vermehrung in der Batterie nicht bedeutend vergrößert, also werden wir in diesem Falle des großen äußeren Widerstandes am zweckmäßigsten auf die Erhöhung des Druckes hinzuwirken haben. Wir wenden also die Reihenschaltung der Elemente an.

Jetzt nehmen wir einen sehr kleinen äußeren Widerstand. Schalten wir jetzt wieder unsere sechs Elemente hintereinander, so vermehren wir wiederum den Druck, aber auch den inneren Widerstand. Nunmehr macht aber der innere Widerstand den größten Teil des Gesamtwiderstandes aus, und die Vermehrung der Spannung hilft uns wenig, weil sie eine nahezu gleiche Vermehrung des Gesamtwiderstandes zur Folge hat. Die sechs Elemente geben darum kaum ein stärkeren Strom als ein einziges. Wir unterlassen deswegen die Erhöhung des Druckes, weil mit ihr der Widerstand vermehrt wird, und suchen dafür den Widerstand zu vermindern. Dies können wir durch die Parallelschaltung, bei welcher jedes neu zugeschaltete Element den inneren Widerstand und darum den Gesamtwiderstand um einen erheblichen Betrag vermindert.

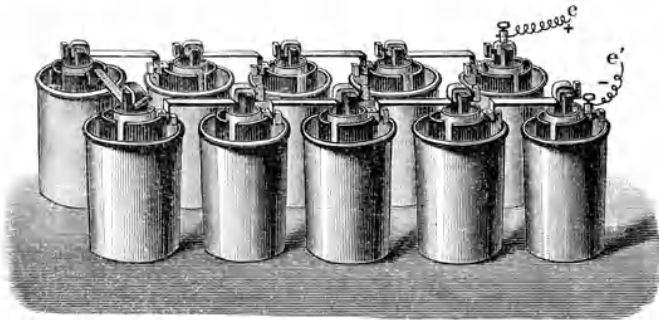


Fig. 35. Verbindung von Bunsen-Elementen zu einer Batterie in Reihenschaltung.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, in welchen Fällen die eine oder die andre Schaltung anzuwenden ist, und wir wollen hier die Regel anführen, welche jeweils die beste Schaltung ermöglicht. Mit einer gegebenen Anzahl Elemente werden wir dann die größte Stromstärke erzielen, wenn der innere Widerstand der Batterie möglichst gleich dem äußeren ist. Nicht immer können wir dies durch Parallel- oder Reihenschaltung aller Elemente bewirken; man hat zuweilen gemischte Schaltungen anzuwenden, indem man die zur Verfügung stehenden Elemente in gleich große Gruppen teilt und die Elemente jeder Gruppe unter sich parallel, die einzelnen Gruppen aber dann hintereinander schaltet. Die Berechnungen, welche uns jeweils die beste Schaltung ermitteln lassen, dürfen wir hier übergehen, weil an dieser Stelle nur die Prinzipien der Schaltung klar gelegt werden sollten. Wir werden diese Prinzipien noch öfters zum Verständnis der elektrischen Vorrichtungen brauchen und darum haben wir dem Leser diese etwas trockene Materie nicht gut schenken können. Er wird später sehen, daß man bei allen „Elektrizitätspumpen“ mehrere solcher Vorrichtungen hinter- oder nebeneinander schalten kann und dies in der That in der verschiedensten Weise thut.

Zum Schluß geben wir noch das Bild einer Batterie Bunsen-Elemente in Reihenschaltung, um erkennen zu lassen, in welcher Weise die Zinkcylinder mit den Kohlenstäben verbunden werden (Fig. 35). Bei Parallelschaltung wird man in ähnlicher Weise durch Klemmschrauben und Blechstreifen oder Drähte die zugehörigen Teile miteinander und mit dem äußeren Stromkreise zu verbinden haben.

Die Dynamomaschine.

Einleitung. Die magnetelektrische Maschine. Das dynamoelektrische Prinzip. Die erste Dynamomaschine. Der Pacinotti-Gramme-Ring. Der Eisenkern des Ankers. Die Grammesche Dynamomaschine. Der Trommelanker. Die neueren Dynamomaschinen. Kommutator-Maschinen. Die Wechselstrommaschinen. Die älteren Wechselstrommaschinen. Die neueren Wechselstrommaschinen. Die Schaltung der Dynamomaschine



Die erste Anwendung des Stromes, die Telegraphie, hat, wie wir sahen, die Ausbildung des galvanischen Elementes in deutlich erkennbarer Weise gefördert, aber ihre Wirkung reichte nicht aus, eine weitere Entwicklung der Erzeugungsverfahren herbeizuführen. Dies ist erklärlich. Nachdem die Telegraphie zuverlässige, bequeme Stromerzeuger in den verbesserten Elementen erhalten hatte, waren ihre Anforderungen auf lange Zeit hin befriedigt. Eine maschinelle Vorrichtung zur Erzeugung des Stromes entsprach ihren Zwecken weit weniger als das stille, verhältnismäßig bedürfnislose und allezeit zur Arbeit bereite Element, während eine maschinelle Vorrichtung das Vorhandensein einer Betriebskraft voraussetzt, welche schlecht in den Betrieb der Telegraphenämter passen würde. Heute freilich fängt man bereits an, auch mit Maschinenstrom zu telegraphieren, aber das ist eine Folge der Ausbildung der Elektrotechnik, zu einer Ursache derselben war jedoch wenig Anlaß da. Dafür gab es aber andre Anwendungen der Elektrizität, welche nach einem Ersatz der Elemente suchten, Anwendungen, bei denen die Erzeugungskosten des Stromes sehr viel mehr ins Gewicht fielen, als bei der Telegraphie. In erster Reihe war dies bei der schon seit längerer Zeit entwickelten Galvanotechnik der Fall, deren Bedürfnisse wesentlich fördernd auf die Entwicklung des neuen Erzeugungsverfahrens, das wir in den folgenden Blättern kennen lernen werden, eingewirkt haben. Dann aber machte sich auch in steigendem Maß der Wunsch geltend, das elektrische Licht in Anwendung zu bringen, und dasselbe für praktische Verwendung durch Elemente zu erzeugen, verbietet sich von selbst. Wir werden im weiteren sehen, wie die Technik die vorhandenen Mittel mehr und mehr ausbildete, um zum Ziele zu gelangen, und es nach manchen Behinderungen endlich auch erreichte. Wie sie diesen Erfolg ausgenutzt hat, nun, das wird der Leser ja in diesem Buche kennen lernen. Wir können es uns nicht versagen, dem Leser diesen Entwicklungsgang von seinem unscheinbaren Ursprung an in Kürze darzulegen.

Im Jahre 1883 fand in Wien eine elektrische Ausstellung statt. Auf derselben hatten die Dänen einen kleinen Kompaß ausgestellt. Das unscheinbare Ding stand seitwärts, und die meisten Besucher sind wohl achtlos daran vorübergegangen. Wichtig wäre

es gewesen, diesen Kompaß in der Mitte der Rotunde, im Zentrum des ganzen Raumes aufzustellen, denn von diesem Kompaß aus hat die Elektrotechnik ihren Ursprung genommen. An ihm hat nämlich Dersted im Jahre 1819 als der erste die Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom beobachtet, und diese Entdeckung ist ein Funke des promethäischen Feuers gewesen, welchen die Forscher und Erfinder zu einer riesenhaften Flamme angefacht haben.

Dersted's Entdeckung wurde bereits wenige Monate nach ihrer Veröffentlichung im Jahre 1820 von dem genialen Franzosen Ampère um einen großen Schritt weiter geführt, durch die Entdeckung der mechanischen Wirkung zweier Ströme aufeinander, welche Ampère in Verbindung mit der von Dersted beobachteten Erscheinung brachte. Ziemlich gleichzeitig entdeckte ein anderer, nicht minder genialer Franzose, Arago, ebenfalls angeregt durch Dersted's Entdeckung, eine zweite magnetische Wirkung des Stromes, das Anziehen von Eisenspitzen durch den stromdurchflossenen Schließungsdraht, und als er von dieser Entdeckung Ampère Mitteilung machte, schlug dieser, der eben seine große Entdeckung gemacht hatte, auf Grund derselben vor, die Wirkung dadurch zu verstärken, daß der Schließungsdraht in Spiralen um eine Stahlnadel geführt würde. Der gemeinschaftlich ausgeführte Versuch hatte den glücklichsten Erfolg, und damit war der Elektromagnet erfunden. Nun kam, 11 Jahre später, ein genialer Engländer, Faraday, und baute auf dem so gewonnenen Grund weiter, indem er die Umkehrung der Ampèreschen und der Aragoschen Entdeckung fand. Hatte Ampère die mechanische, Arago die magnetische Wirkung des Stromes uns kennen gelehrt, so gab uns Faraday die Kenntnis der elektrischen Wirkung der Bewegung und des Magnetismus. Damit war der Boden geebnet, auf dem die Elektrotechnik weiter bauen konnte. Freilich dauerte es noch fast vierzig Jahre, bis sie die Fundamente fertig gestellt hatte, aber sie hat es in stetiger Arbeit fertig gebracht, die Grundmauern des Gebäudes fest und sicher aufzuführen.

Schon bald nach Faradays Entdeckung sehen wir die Erfinder bemüht, das neu gewonnene Verfahren zur Erzeugung von Elektrizität aus Bewegungsenergie zur praktischen Anwendung zu bringen, und wäre man nicht Jahrzehnte hindurch daran kleben geblieben, den Stahlmagneten zu benutzen, hätte man schon bald den Elektromagneten in den damaligen Maschinen angewendet und die Technik solcher Maschinen vervollkommenet, so wären wir vielleicht schon früher zur Dynamomaschine gelangt. Aber das ist jetzt, wo wir den Entwicklungsweg überblicken können, leicht gesagt. Wir wissen ja stets, wie man es hätte besser machen können, wenn wir zurückblicken; wenn aber der Weg noch vor uns liegt und wir ins dichte Gefrüpp ohne Wegweiser und Kompaß den Pfad zu bahnen haben, dann werden wir kaum sofort den besten Weg finden.

Aus der Magnetmaschine, wie sie auf Grund der Faradayschen Entdeckung konstruiert wurde, entwickelte sich allmählich die Elektromagnetmaschine und nun kam, das letzte Glied der Reihe anzufügen, ein genialer Deutscher, kam Werner Siemens und gab uns die dynamoelektrische Maschine. Damit hatten wir ein fertiges Verfahren erhalten, Bewegungsenergie in elektrische zu verwandeln, und konnten jetzt die umwälzende Erfindung Watts, die Dampfmaschine zur Erzeugung von Strömen verwenden. Dadurch waren mit einem Schlage die Schwierigkeiten in der Erzeugung mächtiger Ströme beseitigt, und die Starkstromtechnik, welche vorher kaum bekannt war, entfaltete sich in einer Weise, wie sie die Geschichte der Technik bisher noch nicht aufzuweisen hatte.

Nachdem durch Siemens das Prinzip entdeckt worden war, begann die eifrige Arbeit der Erfinder zur technischen Vollenbung, und hierin ist seit 25 Jahren so viel geleistet worden, daß schon wenige Jahre genügten, eine Errungenschaft veralten zu lassen, weil sie durch neue Verbesserungen überflügelt wurde. Ein Beispiel hierfür werden wir bei den Berliner Elektrizitätswerken kennen lernen, deren erste Anlagen — sie wurden Mitte der achtziger Jahre als Musteranlagen errichtet — bereits nach fünf Jahren durch die Einrichtung der Erweiterungen der Werke veraltet waren.

Den Weg, den wir hier im Auge durchmessen haben, wollen wir nun gemächlichen Schrittes begehen und dabei an den Abbildungen zeigen, wie sich die Herstellung der modernen Stromerzeugungstechnik vollzogen hat.

Die magnetelektrische Maschine ist der Vorläufer der dynamoelektrischen Maschine, und im wesentlichen sind die beiden Arten gleich. Wir beginnen deswegen mit der ersteren und werden an ihr manche wichtige Prinzipien der Dynamomaschine entwickeln können. In der Einleitung haben wir den Leser mit den Kraftlinien, welche von dem Magneten ausgehen, bekannt gemacht und dort gesagt, daß in einem geschlossenen Leiter, welcher die Kraftlinien bei seiner Bewegung schneidet, während der Dauer der Bewegung durch die Kraftlinien ein Strom entsteht. Wir hatten den besonderen Fall hervorgehoben, bei welchem der Leiter eine gewisse Anzahl Kraftlinien umfaßt und diese Zahl während der Bewegung zu- und abnimmt. Diesen Fall wollen wir nun etwas näher betrachten, da wir gleichzeitig hier anwenden können, was wir in den Schlußzeilen des vorigen Kapitels über die Schaltung von Elementen gesagt haben. In der Fig. 8 haben wir dargestellt, wie ein ringförmig gebogener Leiter, den man im magnetischen Felde dreht, die Zahl der Kraftlinien, die er umfaßt, durch seine Drehung zu- und abnehmen macht, so daß also in ihm Kreisströme bald von der einen, bald von der andern Richtung entstehen werden. An Stelle des einfachen Ringes setzen wir jetzt mehrere Windungen, also mehrere Ringe, die untereinander fortlaufend verbunden sind



Fig. 36 A.
Mehrere Windungen in Reihenschaltung zu einer Spule verbunden.

(Fig. 36 A). Nach dem an der früheren Stelle Gesagten werden nun, wenn wir den Ring wiederum um ein Stück drehen, so daß die Zahl der durch die Ringe hindurchgehenden Kraftlinien, fagen wir abnimmt, in jedem Ringe Ströme entstehen. Jeder Ring wird also zu einer Strompumpe, und da die Ringe derart verbunden sind, daß die Drucköffnung des einen mit der Saugöffnung des andern in Verbindung steht, so wird hier genau dasselbe eintreten, was bei der Hintereinanderschaltung von Elementen geschieht, die einzelnen Drücke summieren sich. Haben wir den Spiralling an einer Stelle aufgeschnitten, so werden diese beiden Stellen den positiven und den negativen Pol eines Stromerzeugers bilden, und wir können die in der Bewegung erzeugten Pole mittels zweier Leitungen mit einem entfernten Stromweg verbinden. Wir sehen also, daß sich durch Vermehrung der „Windungen“ eine Vermehrung des erzeugten Druckes erzielen läßt.

Die Änderung in der Zahl der vom Leiter umfaßten Kraftlinien kann nun aber auch in anderer Art erzielt werden. Die Kraftlinien breiten sich, wie wir gesehen haben, im Raum aus, sie werden am Pol dichter als in der Entfernung von demselben sein, und ein Ring von gewisser Größe wird dicht am Pol mehr Kraftlinien umfassen als in größerer Entfernung. Je näher wir also mit dem Ring an den Pol kommen, um so mehr muß die Zahl der von ihm umfaßten Kraftlinien zunehmen,

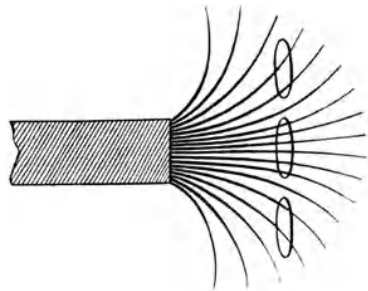


Fig. 36 B. Erzeugung von Strömen in einem geschlossenen Leiter durch Vorbeischieben desselben an einem Pol.

also und dies ist unser Schluß, durch die Annäherung des Ringes an den Pol wird in dem Ringe ein Strom erzeugt. Und gleiches geschieht, wenn wir ihn wieder vom Pol entfernen; beide Ströme, derjenige der Annäherung und der der Entfernung, werden aber entgegengesetzte Richtungen haben. Es wird sich nun gleich bleiben, ob wir diese Bewegung in der Art ausführen, daß wir mit dem Ringe in der Richtung der Achse des Magneten gerade auf den Pol losgehen und von ihm zurückweichen oder ob wir den Ring an dem Pol vorbeischieben, wie dies unsere Fig. 36 B andeutet. Jetzt können wir schon eine magnetelektrische Maschine konstruieren. Wir befestigen (Fig. 37 A) eine flache „Drahtspule“, d. h. einen mehrfach gewundenen Ring wie in Fig. 36 A, auf einer Kurbelwelle, so daß sie bei jeder Drehung der Kurbel an dem Magnetpol N vorbeigeht und drehen unsere Kurbel. Es wird dann in dem Draht jedesmal, wenn die Spule sich dem Pol zubewegt, ein Strom entstehen und ebenso ein solcher, aber mit entgegengesetzter Richtung, wenn sie sich wieder von

ihm entfernt. Wir erhalten also in der Drehung abwechselnd gerichtete Ströme, „Wechselströme“. Da aber die induzierende Wirkung des Magneten erst bei größerer Annäherung an den Pol beginnt und über eine gewisse Entfernung nicht hinausgeht, so läuft unsere Spule den größeren Teil ihres Weges leer. Das gibt uns Anlaß, unsere Konstruktion zu verbessern. Wir biegen den bisher müßig gebliebenen Südpol um, so daß er an die dem Nordpol diametral gegenüber liegende Stelle der Bahn der Spule zu liegen

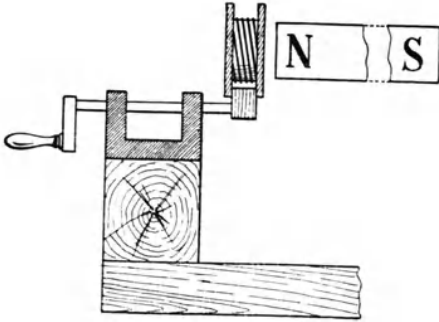


Fig. 37 A. Induzierung eines Stromes durch Vorbeigang einer Spule an einem Magnetpole.

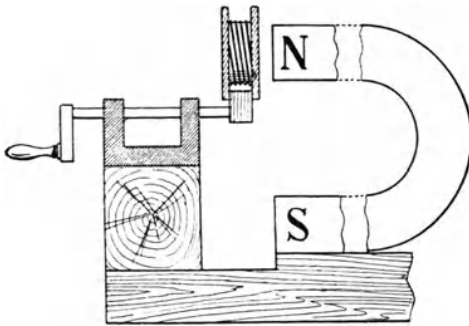


Fig. 37 B. Induzierung zweier Ströme bei jedem Umgang.

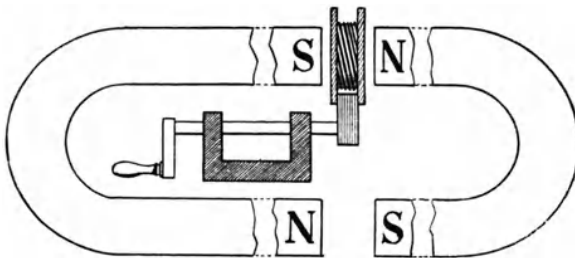


Fig. 37 C. Konzentrierung der Kraftlinien zwischen gegenübergestellte freundliche Pole.

kommt (Fig. 37 B), und erhalten jetzt auch beim Vorbeigang am Südpol einen Stromimpuls. Da haben wir aber eine schöne Dummheit begangen. Die Kraftlinien, die von Pol zu Pol gehen, ziehen sich jetzt durch die Annäherung der beiden Pole aneinander nach der kürzesten Verbindungslinie derselben zusammen und gehen fast sämtlich nicht mehr durch unsere Spule, sondern vor derselben her. Aber wir wissen uns zu helfen, wir stellen dem ersten Magneten schnell einen zweiten gegenüber (Fig. 37 C), und zwar derart, daß dem Nordpol des einen Magneten ein Südpol des andern gegenüber steht. Nunmehr gehen die Kraftlinien von jedem Pol des einen Magneten zum gegenüberliegenden des andern, und unsere Spule, welche sich in dem Zwischenraum zwischen beiden Magneten bewegt, schneidet jetzt so ziemlich alle Kraftlinien. Aber nun hindert uns der zweite Magnet am Drehen der Kurbel. Da verfallen wir auf einen ganz klugen Kunstgriff. Wir setzen (Fig. 37 D) noch eine zweite Spule auf die Kurbel, der zweiten diametral gegenüber und ebensoweit von der Achse entfernt. Dann schieben wir in jede Spule einen runden Eisenkern und verbinden die beiden Kerne an der Seite der Spulen, welche den Polen abgewendet ist, durch eine Eisenplatte. Die magnetischen Kraftlinien finden nun im Eisen einen weit bequemeren Weg als in der Luft und drängen sich deshalb in einem Eisenstücke, das sie auf ihrem Wege von Pol zu Pol finden, zusammen.

Jetzt brauchen wir den zweiten Magneten nicht mehr, denn durch die Zugabe des Eisenbügels haben wir die Kraftlinien von ihrem

direkten Wege abgelenkt und sie auf einen Weg gelockt, der durch beide Spulen hindurchführt. Wenn wir nun das Eisenstück mit den darauf sitzenden Spulen drehen, so wird die Richtung der Kraftlinien, die durch die Spulen gehen, mit jedem halben Umgange wechseln, denn das selbe Ende des Eisenstückes wird sich beim Anfang der Bewegung beispielsweise dem Nordpol gegenüber befinden, so daß bei ihm die Kraftlinien eintreten, am Ende des halben Umganges aber dem Südpol gegenüber liegen, so daß die Linien jetzt bei ihm austreten. Bei der Drehung werden also die Kraftlinien bald von der einen, bald von

der andern Seite her durch die Spule gehen, und jeder Wechsel bedingt einen Stromimpuls. Die Richtung der erzeugten Ströme wird abwechseln, wir erhalten also durch die Drehung Wechselströme.

Nun liegt uns aber nicht daran, die Ströme nur für die Spulen zu erzeugen, wir wollen sie außerhalb derselben anwenden, und deshalb müssen wir sie ableiten. Zunächst verbinden wir je ein Ende der Spulen miteinander und zwar derart, daß die Spulen hintereinander geschaltet sind. Die beiden frei bleibenden Enden, je eins an jeder Spule, bilden nun die Pole des Stromerzeugers. Jetzt gilt es, den Strom von diesen Polen abzuleiten. Wie ist dies zu bewerkstelligen? Unmittelbar mit den Leitungsdrähten des äußeren Stromkreises können wir die Spulen nicht verbinden, denn die Drähte würden sich bei der Drehung um die Kurbel schlingen; deshalb müssen wir eine Verbindungsart suchen, welche die Pole mit den Leitungsdrähten elek-

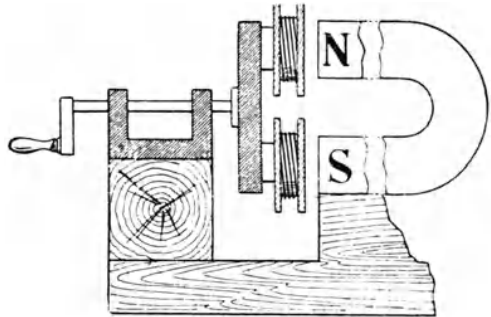


Fig. 37 D. Durchleitung der Kraftlinien durch zwei Spulen mit Hilfe eines Unters aus weichem Eisen.

trisch, aber nicht mechanisch verbindet. Wir verfahren hierfür in folgender Weise. Auf unsre Kurbelwelle setzen wir zwei isolierte metallene Ringe b und d (Fig. 38), den einen derselben verbinden wir mit dem einen Pol der Spulen, den andern mit dem andern. Auf diesen Ringen lassen wir zwei flache Metallfedern B und B' schleifen, welche an einem Klotz befestigt sind. Bei dieser Einrichtung ist die freie Bewegung der Welle nicht behindert, aber der Strom kann durch die leitende Berührung zwischen Ring und Feder von dem Ring, also aus der Spule, in die feste Feder gelangen und von dort aus bequem weiter geleitet werden. Man bezeichnet eine solche Vorrichtung als „Schleifkontakt“.

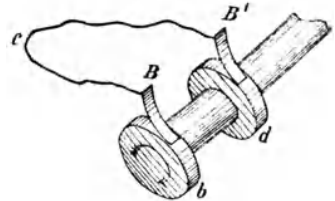


Fig. 38. Schleifkontakt.

Jetzt können wir aus unsern Federn die Ströme erhalten, welche beim Drehen der Spulen erzeugt werden, aber es ist nicht ein gleichmäßig fortfließender Strom, wie ihn das Element erzeugt, sondern es sind aufeinander folgende Stromstöße, von denen jeder die entgegengesetzte Richtung des nachfolgenden hat. Mit solchem Wechselstrom ist uns in vielen Fällen aber nicht gedient, wir wollen wenigstens gleichgerichtete Stromimpulse haben. Auch diese Aufgabe erschreckt uns nicht. Wir haben hierfür nur unsere Schleifringe derart einzurichten, daß jede Feder den Ring, auf welchem sie schleift, in dem Augenblicke wechselt, in welchem die Stromrichtung sich ändert. Dann wird also diejenige Feder, welche bei einem Stromimpuls den ausfließenden Strom aufnahm, beim nächsten Impuls nicht mehr den zurückkehrenden abführen, wie es bei der Vorrichtung Fig. 38 der Fall ist, sondern sie hat mittlerweile ihren Ring vertauscht und liegt jetzt an demjenigen an, der nunmehr den ausfließenden Strom ab-

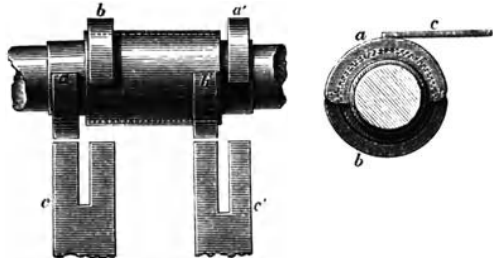


Fig. 39. Kommutator.

gibt; sie erhält also stets den ausfließenden und die andre Feder den einfließenden Strom. Ein solcher Lagenwechsel der Federn scheint recht kompliziert zu sein; in Wirklichkeit ist er aber die einfachste Sache von der Welt. Der Leser wolle nur einen Blick auf Fig. 39 werfen. Wir haben jeden Schleifring, soweit die Feder auf ihm schleift, in zwei Halbringe

zerschnitten, welche etwas gegeneinander verschoben sind, und die Federn soweit verbreitert, daß jede auf einem der nebeneinander liegenden Halbringe schleift. Die getrennten Hälften stehen nicht mehr miteinander in Verbindung, sondern es ist der Halbring a, der zur Feder c gehört, mit dem Halbringe a', auf welchem c' schleift, verbunden; ebenso stehen jetzt b und b' in Verbindung miteinander. Ist jetzt der eine Pol der Spulen mit a und a', der andre mit b und b' in Verbindung, so wird nach einer halben Umdrehung die Feder c, welche mit a verbunden war, auf eines der b zu liegen kommen, und ebenso wird Feder c' seine Verbindung mit den Halbringen wechseln. Ist durch richtige Stellung der Federn dafür gesorgt, daß dieser Wechsel mit dem Stromwechsel zusammenfällt, so wird jede Feder stets mit demselben Stromende in Verbindung bleiben, die eine mit dem ausgehenden, die andre mit dem einfließenden. Unfre Federn geben deshalb gleichgerichteten Strom nach außen hin ab, und während die Halbringe wechselnde Pole darstellen, bilden die Federn feste Pole, die eine den positiven, die andre den negativen. Diese Vorrichtung, Wechselströme auf mechanischem Wege in gleichgerichtete zu verwandeln, heißt Kommutator, Stromwender.

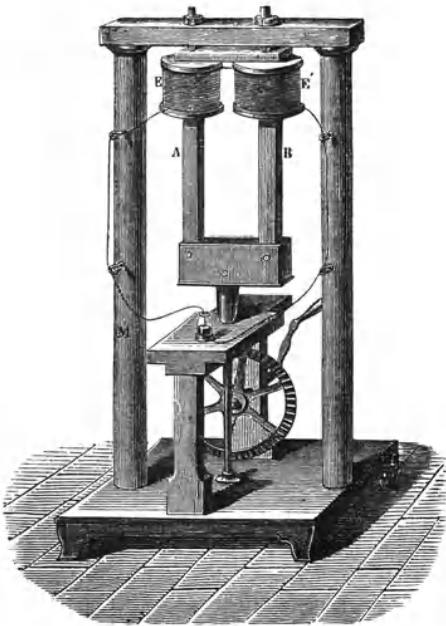


Fig. 40. Pixii's magnetoelektrische Maschine.

Hier haben wir die Prinzipien beisammen, nach welchen die ersten Maschinen zur Erzeugung von Strom und Bewegung konstruiert wurden. Der erste, der sie zur Verwendung für die Erzeugung von Strom brachte, war Pixii, der bereits im Jahre 1832, ein Jahr nach Faradays Entdeckung, die erste magnetoelektrische Maschine konstruierte. Unfre Fig. 40 gibt eine Ansicht derselben. Wie man aus derselben erkennt, ist bei dieser Maschine der Magnet, ein aus mehreren Lamellen zusammengesetzter Hufeisenmagnet, zum beweglichen, die Drahtspulen mit den Eisenkernen zum festen Teil gemacht worden. Die Vertauschung ändert an unsern früheren Ausführungen nichts, nur ist zu bemerken, daß sie unzuweckmäßig wird, sobald der Magnet schwerer wird wie die festen Spulen mit ihren Kernen und dies tritt ein, sobald man die Maschine für stärkere Wirkung vergrößert. Freilich wenn wir später die Starkstrommaschine kennen lernen werden, wird es sich

zeigen, daß die Feststellung der Spulen unter gewissen Umständen große Vorteile bietet; diese kommen aber hier noch nicht in Frage. Für Gleichrichtung des Stromes ist unter dem Magneten ein Kommutator angebracht, zu welchem der Strom mittels zwei Schleifedern zugeführt wird. Dieselben schleifen auf ganzen Ringen, bleiben also stets mit ihrem Ringe in Berührung, während die mit jedem Ringe verbundenen Halbringe mit den Ableitungsfedern abwechselnd in Berührung kommen; in unserer Figur ist der Kommutator fortgelassen und die Maschine nur zu Abgabe von Wechselströmen eingerichtet. Die weiteren Teile des Apparates bedürfen keiner Erläuterung.

Diese Pixii'sche Maschine bildet den Anfang aller Dynamomaschinen im weiteren Sinne, d. h. aller Maschinen, welche Bewegungsenergie in elektrische verwandeln. So primitiv uns jetzt ihre Konstruktion auch erscheinen mag, wir haben in ihr die Stammutter des gewaltig ausgewachsenen Maschinenengeschlechtes derer von Strom zu erblicken.

Es braucht nicht gesagt zu werden, daß die Pixii'sche Maschine, welche alle Stromwirkungen einer galvanischen Batterie hervorbringen ließ, das Interesse des damaligen Physikers erregte. Kein Wunder, denn mit Batterien zu arbeiten, ist nie ein Vergnügen gewesen, und die Aussicht, den Strom durch ein trockenes und erheblich bequemeres Ver-

fahren hervorbringen zu können, mußte den Erfindungsgeist lebhaft anregen. Von dieser Seite wurden Verbesserungen, die sich vorerst allerdings nur auf die Konstruktion bezogen, angestrebt. Wir geben beistehend die Abbildung solcher Konstruktionen von Clark und von Stöhrer, ohne uns weiter dabei aufzuhalten, da sie eine prinzipielle Entwicklung nicht aufweisen und nur insofern Interesse haben, als sie eine geschicktere und zweckmäßigere Anordnung der einzelnen Teile zeigen (Fig. 41 u. 42).

Außer den Physikern, für welche die magnetelektrische Maschine ein theoretisches wie auch ein praktisches Interesse haben mußte, waren es die damaligen wenigen elektrotechnischen Industriellen, welche dem neuen Stromerzeugungssapparat ihre Aufmerksamkeit schenkten, also die Telegraphentechniker und die Galvanotechniker, damals die einzigen Elektrotechniker. Die Telegraphentechniker konnten freilich — im allgemeinen — die magnetelektrische Maschine nicht als eine Verbesserung gegenüber den Elementen betrachten, wie wir schon früher ausgeführt haben; immerhin mußten auch sie sich sagen,

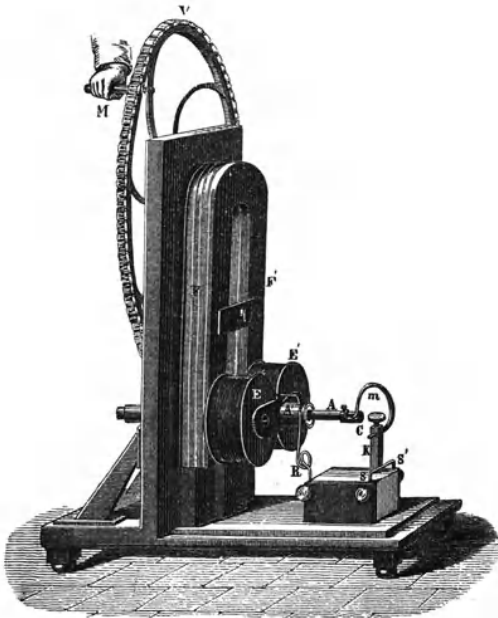


Fig. 41. Clark's magnetelektrische Maschine.

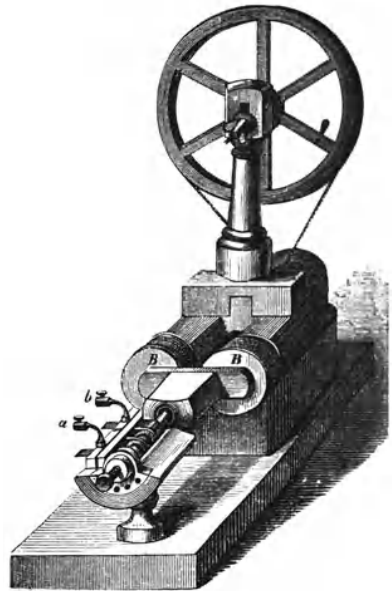


Fig. 42. Stöhrer's magnetelektrische Maschine.

daß es doch Fälle geben könne, in denen der Magnetinduktor die Batterie mit Nutzen zu vertreten geeignet sei. Diese Anschauung hat auch praktische Bedeutung gewonnen — wir kommen darauf an anderer Stelle zurück — aber so kräftig wirkte diese mäßige Zuneigung nicht, daß sie fördernd auf die Entwicklung der Maschine hätte einwirken können. Anders bei den Galvanotechnikern, die ein sehr weitgehendes Interesse an einer Erzeugung des Stromes durch Maschinenkraft hatten. Zumal die großen Anstalten für Verfilberung, Vergoldung und Galvanoplastik, wie Elkington Brothers in Birmingham und Ruolz in Paris, konnten von der Verwendung der großen galvanischen Batterien, wie sie ihr Betrieb erforderte, wenig erbaut sein, und da sie Betriebskraft durch Dampfmaschinen leicht erzeugen konnten, so war in dieser Industrie so recht der Boden vorhanden, in welchem die Maschine groß werden konnte; sie ist auch thatächlich in derselben groß gezogen worden, und es ist undankbar von manchen heutigen Elektrotechnikern, wenn sie die Galvanotechniker als nicht vollständig zurunft gehörig betrachten wollen.

So war es die weltbekannte Pariser Firma Christofle & Co., welche zuerst und zwar bereits im Jahre 1854 magnetelektrische Maschinen in ihren Betrieb einzuführen suchte. Es hatte sich um jene Zeit eine Fabrik zur Erzeugung von magnetelektrischen

Maschinen in Paris, die „Compagnie l'Alliance“, aufgethan, welche größere Magnetinduktionsmaschinen baute. Ihre Maschinen hatten schon eine ganz ansehnliche Leistung und wurden u. a. zum Betriebe für Bogenlampen in Leuchttürmen benutzt. Allein diese großen Magnetmaschinen hatten ihre gewaltigen Mängel. Zunächst erforderten sie ziemlich große und schwere Stahlmagnete, denn die magnetische Wirkung eines Stahlmagneten ist vergleichsweise klein, und man mußte Zahl und Größe der verwendeten Magnete ziemlich hoch nehmen, um eine größere Leistung zu erzielen. Die Maschinen erhielten dadurch einen bedeutenden Umfang und entsprechendes Gewicht, was sie erheblich verteuerte. Man sehe nur eine solche Alliance-Maschine aus den fünfziger Jahren an, wie sie uns Fig. 43 zeigt, und vergleiche damit eine heutige Dynamomaschine von gleicher Wirkung, welche

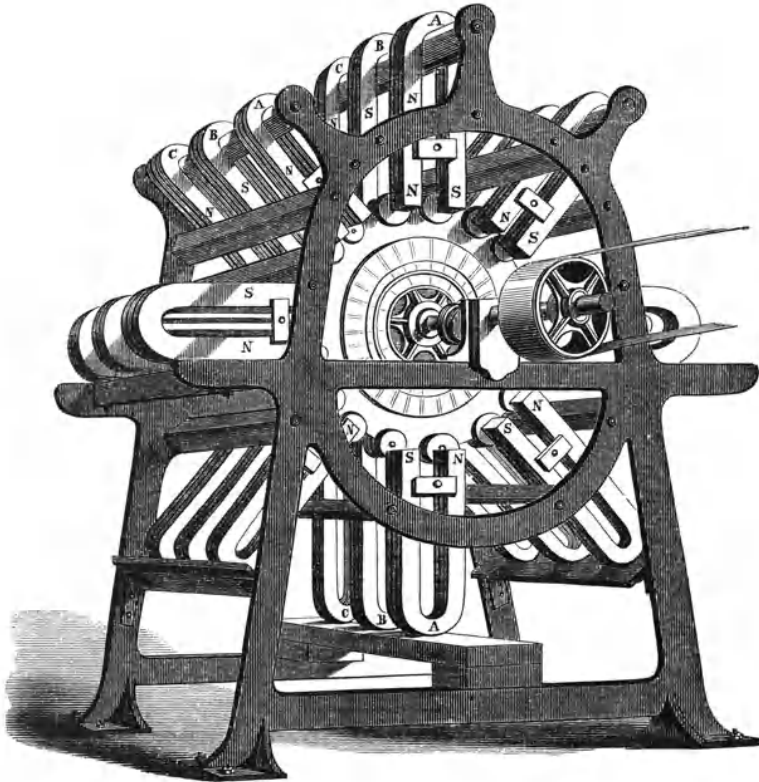


Fig. 43. Alliance-Maschine in ungefähr $\frac{1}{10}$ natürlicher Größe.

nach allen Seiten hin etwa ein Drittel Abmessung der Alliance-Maschine hat. Aber außerdem hatten die Magnetmaschinen noch andre Fehler. Zunächst schwächten sich die Magnete sehr rasch und in einem bedenklichen Grade. Weiter ist aber das Verhältnis der gewonnenen elektrischen Energie zur aufgewendeten Betriebskraft bei diesen Maschinen aus verschiedenen Gründen wenig günstig. Es galt also, hier Besseres zu schaffen, und zuerst richtete sich der Angriff der Erfinder gegen die Stahlmagnete. Warum sollte man statt dieser umfangreichen, unzuverlässigen und wenig leistungsfähigen Glieder der Maschine nicht die sehr viel besseren Elektromagnete anwenden? Dieser Gedanke lag nahe, und doch hat man lange gezögert ihn zu verwirklichen, weil man zur Erregung der Elektromagnete eine Batterie anwenden mußte und diesen gemischten Betrieb scheute. Aber wozu bedurfte man der Batterie? Konnte man doch zur Erzeugung der Ströme für den Elektromagneten eine magnetelektrische Maschine anwenden, welche ebenfalls von der Dampfmaschine angetrieben wurde. Diesen weiteren Schritt that H. Wilde in Manchester im

Jahre 1866. Seine Maschine war eine große Magnetinduktionsmaschine, deren Magnete Elektromagnete waren; zur Erregung der Elektromagnete diente eine kleinere Maschine mit Stahlmagneten, welche von derselben Welle wie die große angetrieben wurde. Von hier aus war es nur noch ein Schritt zur eigentlichen Dynamomaschine, welche ihren eignen Strom zur Erregung der induzierenden Elektromagnete benutzte.

Wir haben hier aber noch einer Verbesserung zu gedenken, welche Werner Siemens an den bewegten Drahtspulen und ihren Eisenkernen anbrachte. Diese Drahtspulen mit den Kernen heißt man den Anker oder die Armatur der Maschine. Der erstere Ausdruck ist eine Erweiterung der Bezeichnung, welche man auf das von einem Magneten angezogene Stück Eisen anwendet; weil nun der Eisenkern an den obigen Maschinen die Pole der Magneten in gleicher Weise schließt wie der Anker, so ist die Benennung

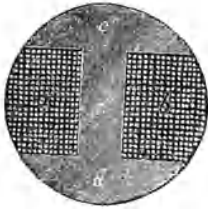


Fig. 44. Siemens-Anker;
Querschnitt.

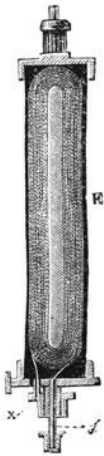


Fig. 45. Siemens-Anker;
Längsschnitt.

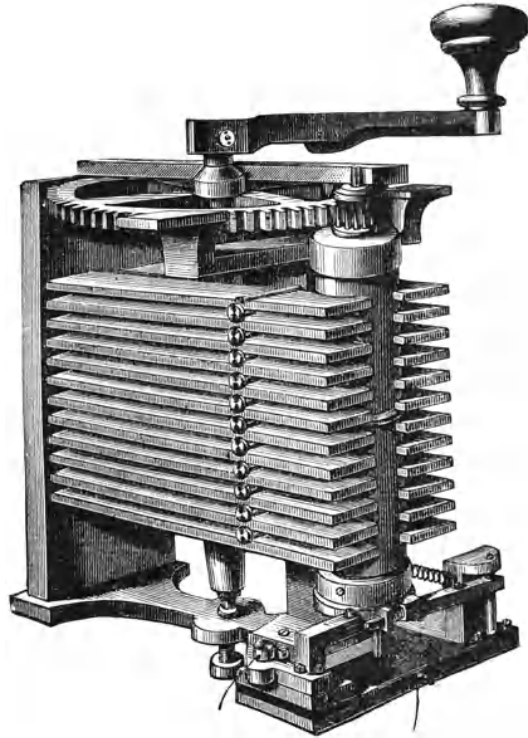


Fig. 46. Magnetelektrische Maschine mit Siemens-Anker.

auf den Eisenkern mit seinen Spulen übertragen worden. Die Bezeichnung „Armatur“, auf deutsch „Bewehrung“, wird in gleicher Verwendung namentlich von den Engländern gebraucht. Beide Bezeichnungen werden jetzt im übertragenen Sinne für denjenigen Teil der magnet- und dynamoelektrischen Maschinen gebraucht, in welchem der Strom erzeugt wird, einschließlich des Eisenkernes der induzierten Spulen. Auch wir werden sie im weiteren häufiger anwenden.

Die Verbesserung von Siemens an den Ankern der Magnetmaschinen bestand nun darin, daß er dem Eisenkern eine zweckmäßigere Form gab. Diese als „Doppel-T-Anker“ bekannte Vorrichtung besteht aus einem Eisenzylinder, in welchem zwei diametral gegenüberstehende Längsnuten eingeschnitten sind (Fig. 44). In die Nuten werden die Drähte eingelegt, indem man den Zylinder der Länge nach mit isoliertem Draht umwickelt (Fig. 45). Ein solcher Körper dreht sich nun zwischen den Magnetpolen, welche ihn eng umschließen. Gegenüber den älteren Ankern weist der Doppel-T-Anker mehrere

Vorteile auf. Zunächst ist es ersichtlich, daß ein Cylinder, der sich um seine Längsachse dreht, mechanisch vorteilhafter sein wird, als der ältere Anker. In magnetischer Beziehung hat der Siemens-Anker den Vorteil, daß er die Kraftlinien auf dem kürzesten Wege überleitet und außerdem es ermöglicht, daß man die Anzahl der wirkenden Magnete leicht vermehren kann, indem man den Anker entsprechend verlängert und auf der ganzen Länge mit Magnetpolen besetzt. Außerdem aber gibt der Doppel-T-Anker einen gleichmäßigen Strom. Aus unserer Fig. 46 wird man leicht erkennen können, daß der Siemens-Anker eine kompaktere Anordnung, die mehr dem Charakter einer Maschine entspricht als die älteren Ankerkonstruktionen, ermöglicht und den Vorteil gewährt, daß der Cylinder vollständig eingeschlossen werden kann; es bedeutet dies für größere Maschinen einen nicht zu unterschätzenden Vorteil.

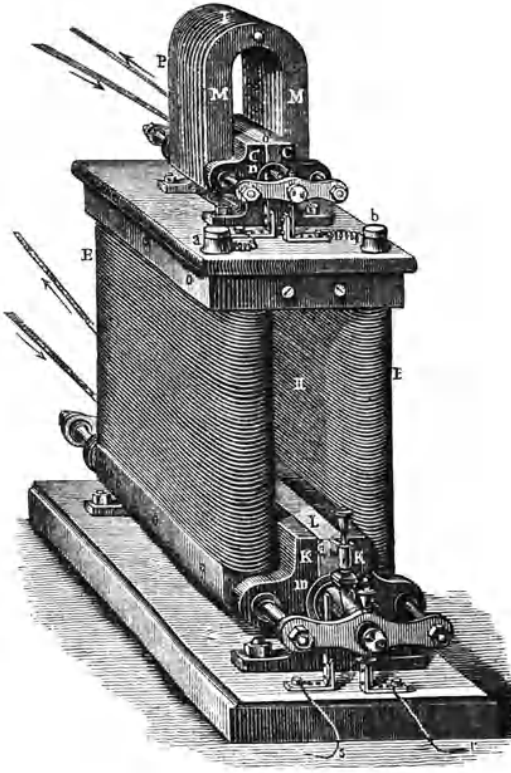


Fig. 47. Wildes Maschine.

Wildes, auf den wir nun wieder zurückkommen, baute unter Benutzung des Siemens-Ankers eine Elektromagnetmaschine, welche Fig. 47 darstellt. Einer Erläuterung bedarf dieselbe wohl kaum. Wir sehen eine Magnetmaschine nach Art der in Fig. 46 dargestellten, nur daß bei ihr der Stahlmagnet durch einen Elektromagneten ersetzt worden ist. Die Erregung dieses Elektromagneten wird durch die zweite kleinere Maschine bewirkt, welche Stahlmagnete besitzt.

Das dynamoelektrische Prinzip. „Dies war die Sachlage“ — wir lassen nun unsern Werner Siemens sprechen, wie er die Entwicklungsgeschichte seiner Erfindung selbst erzählt hat — „dies war die Sachlage, als ich im Jahre 1866 auf den Gedanken kam, daß eine elektromagnetische Maschine (ein elektrischer Motor, wie sie später beschrieben werden), wenn in umgekehrter Richtung von derjenigen gedreht, in welcher sie durch einen sie durchlaufenden Strom bewegt wird, eine Verstärkung dieses Stromes erzeugen müsse. Der Ge-

danke lag eigentlich sehr nahe, da schon Jacobi den Nachweis geführt hatte, daß bei jeder durch den Strom bewegten elektromagnetischen Maschine ein Gegenstrom entstehen müsse, der den wirkenden Strom schwächt und durch die umgekehrte Bewegung auch die Richtung dieses schwächeren induzierten Stromes umkehren muß (also in gleicher Richtung mit dem wirkenden Strom und diesen daher verstärkend). In der That bestätigte sich nicht nur meine Voraussetzung, sondern es stellte sich auch heraus, daß der auch im weichsten Eisen zurückbleibende Magnetismus schon ausreicht, um den Verstärkungsprozeß des durch ihn erzeugten äußerst schwachen Stromes einzuleiten.“ Wir sehen aus dieser Mitteilung, daß Siemens auf seine Erfindung nicht dadurch kam, daß er die Wildesche Maschine durch Beseitigung der besonderen Erregungsmaschine vereinfachte, sondern von der damals schon bekannten Umkehrung der Dynamomaschine, von dem elektrischen Motor, ausging. Damit ist aber nicht gesagt, daß seine Erfindung nicht die logische Fortsetzung der hier geschilderten Entwicklungsreihe

gewesen ist. Thatsächlich lag in jener Zeit dieser letzte Schluß, die Erfindung der eigentlichen Dynamomaschine, in der Luft, und es ist ja auch Wheatstone unabhängig von Siemens zu dieser Erfindung gelangt, die er aber vierzehn Tage später als unser Landsmann veröffentlicht hat. So ist auch Siemens trotz der anderweitigen Herleitung der Erfindung durch den Gang der Ereignisse allmählich zu dem letzten Gliede einer langen Kette geführt worden. Wir werden übrigens ähnlichen Erscheinungen, daß gewisse Erfindungen „in der Luft lagen“ und ziemlich gleichzeitig von mehreren Forschern unabhängig voneinander gemacht wurden, noch öfters in unsern Darstellungen begegnen, und man kann sich darüber nicht wundern, weil sich diese Erfindungen als letzte Glieder längerer Entwicklungsreihen erweisen, die eines Tages ausgereift sind und an mehreren Stellen geerntet werden. Es ist deshalb in vielen Fällen schwierig, diese oder jene Erfindung auf einen bestimmten Urheber zurückzuführen.

Die erste Dynamomaschine. Die erste für Stromerzeugung verwendbare Dynamomaschine wurde von dem Engländer Ladd im Jahre 1867 erbaut. Doch benutzte derselbe noch eine besondere Maschine für die Erregung der Elektromagnete. Unsrer Fig. 48 zeigt diese Maschine, welche aus zwei plattenförmigen Elektromagneten besteht, zwischen deren beiden Enden sich Siemens-Anker drehen. Der eine Siemens-Anker erzeugt den Strom für die Elektromagnete, der zweite den Strom für den Außenstromkreis. Durch den schwachen remanenten Magnetismus der Eisenkerne wird zunächst ein ganz kleiner Strom in der ersten Armatur erzeugt; dieser durchfließt die Elektromagnete und verstärkt also den schon vorhandenen Magnetismus der Eisenkerne. Infolgedessen wächst der in der Armatur erzeugte Strom in seiner Stärke, die Elektromagnete werden also kräftiger erregt, und indem diese Wechselwirkung weiter geht, steigert sich der Magnetismus der Elektromagnete zu seiner vollen Stärke. Er wirkt dann auf die zweite Armatur ein und erzeugt einen kräftigen Strom, welcher zur Beleuchtung und andern Zwecken ausgenutzt werden kann.

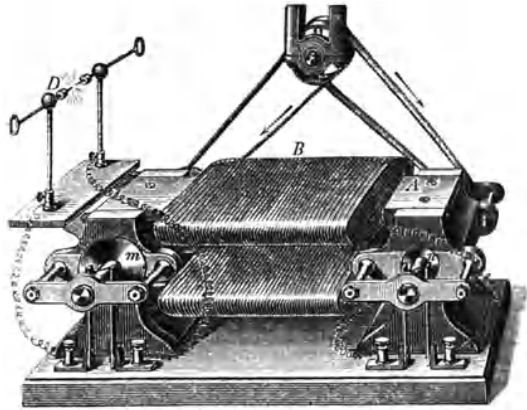


Fig. 48. Ladd's dynamoelektrische Maschine.

Der Pacinotti-Gramme-Ring. Es lag nun aber nahe, die zweite Armatur ganz zu unterdrücken und den Strom, welcher in der ersten erzeugt wird, nicht nur durch die Magnete, sondern auch durch den Außenstromkreis zu leiten. Man hatte zu diesem Zwecke nur die Verhältnisse richtig zu wählen und den anfänglich erzeugten Strom vorerst einzig über die Elektromagnete zu leiten, bis diese die gehörige Stärke gewonnen hatten, worauf man den vergrößerten Stromkreis einschalten konnte. Nun erwies sich aber der bisher benutzte Siemens-Anker als mangelhaft. Hören wir, was der Erfinder der Dynamomaschine darüber sagt:

„Die großen Pläne, die ich schon damals auf dies neugeborene Kind — wie man es in der ersten Freude zu thun pflegt — baute, waren aber noch nicht lebensfähig. Ich dachte unter anderm damals auch schon an elektrische Bahnen durch Berlin, um den Verkehr in den Straßen zu mindern. Die dynamoelektrische Maschine war aber noch nicht fertig und hatte ihre Kinderkrankheiten noch erst zu überstehen. Als eine solche stellte sich eine neue Erscheinung, die Erhitzung des Eisens bei schnellem Wechsel der magnetischen Polarität heraus. Die Moleküle des Eisens wollten sich nicht schnell genug bei schnellem Wechsel der Polarität drehen, und es bedurfte dazu aufzuwendender innerer Arbeit, die als Erhitzung des Eisens austrat. Die kräftigen Maschinen, die ich zur Erzeugung elektrischen Lichtes anfertigen ließ, mußten aus diesem Grunde stets mit Wasser gekühlt werden, weil sonst die Magnete und Drähte zu heiß wurden.“

Da kam der Elektrotechnik nun eine Erfindung zu Hilfe, welche dem Anker eine bessere Form gab. Es war dies der Pacinotti-Grammesche Ring, welcher nicht nur von der erwähnten störenden Erscheinung frei ist, sondern auch insofern einen Fortschritt bedeutet, als er an Stelle von einzelnen Stromstößen, welche durch den Kommutator gleichgerichtet werden, einen gleichmäßig ausfließenden Strom liefert.

Im Jahre 1860 konstruierte Dr. Pacinotti in Florenz einen elektrischen Motor, dessen ringförmiger Anker statt der wechselnden Pole, wie sie die bisherigen Konstruktionen aufwiesen, umlaufende Pole hatte, welche sich in dem Ringe entgegen der Drehung desselben bewegten und dadurch im Raume unverrückt an derselben Stelle blieben. Genau die gleiche Anordnung wendete nun zehn Jahre später Zénobe Théophile Gramme, ein Belgier von Geburt, welcher bei der „Compagnie l'Alliance“ als Modelltischler angestellt war und dadurch auf die Beschäftigung mit der Elektrizität geführt wurde, für den Anker der Dynamomaschine an, ohne die ältere Erfindung des Dr. Pacinotti zu kennen. Er war von dem Gedanken ausgegangen, einen induzierenden Magneten in einer ringförmigen Drahtspule rotieren zu lassen, um von dieser einen ununterbrochenen gleichgerichteten Strom zu erhalten, und nahm später in Verfolg seiner Idee die von Pacinotti angewendete Anordnung an, bei welcher der Eisenring zwischen den Polen eines festen Magneten rotiert.

Das Verdienst Grammes wird nicht dadurch verringert, daß seine Idee schon zehn Jahre früher von Dr. Pacinotti gefunden und veröffentlicht worden war. Gehört auch Pacinotti die Priorität der Erfindung, so ist doch Gramme selbständig auf seine Schaltung gekommen, und von dieser Wiedererfindung aus ist sie für die Elektrotechnik fruchtbar gemacht worden.

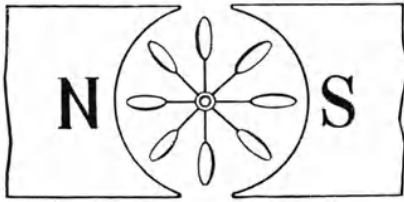


Fig. 49. Kreisförmige Bewegung von ringförmigen Leitern in einem magnetischen Felde.

Um die Grammesche Ankerwicklung zu verstehen, wollen wir zunächst folgende einfache Vorrichtung betrachten. In einem magnetischen Felde, wie es zwischen den zwei Polen N und S (Fig. 49) entsteht, bewegen sich acht geschlossene metallene Ringe 1—8, welche in gleichen Abständen auf den Speichen einer Welle sitzen. Es sei der höchst stehende Ring Nr. 1, und

wir wollen die Zählung im Sinne des Uhrzeigers weiter gehen lassen. Betrachten wir nun zuerst die Ringe 1—5. Wir sehen, daß Ring 1 die größtmögliche Anzahl Kraftlinien umfaßt, weil seine Fläche senkrecht zu den Linien steht. Ring 2 umfaßt schon weniger, weil er sich gegen die Richtung der Kraftlinien geneigt hat, und Ring 3, dessen Ebene in jene Richtung fällt, kann keine Linie umfassen. In Ring 4 hat die Zahl der Linien bereits wieder zugenommen, aber man merke, sie treten jetzt von einer andern Seite in den Ring ein, weil der Ring 4, verglichen mit Ring 2, seine Lage gegen den Nordpol gewechselt hat. Bei Ring 5 findet wieder volle Umfassung statt, so daß Ring 5 ebensoviele Linien einschließt wie Ring 1, aber im entgegengesetzten Sinne, was die Richtung der Kraftlinien angeht. Wird also unsere Vorrichtung derart gedreht, daß ein Ring die aufeinander folgenden Lagen der Ringe 1—5 annimmt, so wird, sobald er von 1 nach 2 und 3 geht, ein Strom in ihm entstehen, weil die umfaßten Kraftlinien sich in der Zahl vermindern. Auf dem Wege von 3—5 nehmen die umfaßten Linien wieder zu. Würden sie von derselben Seite in den Ring eintreten, wie bei 1—3, so müßte jetzt ein entgegengesetzter Strom erzeugt werden; da aber der bewegte Ring die Lage gegen den Nordpol gewechselt hat, die Kraftlinien jetzt von der andern Seite in den Ring eintreten, so wird nummehr das Anwachsen der Kraftlinien einen Strom erzeugen, welcher die gleiche Richtung wie bei der Bewegung von 1—3 hat. Auf dem ganzen Wege von 1—5 wird also in dem Ringe ein Strom von gleichbleibender Richtung erhalten.

Nun zur andern Hälfte des Weges. Ist unser Ring bei 5 angekommen, so umfaßt er wieder ein Maximum von Kraftlinien. Wenn er über 5 hinausgeht, so nehmen die umfaßten Kraftlinien in ihrer Zahl ab. Da jetzt aber die Lage gegen den Nordpol nicht verändert wird, so wird der Übergang von Zunahme auf Abnahme einen Wechsel

in der Stromrichtung bedingen. Es wiederholen sich nun die Vorgänge, welche bei der ersten Hälfte des Weges auftreten; es werden also im Ringe auf seinem ganzen Wege von 5 über 6, 7 und 8 nach 1 Ströme gleicher Richtung erzeugt werden; aber diese Ströme müssen, nachdem bei 5 ein Stromwechsel stattgefunden hat, die entgegengesetzte Richtung von denjenigen auf der ersten Weghälfte haben. Bei 1 tritt dann wieder ein neuer Stromwechsel ein und das Spiel geht weiter.

Unsre Anordnung hat noch den Mangel, daß das magnetische Feld nicht bestens ausgenutzt wird. Wir bringen deshalb eine Verbesserung an, durch welche die Kraftlinien ausgenutzt werden. Wir bringen deshalb eine Verbesserung an, durch welche die Kraftlinien ausgenutzt werden. Wir legen durch den Kreis der Ringe einen eisernen Ring und geben den Enden der Pole N und S eine solche Form, daß sie sich an den Kreis der metallenen Ringe thunlichst anschließen (Fig. 50). Die von Pol zu Pol gehenden Kraftlinien nehmen nun zum größten Teil ihren Weg über den für sie bequemeren Eisenring und sie werden sich dabei derart anordnen, wie es die Figur zeigt. Durch das successive Austreten der Linien aus dem Eisenringe, wie es die Abbildung erkennen läßt, wird dabei die gleiche Wirkung wie durch die Neigung der metallenen Ringe erzielt; es wird sich die Zahl der umfaßten Kraftlinien und die Richtung ihres Eintrittes in den Ring in ganz ähnlicher Weise verändern, wie in Fig. 49. Würden wir also die metallenen Ringe über den Eisenring hinschieben, so würden sich in ihnen ebenso wie oben Ströme entwickeln und zwar auf der einen Hälfte des Weges Ströme mit der einen, auf der andern mit der andern Umlaufsrichtung. Die durch den Eisenring gehenden Kraftlinien verändern nun ihre Lage nicht, wenn wir den eisernen Ring mit den Stromleitungsringen fest verbinden und sich mit ihnen drehen lassen.

Nun haben wir es leicht, die Wirkungsweise des „Grammeschen Ringes“ zu verstehen. Wir haben nur unsre, bisher ohne Verbindung gebliebenen Ringe zu gemeinsamer Arbeit zusammenzuschalten, was in überaus einfacher Weise bewirkt werden kann. Wir überwickeln unsern Eisenring mit einem fortlaufenden Draht, dessen beide Enden sich zusammenschließen. Er bildet also eine den Ring umgebende Spirale, wie Fig. 51 dies erkennen läßt. Wegen einer später zu erwähnenden Vorrichtung sei der Draht blank, ohne isolierende Hülle. Damit nun der Eisenring nicht den Strom aus dem Drahte ableitet, sei der Ring zunächst mit einer isolierenden Schicht bedeckt, auf welche der Draht gewickelt ist, so daß die erzeugten Ströme keinen andern Weg als durch den Draht haben. Betrachten wir nun die einzelnen Windungen der Drahtspirale, so stellen sich dieselben als die vorerwähnten metallenen Ringe dar; aber während diese nicht miteinander verbunden waren, ist hier das eine Ende jedes Ringes mit einem solchen des vorhergehenden verbunden. An Stelle der getrennten Stromleiter ist hier ein einziger fortlaufender getreten.

Wie sind nun die einzelnen Windungen verbunden? Um dies zu erkennen, lassen wir unsre Vorrichtung umlaufen. Nach dem früheren werden dann in jede einzelne

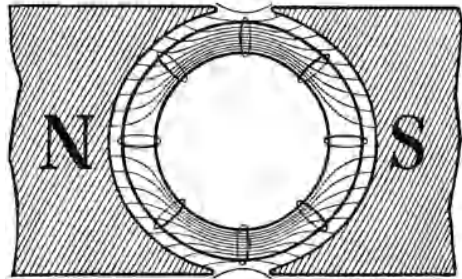


Fig. 50.
Durchleitung der Kraftlinien durch einen Eisenring.

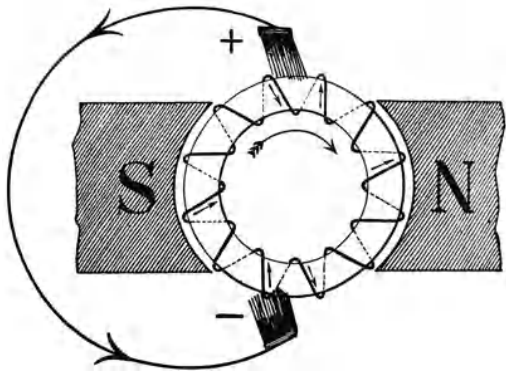


Fig. 51. Die fortlaufende Umwicklung beim Gramme-Ring und die Abnahme des Stromes vom Ringe.

Windung der Spirale Ströme entstehen, und zwar in der Richtung, wie sie die Pfeile unserer Fig. 51 andeuten. Wir ersehen nun leicht, daß die Windungen jeder Ringhälfte hintereinander geschaltet sind, aber die eine Hälfte ist der andern gegengeschaltet. Die beiden Gesamtströme werden daher dem obersten Teile der Spirale von beiden Hälften her zufließen, es wird dort also ein positiver Pol entstehen, und in gleicher Weise werden die Ströme von dem untersten Punkte gemeinsam entspringen, so daß dort ein negativer Pol entsteht. Wir können dies mit einer Batterie vergleichen, die aus zwei gegeneinander geschalteten Hälften besteht (Fig. 52); jede Hälfte enthält die

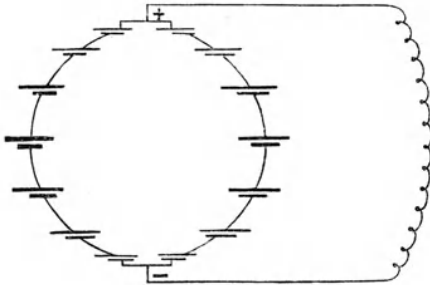


Fig. 52. Reihenschaltung der Spulen im Gramme-Ring; die einzelne Windung ist durch je ein Element vertreten.

gleiche Anzahl hintereinander geschalteter Elemente. Wie hier, so wird auch in dem Grammeschen Ringe kein Strom zur Entstehung kommen können, es sei denn, daß wir die beiden Stellen, wo die zwei Batterien zusammenstoßen, durch einen Draht verbinden; in diesem Falle schicken beide Hälften gemeinsam ihren Strom in den Verbindungsdraht. Wie sollen wir diese Ableitung nun bei dem Grammeschen Ringe bewerkstelligen? Nichts Einfacheres als dies; wir befestigen zwei Schleiffedern derart, daß sie auf dem oberen beziehungsweise auf dem unteren Ende des laufenden Ringes schleifen, und da nach

bzw. von diesen Stellen der Strom geht, so werden wir ihn durch die Kontaktfedern über einen Außenweg leiten können.

Wir sehen, daß wir in dieser Vorrichtung etwas ganz Neues gewonnen haben, das sich gegen die früher beschriebene mechanische Stromwendung wesentlich unterscheidet. Denn wenn auch die Ströme in jeder Windung wechseln werden, sobald eine solche aus einer Hälfte der Ringlage in die andre tritt, so wird doch stets die gerade in jeder Hälfte des Ringes liegende Windung den in ihnen erzeugten Strom nach dem oberen Ende schicken, wo ihn die Schleiffeder aufnimmt.

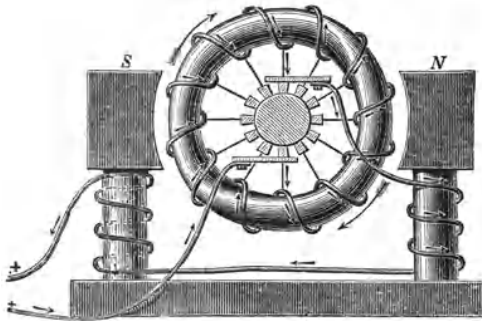


Fig. 53 A. Verbindung der einzelnen Windungen mit den Kollektorsegmenten.

In der hier geschilderten typischen Form des Grammeschen Ringes bleibt noch ein Mangel bestehen. Wenn die Federn in gedachter Weise auf den Drahtwindungen schleifen sollen, so muß der Draht nackt sein. Da er aber dicht und in mehreren Lagen, wie wir sehen werden, aufgewickelt werden soll, so bietet es Schwierigkeiten, die obere Lage blank zu lassen und jede Windung derselben gegen die anliegende zu isolieren. Außerdem würde die Feder den Draht bald durchscheuern und die nicht immer

zu vermeidenden Funken würden die an- und unterliegende Isolation angreifen. Man verfährt deshalb in anderer Weise, man gibt dem Ringe eine besondere Ableitungsvorrichtung. Dieselbe besteht aus metallenen Streifen, welche als Sektoren eines Zylinders, wie die Dauben eines Fasses könnten wir sagen, zusammengefügt sind. Jeder Streifen ist vom andern und von der Welle sorgfältig isoliert. Fig. 53 B zeigt den Querschnitt eines solchen Körpers. Verbinden wir nun das Ende einer jeden Windung mit einem solchen Kollektor-sektor (vergl. Fig. 53 A) und legen unsere Schleiffedern an den Zylinder derart an, daß immer diejenigen Sektoren, welche jeweils mit der obersten und untersten Windung verbunden sind, die Federn berühren, so werden die aus beiden Hälften des Ringes kommenden Ströme dem an der oberen Feder anliegenden Sektor zufließen. Das Gleiche gilt für die

von der unteren Windung abfließenden Ströme, welche von der unteren Feder abgehen werden. Wir haben demnach nur die beiden Pole des Ringes auf einen zweiten Körper verlegt, von welchem aus die Ableitung des Stromes erfolgt. Es bietet uns dies den Vorteil, daß wir an Stelle des empfindlichen Ringes eine Vorrichtung setzen, welche dauerhafter ist und leicht durch Abdrehen genau rund gemacht werden kann, also eine glattere Schleiffläche bietet. Wir gewinnen aber noch einen andern Vorteil. An Stelle unserer einfachen Windung können wir deren mehrere setzen (vergl. Fig. 53 B), ohne die Anzahl der Kollektorstreifen vermehren zu müssen. Der Strom wird dann allerdings nicht in jedem Moment von der obersten und untersten Windung abgenommen, sondern von einer solchen, welche von der obersten Lage noch oder schon etwas entfernt sein kann, aber dies beeinträchtigt die Gleichmäßigkeit des Stromes nur wenig, wenn der Spielraum nicht zu groß ist.

Der Eisenkern des Ankers. Unsere Erläuterungen der Wirkungsweise des Grammeschen Ringes sind etwas lang geworden und haben den Leser vielleicht ungeduldig gemacht. Allein wir konnten diese Anordnung nicht kurz abfertigen, denn die Kenntniss der Konstruktion des Grammeschen Ringes und der in ihm auftretenden Vorgänge ist für das Verständnis einer ausgedehnten Klasse von elektrischen Maschinen nicht zu entbehren. Wir wollen aber nun sofort an die Beschreibung der Dynamomaschine selbst und an die Darstellung ihrer Entwicklung in zwei Jahrzehnten gehen. Zuvor aber noch eine Bemerkung. Zur zweckmäßigen Leitung der Kraftlinien haben wir einen eisernen Ring benutzt. Denken wir uns denselben einen Augenblick hohl, so besteht er aus einer Reihe aneinander gefügter metallener Ringe. Es werden sich daher auch in ihm Ströme entwickeln, die wir aber, da die Ringe in sich geschlossen sind, nicht gewinnen können; es werden also in dem Eisenringe Ströme entstehen, die wir nicht nur nicht nutzen können, sondern die uns auch unnötig Betriebskraft fortnehmen und den Eisenring derart erhitzen, daß die isolierende Umhüllung der aufgewickelten Drähte zerstört wird. Es verschlägt nun nichts, daß der Ring massiv und nicht hohl ist. Im Gegenteil wird dadurch die Strombildung im Eisenringe gefördert und die daraus hervorgehende störende Wirkung vermehrt. Den massiven Eisenring müssen wir also aufgeben. Was wir an seine Stelle setzen, das soll etwas weiter unten erläutert werden.

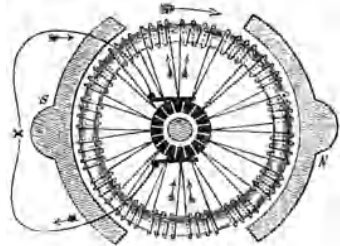


Fig. 53 B. Grammescher Ring mit mehreren Windungen für jeden Kollektorstreifen.

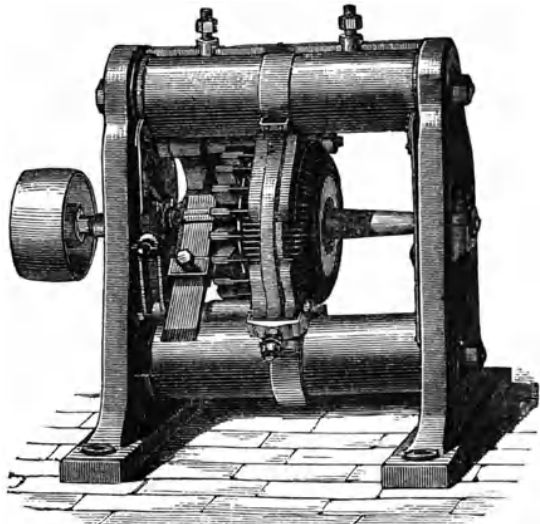


Fig. 54. Dynamomaschine von Gramme.

Die Grammesche Dynamomaschine. Die Grammesche Dynamomaschine, wie sie zuerst auf den Markt kam, ist in Fig. 54 abgebildet. Zwei aufrechtstehende eiserne Böde sind durch die Kerne der beiden induzierenden Elektromagnete verbunden, welche übereinander liegen. Die Pole dieser Elektromagnete liegen in ihrer Mitte, ein jeder ist also aus zwei gleichen, geraden Elektromagneten gebildet, die mit den gleichen Polen zusammenstoßen, oder wir können auch sagen, daß die mit einem Boek verbundenen Hälften des oberen und unteren Magneten einen Hufeisenmagneten bilden und die beiden Hufeisenmagnete mit den gleichen Polen oben und unten verbunden sind. Dort wo der Pol an

jedem Magnet entsteht, sitzt an dem Eisenkern ein Eisenstück, welches in den Zwischenraum zwischen beiden Magneten hineinragt und den später zu beschreibenden Ring nahezu zur Hälfte umfaßt; es sind dies die Polschuhe, welche zur Überleitung der Kraftlinien aus den Magneten in den Ring dienen. Die beiden durch die eisernen Magnetkerne verbundenen Böcke geben ein standfestes Gestell ab, welches die Welle des Ankers mit zwei in den Böcken angebrachten Lagern trägt. Nach der einen Seite hin ragt die Welle um ein Stück aus dem Bock hervor und trägt hier die Riemenscheibe.

Nun zum wichtigsten Stück der Maschine, zum Anker und Kollektor. Wir haben gesagt, daß man den Eisenkern des Ankers nicht massiv nehmen darf, weil sich sonst in ihm „verlorene Ströme“ entwickeln, die ihn erhitzen und unnützen Kraftverlust bewirken. Wie ist nun der Entstehung solcher Ströme zu begegnen, ohne den Kraftlinien den Weg zu erschweren? Die Ströme, welche durch die Änderung der Kraftlinien entstehen, haben stets, wenn ihnen freier Spielraum gewährt ist, einen solchen Verlauf, daß sie die Kraftlinien wie einen Ring umgeben, ihre Ebene steht senkrecht zur Richtung der Kraftlinien. Wird das Eisen des Ankers nun so zerteilt, daß der Weg der Kraftlinien nicht unterbrochen wird, dagegen nach allen Richtungen senkrecht zum Verlauf der Linien Schichtungen oder Unterbrechungen entstehen, welche dem Strom den Weg versperren, so werden wir die Strombildung hindern, ohne auch gleichzeitig den Kraftlinien den Weg zu erschweren. Denken wir uns also (Fig. 55) das Stück Eisen, in welchem

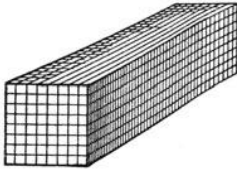


Fig. 55. Zerteilung eines Eisenstückes zur Verhinderung der Entstehung von Strömen im Eisen.

die Kraftlinien von dem hinteren zum vorderen Ende fließen, derart in einzelne Stränge zerschnitten, wie es die Gitterlinien auf der vorderen Stirnfläche andeuten, und jeden Strang vom andern isoliert, so kann kein Strom von einem Strang zum andern übergehen, und damit ist der die Kraftlinien umgebende Strom verhindert. Nunmehr kommt es nur noch darauf an, diese Zerteilung des Eisens in einfachster Weise zu bewirken. Dies erreichen wir, indem wir den Eisenkern aus Eisendraht herstellen, welcher zu einem dicken Ringe von gewünschter Form aufgewickelt wird. Unre Fig. 56 A stellt einen solchen Ankerkern dar, aus welchem ein Teil ausgeschnitten ist, um die Lage der Drähte erkennen zu lassen. Zur thunlichsten Isolation der einzelnen Drähte voneinander wird jede Lage mit Firnis bestrichen, welcher zwischen die Drähte fließt und jede Windung von der andern trennt. Ist

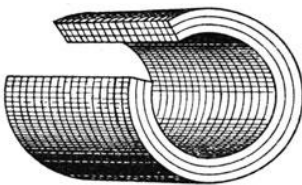


Fig. 56 A. Zerteilter Eisenring.

der Ring fertig gestellt und der Firnis trocken geworden, so kann er bewickelt werden. Zuvor ist jedoch Sorge zu tragen, daß der Kern von den Windungen sicher isoliert wird, weil andernfalls das Vorhandensein von Fehlstellen im Draht, durch welche der in den Drähten entwickelte Strom einen Nebenweg findet, zu einer zerstörenden Wirkung führen kann. Man umwickelt deshalb den Draht mit schmalem Leinenband, das in übereinander greifenden Windungen den Ring vollständig bedeckt, und tränkt diese Wandlage ebenfalls mit einem geeigneten Firnis. Nunmehr kann das Bewickeln des Kernes erfolgen, das naturgemäß viel Arbeit und Sorgfalt erfordert, da der Draht für jede Windung durch den Ring gezogen werden muß und die Wickelungen sehr sauber und genau liegen müssen. Die in sich geschlossene Drahtbewicklung, welche Fig. 51 gezeigt hatte, besteht nun nicht aus einfachen Windungen, wie sie jene Figur angibt, sondern an Stelle einer Windung haben wir uns eine Spule, die aus vielen Windungen besteht, zu denken. Die sämtlichen Spulen sind derart miteinander verbunden, daß der Draht ununterbrochen immer in demselben Sinne den Eisenring umläuft, und von jeder Verbindungsstelle zweier Spulen ist eine Leitung zu dem zugehörigen Stücke des Kollektors geführt. Die Vermehrung der Windungen in jeder Abteilung ändert die früher geschilderten Vorgänge in keiner Weise, nur wird die Spannung des in jeder Ringhälfte erzeugten Stromes infolge der vermehrten Anzahl der Windungen und ihrer Hintereinanderschaltung vergrößert (vergl. Fig. 56 B).

Der fertig gewickelte Ring wird nun in passender Weise auf der Welle befestigt. Jetzt geschieht dies meistens in der Weise, daß der Eisenring von vornherein durch Speichen mit einer metallenen Nabe verbunden ist, welche auf die Welle gesetzt ist. Da es wesentlich ist, daß zwischen dem Ringe und der Innenfläche der Polschuhe thunlichst wenig Spielraum bleibt, um den Weg der Kraftlinien möglichst kurz zu machen, so ist es notwendig, daß der Ring mit seinem Umfange genau zentrisch läuft und sicher befestigt ist, weil sich sonst die Drähte an den Polschuhen scheuern und ihre Isolation zerstört wird.

Der Kollektor wird aus einzelnen Streifen aus Kupfer, Bronze und andern Materialien derart zusammengesetzt, daß jeder Streifen gleiche Sektorbreite erhält. Die Streifen werden durch Zwischenlagen, für welche man Glimmer, Preßspan und andre Stoffe benutzt, voneinander isoliert. Der so zusammengesetzte Körper wird nun auf eine metallene Büchse gesetzt, von welcher er ebenfalls durch eine isolierende Zwischenschicht getrennt ist, und in passender Weise befestigt; die Einzelheiten können wir übergehen. Alsdann wird jeder Kollektorstreifen mit der zugehörigen Leitung, die zur Verbindungsstelle zweier benachbarten Spulen des Ringes führt, verbunden.

Zur Abnahme des Stromes vom Kollektor dienen die Kollektorbürsten. Früher benutzte man hierfür eine Schicht Messingbleche, welche sich federnd und gut anschließend an die betreffenden Stellen des Kollektors anlegt. Heute stellt man solche Bürsten aus dünnen Kupferdrähten her, welche parallel nebeneinander liegend einen nachgiebigen, aber federnden Körper bilden, so daß sie sich an den Kollektor anschmiegen, den Ungleichheiten desselben nachgeben und den Strom sicher abführen.

Durch isolierte Drähte sind die Bürsten mit den Klemmschrauben der Maschine verbunden, von denen aus der Strom der äußeren Hauptleitung zugeführt wird. In einen dieser zu den Klemmschrauben führenden Drähte ist überdies die Umwicklung der Elektromagneten eingeschaltet; auf diese Verbindung und ihre Abänderung kommen wir noch zu sprechen. Zunächst wollen wir die weitere Entwicklung der nunmehr praktisch brauchbar gewordenen Dynamomaschine verfolgen.

Der Leser wird erkannt haben, daß die Dynamomaschine trotz ihrer prinzipiellen Einfachheit doch hohe Anforderungen an die Geschicklichkeit des Arbeiters wie des Konstrukteurs stellt; insbesondere verlangt der bewegte Teil derselben, der Anker und der Kollektor, große Sauberkeit und Genauigkeit der Arbeit. Im Betriebe ist es vor allem der Kollektor, welcher das meiste Maß von Wartung in Anspruch nimmt, da die Bürsten nicht zu fest und nicht zu lose anliegen dürfen, gut in Ordnung sein und an der richtigen Stelle stehen müssen. Andernfalls gibt die Maschine ihren Unwillen durch starke Funkenbildung an den Bürsten kund, welche den Kollektor angreift.

Für diese Überwachung der Bürsten hat der Kollektor nun in der Grammeschen Konstruktion eine unvorteilhafte Lage, da er nicht gut zugänglich ist, und wir werden daher bei den weiteren Konstruktionen sehen, daß man den Kollektor mehr nach außen in eine freiere Lage gebracht hat. Ehe wir jedoch auf diese weiteren, mehr in Einzelheiten gehende Verbesserungen zu sprechen kommen, haben wir eine prinzipielle Veränderung an der Maschine zu besprechen.

Der Trommelanker. Gramme war dem Erfinder Siemens und seinem wohlbekannten Hause Siemens & Halske einen Schritt zuvorgekommen, indem er die erste praktisch verwendbare Dynamomaschine schuf. Der Leiter der Firma und die um ihn waren naturgemäß bestrebt, diesen Schritt nach und einen neuen weiter zu thun, und der Oberingenieur des Hauses, von Hefner-Aktenek, gestaltete deshalb den Grammeschen Anker um, indem er, ausgehend von dem Siemensschen Doppel-T-Anker, den Trommel-

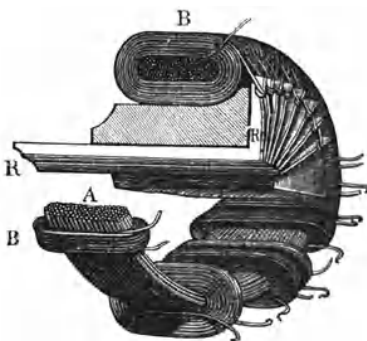


Fig. 56 B. Unterern der Grammeschen Maschine zerschnitten und mit aufgeschobenen Drehspulen.

Um den Unterschied der v. Hefnerschen Konstruktion gegen die Grammesche erkennen zu lassen, machen wir unter Hinweis auf Fig. 49 darauf aufmerksam, daß bei Gramme die induzierten Drahtringe um eine Achse laufen, welche außerhalb der Ringe liegen; der Mittelpunkt bezeichnet die Lage dieser Achse. v. Hefner verlegte nun aber, mit der Absicht, den Draht bei der Induktionswirkung besser auszunutzen, die Drehungsachse in die induzierten Ringe, wie Fig. 57 zeigt. Solche gleichmäßig verteilten Windungen umschließen nun nicht mehr einen Ring, sondern einen Cylinder, eine Trommel, wie Fig. 58 erkennen läßt. Nun trat aber die Frage an den Erfinder heran, wie er diese einzelnen Windungen nach Art des Grammeschen Ringes zu verbinden habe. Beim Grammeschen Ringe ist diese Verbindung außerordentlich einfach, wie wir gesehen haben, da wir die Windungen nur zu einer den Eisenring umgebenden fortlaufenden Spirale zu verbinden



Fig. 57. Bewegung der Drahtwindung im Trommelanker.

haben. Bei der Trommel fehlt aber der innere freie Raum des Ringes, die Windungen sind um die Außenseite der Trommel gewickelt. Die hiermit gestellte Aufgabe löste von Hefner nun in sehr geschickter Weise. Wir wollen versuchen, sie dem Leser klar zu machen, obwohl es einige Schwierigkeit hat.

Zunächst ist leicht ersichtlich, daß man einen Draht fortlaufend in Windungen derart um die Trommel legen kann, daß jede Windung einen gewissen Winkel mit der vorhergehenden bildet. Dieses Kunststück macht jede Knäuelwicklerin, welche beim Legen jeder Windung den Knäuel um ein Stückchen dreht, und der Leser kann es mit einem Stork und einem Stück Bindfaden leicht nachmachen.

Wenn wir aber nun unsere Trommel vollständig mit gleich weit abstehenden Windungen umwickelt haben und dann das Anfangsende mit dem Schlußende zusammenschließen, werden wir dann den Strom wie beim Grammeschen Ring abnehmen können? Wenn der Leser die

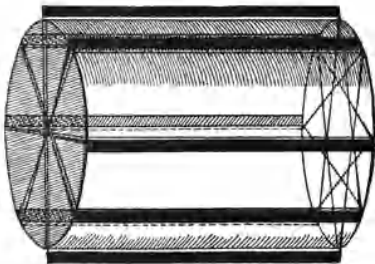


Fig. 58. Umwicklung einer Trommel mit Windungen.

Fig. 57 betrachtet, so sieht er, daß wenn eine einzelne in sich geschlossene Windung in dem magnetischen Felde in gedachter Weise umläuft, ihr Zweig auf der Nordpolhälfte einen Strom erzeugt, welcher demjenigen in der Südhälfte entgegengesetzt gerichtet ist. Da nun aber beide Hälften hintereinander geschaltet sind, so haben beide Ströme in der geschlossenen Windung dieselbe Richtung. Bei der von uns angewendeten Wicklung ist aber jeweils eine halbe Windung, die auf der Südpolhälfte liegt, mit einer gleichen halben verbunden, welche sich auf der Nordpolhälfte befindet, diese dann mit einer zweiten halben Windung, die auf der Südhälfte liegt u. s. w. Die sämtlichen halben Windungen sind also hintereinander geschaltet. Also wird der Strom nicht aus zwei Hälften der gesamten Windung einer bestimmten Stelle zu- und von einer andern abfließen, wie wir dies beim Grammeschen Ringe mit so viel Vorteil kennen gelernt haben, sondern der Strom ist in sich geschlossen und kann also nicht abgenommen werden. Da war nun guter Rat teuer. Aber Herr v. Hefner half sich in einfacher Weise, indem er nicht die beiden Enden des Drahtes nach einer, sondern erst nach einer nochmaligen vollständigen Umwicklung der Trommel zusammenschloß.

Wenn wir jetzt dem Leser erklären wollen, wie sich die Strombildung in einer solchen Doppelumwicklung vollzieht, so stoßen wir auf eine große Schwierigkeit. Wollten wir nämlich die Windungen, wie sie thatsächlich auf der Trommel liegen, in einem schematischen Bilde wiedergeben, so würde dasselbe so unübersichtlich, daß der Leser die einzelnen

Windungen nur mit Mühe verfolgen, schwerlich aber in einem Gesamtbilde übersehen kann. Wir werden daher einige Kunstgriffe anwenden müssen, um dem Leser das Verständnis der genannten Vorgänge zu vermitteln; leichter hätten wir es, wenn wir unsre Erläuterung durch ein körperliches Modell unterstützen könnten, aber da sich ein Buch nur in zweidimensionalen Bildern ergehen kann, so werden wir zunächst in perspektivischer Darstellung zeigen, wie sich die Lagen der Windungen verändern und welchen Einfluß dies auf die Strombildung hat.

In unsrer Fig. 59 ist ein Cylinder, nehmen wir an aus Holz, achtmal gezeichnet; die vorderen Halbkreise der Endflächen haben wir mit stärkeren Strichen angegeben. Um diesen Cylinder sei nun eine einzelne Drahtwindung gelegt, die in sich geschlossen ist, und dieselbe nehme nun bei der allmählichen Drehung des Cylinders die 8 Lagen I—VIII an. Wir fassen nun diejenige Seite des Wierckes, der Windung, ins Auge, welche in I oben liegt und stärker gezeichnet ist. Wir sehen dieselbe sich nach vorn drehen und später auf der uns abgewendeten Seite der Trommel wieder ansteigen. Die vordere Seite sei die Nordhälfte der Trommel, die andre die Südhälfte, so daß wir also die Trommel vom Nordpol aus sehen. Dann wird bei der Bewegung der Windung ein Strom in der Richtung der eingezeichneten Pfeile durch den Draht gehen. Da in V die Seite auf die Südhälfte der Trommel tritt, so wird sich, wie wir es schon beim Grammeschen Ring gesehen haben, der Strom in ihr umkehren und in dieser Richtung bis zur Wiedererreichung des höchsten Punktes verlaufen. In der entgegengesetzten Seite, welche sich in gleichem Sinne stets auf der entgegengesetzten Hälfte der Trommel bewegt, wird stets ein Strom entstehen, welcher die entgegengesetzte Richtung hat, also, wie schon gesagt, in der Windung mit dem Strome der ersten Seite in gleicher Richtung verläuft.

Nunmehr gilt es, die Windungen derart zu verbinden, daß in ihnen zwei entgegenlaufende Ströme entstehen.

Wir wollen zeigen, wie dies bei acht Trommeln mit je einer Lage erreicht wird, und der Leser wird dann leicht erkennen,

Wille, Elektrizität.

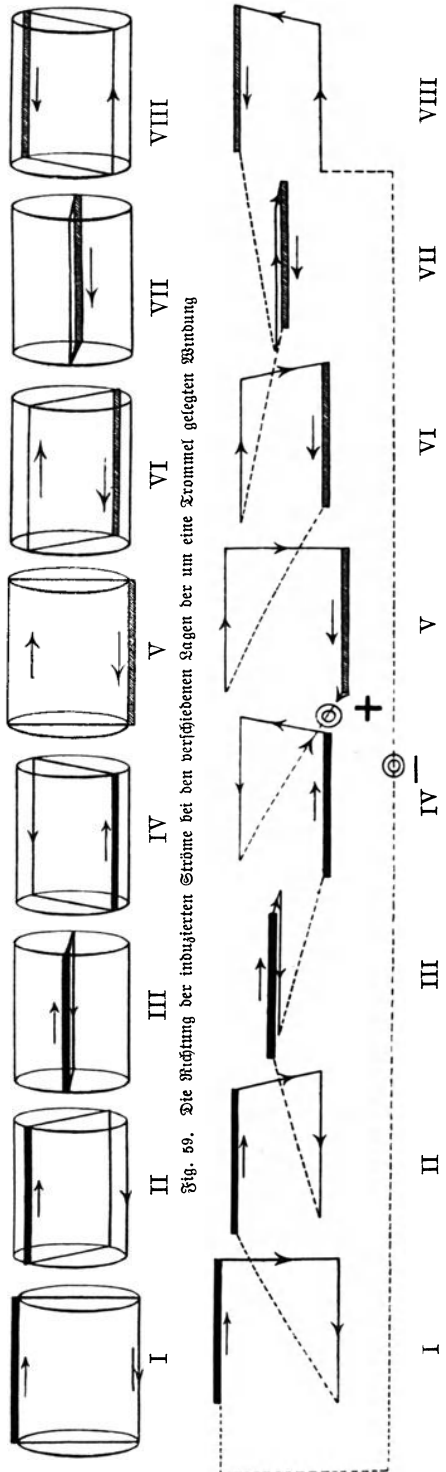


Fig. 60. Die Verbindung von acht gleichmäßig um eine Trommel gelegten Windungen.

Nun haben wir noch zu zeigen, wie die über acht Trommeln ausgedehnte Wickelung auf einer einzigen angebracht werden kann. Zu diesem Zweck lassen wir die gestrichelt gezeichnete Verbindung nicht wie in Fig. 60 den kürzesten Weg gehen, sondern führen sie erst längs der linken Stirnseite des Cylinders und dann auf dem Mantel desselben in gerader Richtung zur dicken Seite des nächsten Cylinders (Fig. 61). Dabei zeigt sich deutlich, daß wir es mit einer fortlaufenden Umwicklung zu thun haben, und denken wir uns, die Trommeln ließen sich in eine einzige zusammenschieben, wobei die auf dem Mantel liegende Verbindung sich wie eine elastische Schnur verkürzt, so erhalten wir eine regelmäßige Umwicklung des Cylinders, welche denselben zweimal oder, wenn wir nur die Fortschreitung der dicken Seiten betrachten, einmal umläuft, wie Fig. 58 erkennen läßt.

Wie man sieht, zeigt die Trommelanker-Wickelung nicht die geometrische Einfachheit der Grammeschen, und dieser Umstand ermöglichte es der Firma, ihre Wickelung einige

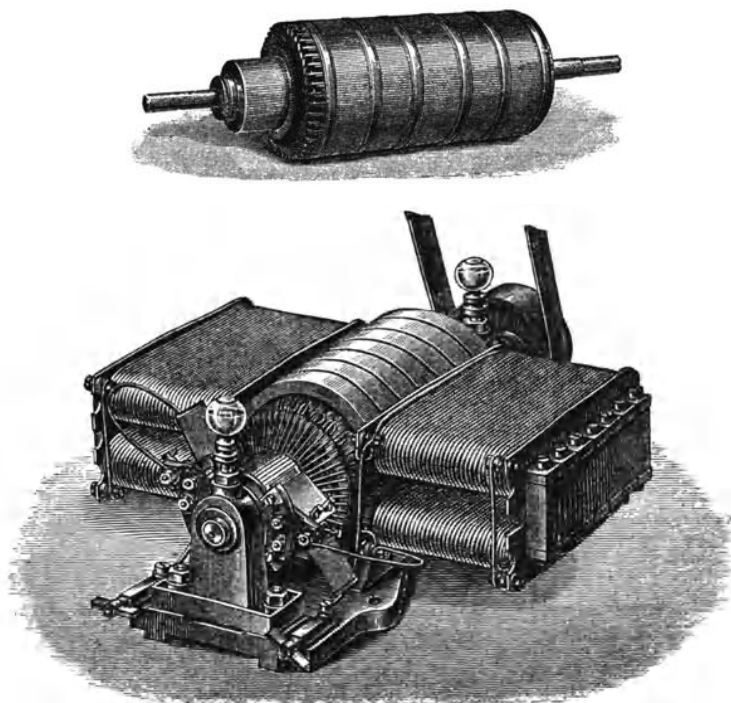


Fig. 62. Dynamomaschine von Siemens & Halske mit Trommelanker; älteste Konstruktion.

Jahre hindurch als Geheimnis zu bewahren. Anfänglich bestand ein Streit, welche Unterkonstruktion die bessere sei, wobei jede der beiden Parteien, wie dies so meistens zu geschehen pflegt, auf die Überlegenheit ihres Systems schwor. Heute weiß man, daß beide Wickelungen das Gleiche leisten können, und nur besondere Umstände, manchmal auch der individuelle Geschmack des Konstrukteurs, dem einen oder andern Systeme den Vorzug geben lassen. Werden wir doch auch sehen, daß die Firma Siemens & Halske selbst ihre Riesenmaschinen mit Ringankern baut.

Der Kern des Trommelankers muß nun, wie der des Ankers, ein zerteilter Eisenkörper sein, und anfänglich stellte ihn man in ähnlicher Weise wie den Grammeschen Eisenkern her. Man wickelte über einen Holzkern eine Schicht Eisendraht, bis der entsprechende Durchmesser des Kernes erreicht war. Neuerdings benutzt man jedoch eine andre Zerteilung; man stellt den Kern aus nebeneinander geschichteten dünnen runden Eisenblechplatten her, welche durch dünne Papierscheibchen voneinander getrennt sind. Diese Platten werden rund ausgestanzt und mit einem konzentrischen Loche versehen, so daß

sie ohne weiteres auf die Welle des Ankers gesteckt werden können. Zwei kräftige Endplatten, welche durch Schrauben angepreßt werden, halten das Ganze zusammen. Der erste, der diese verbesserte Verteilung einführte, war der Amerikaner Weston.

Die von der Firma Siemens & Halske anfänglich gebauten Dynamomaschinen mit Trommelanker sind in Fig. 62 dargestellt. Die Kerne der plattenförmigen Elektromagnete bestehen aus mehreren Eisenstäben, welche in der Mitte kreisbogenförmig gestaltet sind, so daß sie den Anker zu einem entsprechenden Teile umfassen. Ein besonderes Ansaßstück, ein Polschuh, fehlt also hier. Über die Verbindung der einzelnen Elektromagnete mit dem Gestell und untereinander belehrt uns die Abbildung.

Diese ältere Maschine hatte nun den Nachteil, daß sie wegen der horizontalen Lage der Elektromagnete verhältnismäßig viel Bodenfläche in Anspruch nahm. Die Fabrik änderte deshalb das Modell bald dahin ab, daß sie die Magnete senkrecht stellte, und gewann dadurch einen Typus, der in Fig. 63 abgebildet ist.

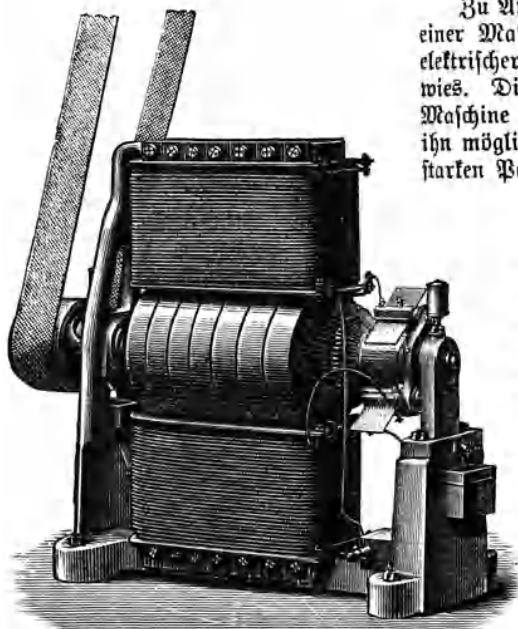


Fig. 63. Trommelmaschine von Siemens & Halske mit stehenden Magneten und mittelständigem Anker.

Zu Anfang der 80er Jahre trat Edison mit einer Maschine auf, welche in mechanischer wie elektrischer Beziehung wesentliche Verbesserung aufwies. Die in Fig. 64 abgebildete ältere Edison-Maschine hat den Anker thunlichst tief gelegt, um ihn möglichst sicher lagern zu können. Auf den starken Polschuhen stehen die Elektromagnete als senkrechte Säulen, deren Köpfe durch ein dickes „Joch“ verbunden sind. Gegen die früheren Konstruktionen wies diese amerikanische Maschine sehr viel stärkere Eisenmassen in den Elektromagneten auf und damit war ein neues Prinzip in den Dynamomaschinenbau eingeführt worden. Wir haben schon früher öfters erwähnt, daß die magnetischen Kraftlinien weit leichter durch Eisen als durch nichtmagnetische Mittel (Luft oder nichtmagnetische Metalle) gehen. Je besser nun der Kreisweg ist, den die Kraftlinien zu durchlaufen haben, desto mehr Linien wird ein Strom, der in bestimmter Stärke und in bestimmter Windungszahl die Eisenkerne der Elektromagnete umkreist, erzeugen, desto stärker wird auch das magnetische Feld

und desto kräftiger auch die induzierende Wirkung sein.

Die Verbesserung des Kraftlinienweges erzielen wir dadurch, daß wir die nicht mit Eisen ausgefüllten Teile in demselben thunlichst verkürzen und außerdem den Querschnitt des Weges möglichst groß machen. Der letzteren Bedingung genügte man, indem man den Querschnitt der Eisenkerne möglichst groß machte. Was die erstere Bedingung angeht, so sehen wir, daß die Kraftlinien nur an zwei Stellen nicht durch Eisen gehen, nämlich dort, wo sie von dem Polschuh auf den Eisenkern des Ankers übertreten und wo sie wiederum den Kern verlassen, um auf den andern Polschuh zu gehen. Es galt also, diesen Zwischenraum so eng wie möglich zu gestalten. Zunächst baute Edison nun seinen Trommelanker so genau, daß er mit sehr wenig Spielraum in der Ausbohrung der Polschuhe lief. Außerdem hielt er die Ankerbewicklung so gering als möglich, und dies konnte er deshalb, weil er die Erzielung der nötigen Spannung in erster Reihe durch die Verstärkung des magnetischen Feldes statt durch Vermehrung der Windungszahl bewirkte.

Die neueren Dynamomaschinen. Wie weit Edison bei diesen Verbesserungen durch Vorgänger unter den amerikanischen Elektrikern unterstützt wurde, mag hier unerörtert

bleiben, jedenfalls fanden die Prinzipien seiner Maschine, welche in rationeller Weise durch zwei englische Gelehrte, die Gebrüder Hopkinson, ausgebildet wurde, rasch Aufnahme. Der Grundsatz: Möglichst viel Eisen, möglichst wenig Kupfer! kam für den Dynamomaschinenbau zur Geltung, und man bemühte sich jetzt, die Konstruktion der Maschine so zu gestalten, daß den Kraftlinien ein thunlichst breiter und thunlichst kurzer Weg gegeben wurde. Man gewann damit noch einen andern sehr wesentlichen Vorteil. Hatte man bisher für die Elektromagnetkerne in der Hauptsache Schmiedeeisen verwendet, weil es die größte Magnetisierungsfähigkeit besitzt, so kam man jetzt darauf, Gußeisen anzuwenden, welches die Kraftlinien zwar nicht so gut leitet wie Schmiedeeisen, es aber

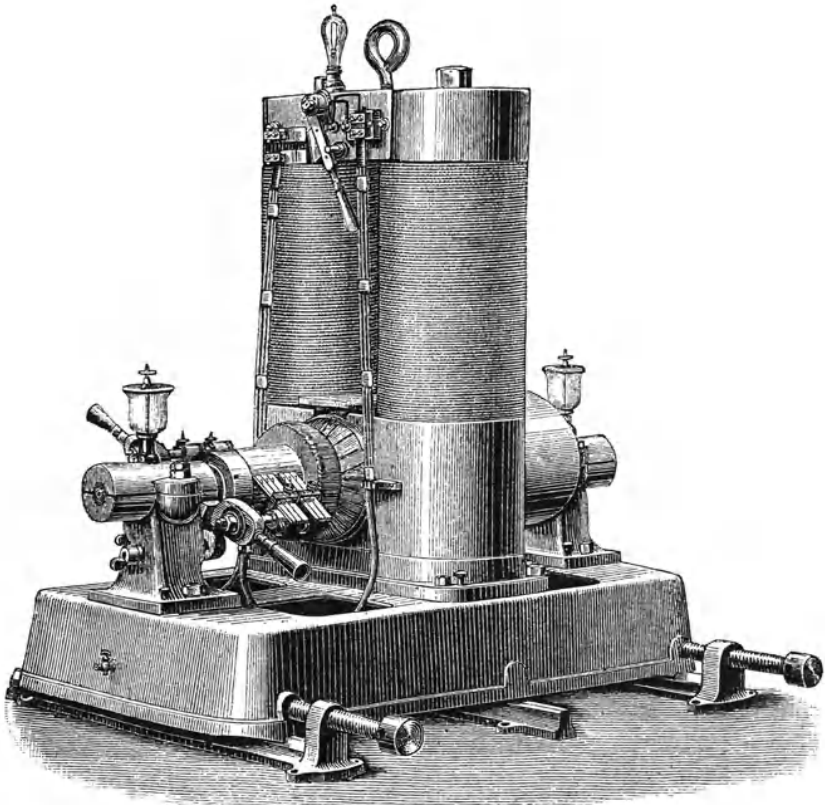


Fig. 64. Edison-Maschine; unterständiger Anker.

ermöglichte, Eisenkerne und Gestell in einem Stück zu gießen und die mühsame Arbeit des Zusammenpassens und Zusammensetzens zu ersparen. Die geringere magnetische Leitungsfähigkeit des Gußeisens ließ sich durch größere Abmessungen und einen geringen Mehraufwand an Draht leicht wettmachen. So sehen wir denn sehr bald Dynamomaschinen von kurzem gedrungenen Bau entstehen, wie er seither angewendet wird. Die Formen, durch welche man die neuen Grundsätze zur Anwendung zu bringen suchte, gestalteten sich sehr verschieden. Wir geben von denselben einige der bekannteren und charakteristischen Typen.

Gramme wie auch Siemens & Halske kamen sehr bald und zu gleicher Zeit mit einer Konstruktion heraus, welche die Edison'sche Anordnung in der Umkehrung zeigt. Unfre Fig. 65 gibt diese Form in der Ausführung der deutschen Firma wieder. Wie bei Edison steht der Anker zwischen den Enden eines Hufeisenmagneten, nur ist hier der Magnet mit den Polen nicht nach unten, sondern nach oben gestellt, und seine Kerne bilden mit der

Grundplatte, welche gleichzeitig die Kerne miteinander verbindet, ein einziges Gußstück. Man erkennt, wie erheblich die Dicke der Elektromagnetterne gewachsen ist, während die Länge sich verkürzt hat.

Hatte man so die Bedingungen erkannt, unter denen sich die Kraftlinien günstigst erzeugen lassen, so war man nun bestrebt, sie bestens auszunutzen. Man wird nämlich wünschen, daß möglichst alle Kraftlinien durch den Anker gehen und an der Stromerzeugung teilnehmen, denn jede andre Kraftlinie, die nicht an der Arbeit teilnimmt,

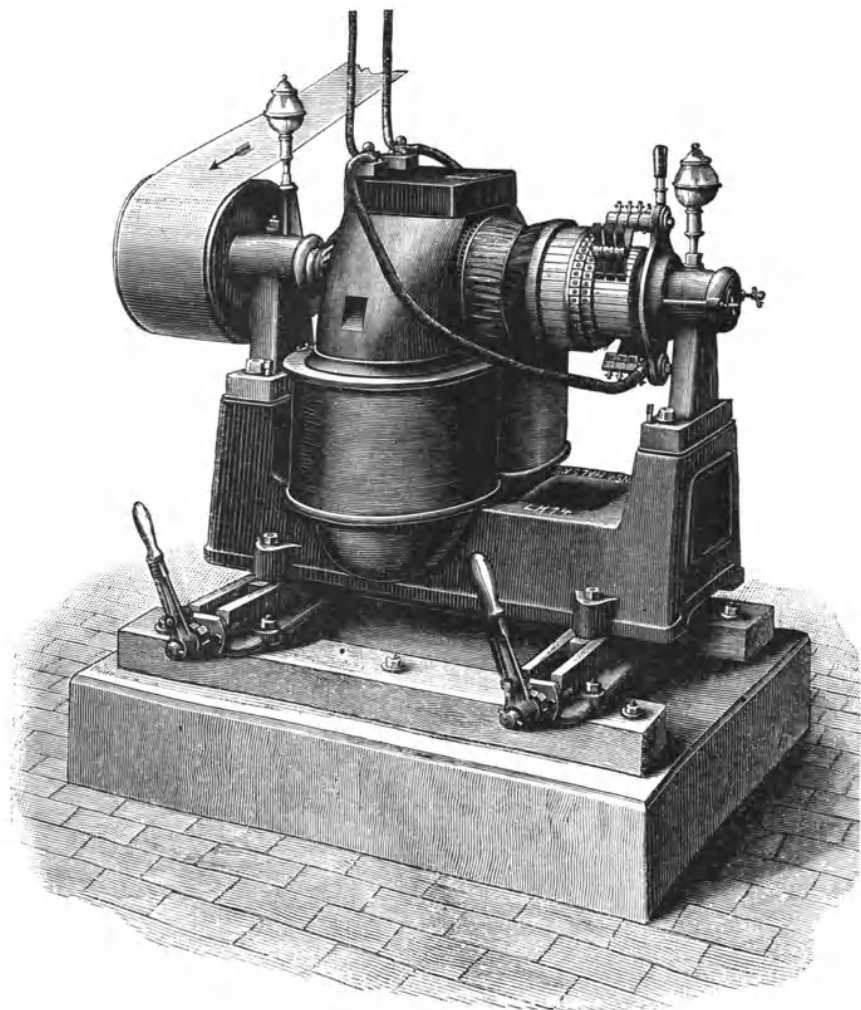


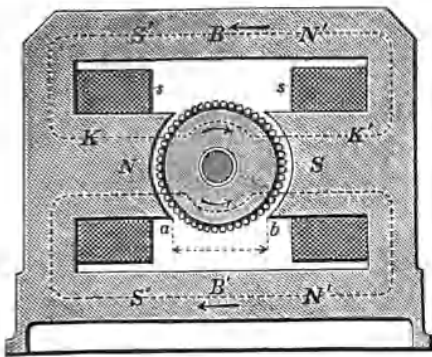
Fig. 65. Dynamomaschine mit oberständigem Anker (Siemens & Halske).

statt dessen gemächlich durch die Luft von einem Pol zum andern geht, nimmt nur unnütz Erzeugungsbarbeit fort, und für solche Bagabunden hat der Techniker wenig Meinung.

W. Lahmeyer stellte deswegen die Elektromagnete mit ihren Achsen einander entgegen (Fig. 66 A), so daß die den Polen zunächst liegenden Enden der Elektromagnete, an welchen Stellen die Kraftlinien am meisten zum Ausschlüpfen geneigt sind, möglichst entfernt voneinander bleiben. Der Weg durch den Anker wird dadurch im Verhältnis zu allen andern möglichen Wegen erheblich begünstigt und die Zahl der Linien, welche nicht durch den Anker gehen, verringert. Die Lahmeyer'sche Maschine wird von den „Deutschen

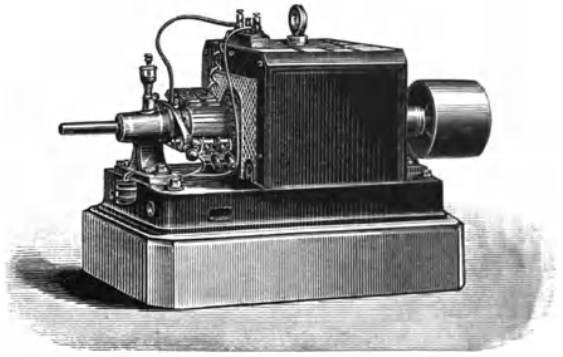
Elektrizitätswerken“ in Aachen gebaut und zeichnet sich durch gute Leistungen aus. Wie man aus der vorigen und der Fig. 66 B erkennt, besteht dieselbe aus einem dicken eisernen Rahmen, an dessen senkrechte Wände die Polkerne angefügt sind. Zwischen den Kernen bleibt die Bohrung für den Anker, Trommelanker, frei. Die verhältnismäßig kurzen Spulen der Elektromagnete werden, bevor der Anker eingesetzt ist, durch den freien Raum in die Maschine gebracht und auf ihre Kerne geschoben. Das ganze Eisengerüst bildet somit einen viereckigen Kasten, dessen beide noch freien Seiten durch Gitterbleche verschlossen werden. Der Anker ist also vollständig nach außen verdeckt, was für den Betrieb von Vorteil ist.

Eine andre Konstruktion, welche dem gleichen Zwecke dient, brachten ziemlich gleichzeitig Fein in Stuttgart, Ganz & Co. in Budapest und Siemens & Halske heraus, die sogenannte Innenpol-Maschine. Es ist dies eine Dynamomaschine mit Grammeschem Anker, nur daß bei ihr die Pole der erregenden Elektromagnete nicht an der äußeren Peripherie, sondern innerhalb des vom Ring umschlossenen Raumes liegen. Dies ist aber nicht der einzige Zweck, den man mit dieser Anordnung verbindet, und da sich hier die Gelegenheit gerade ergibt, so wollen wir mit einigen Worten auf diese weitere Bedeutung eingehen, zumal ihre Erörterung in den Rahmen unsrer Darstellung paßt.



A

Fig. 66. Rahmeyer-Maschine.



B

Ein Übelstand der älteren Dynamomaschinen war die hohe Umlaufgeschwindigkeit, deren sie bedurften. Man muß nämlich wissen, daß sich die elektromotorische Kraft einer Maschine mit der Umlaufgeschwindigkeit steigert. Gleiches kann man allerdings auch durch Vermehrung des aufgewickelten Drahtes erreichen, aber damit vergrößert man Herstellungskosten und Verlust in der Maschine, weshalb es nahe liegt, die Umlaufgeschwindigkeit zu steigern, deren Erhöhung, abgesehen vom größeren Verschleiß, nichts kostet; man hat nur das Verhältnis der treibenden und der getriebenen Riemenscheibe zu ändern. Abgesehen vom Verschleiß! Aber der Verschleiß fällt auch ins Gewicht, und zudem bringt die hohe Geschwindigkeit manche andern Unzuträglichkeiten mit sich; also war man, nachdem so manche technische Frage in bezug auf den Dynamobau mit Erfolg gelöst worden war, bestrebt, auch diesen Mangel zu beseitigen. Nun hat die hohe Umlaufgeschwindigkeit die Bedeutung, daß sie die Bewegungsgeschwindigkeit der Spulen durch das Feld entsprechend groß macht und auf diese Bewegungsgeschwindigkeit kommt es an. Wir haben aber noch ein andres Mittel, die Bewegungsgeschwindigkeit zu vermehren, ohne die Umlaufgeschwindigkeit zu erhöhen, indem wir nämlich den Durchmesser des Ringes vergrößern. Dann aber müssen wir die Magnetpole entsprechend weiter auseinander setzen und dann wird unsre Maschine ungefüge. Da wir bei genügender Vergrößerung des Innenraumes des Ringes hinreichend Platz für die Magnete gewinnen, so liegt es nahe, die Magnete hierher zu verlegen, und gibt man ihnen die Form eines geraden, radial gestellten Körpers, so kann man in dem Raume statt der zwei Pole deren mehr anbringen. Alsdann werden

im Anker nicht mehr nur zwei gegeneinander geschaltete, sondern je nach der Anzahl der Pole vier, sechs und mehr Zweigströme entstehen, welche in passender Weise parallel geschaltet, abgenommen werden. Statt der halben Gesamtstromstärke, wie im Grammeschen

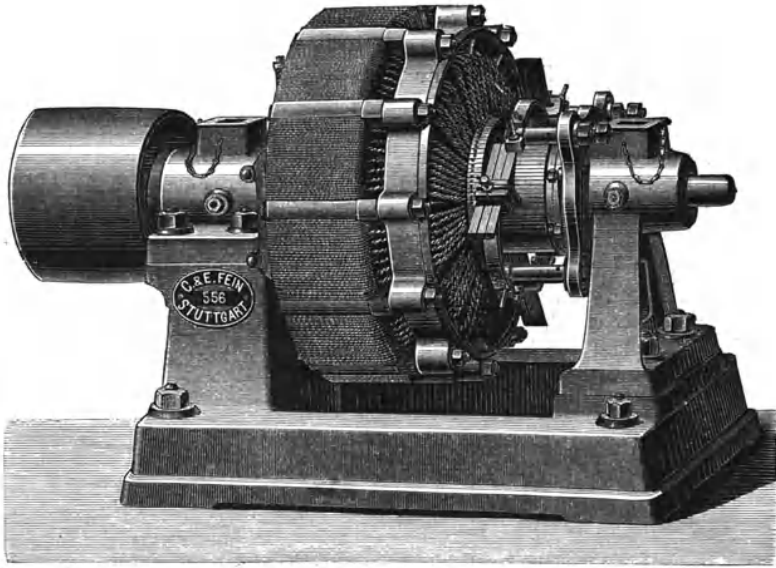


Fig. 67. Innenpol-Maschine von C. & E. Fein.

Ring, führt deswegen hier jede Windung nur ein Viertel, Sechstel u. s. w. derselben. Der Draht kann also dünner gewählt werden.

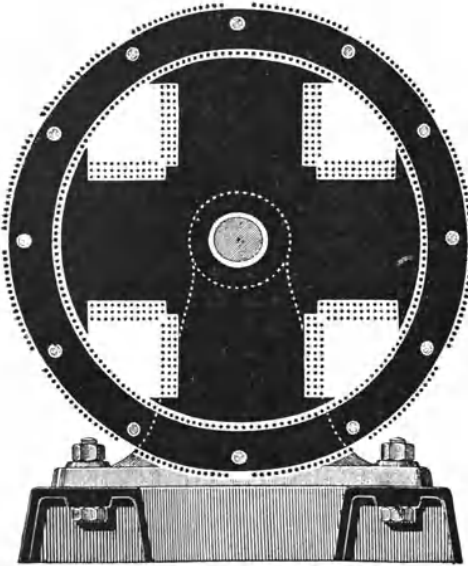


Fig. 68. Schema der Siemens'schen Innenpol-Maschine.

Eine solche Innenpolmaschine und zwar die von C. & E. Fein zeigt unsere Fig. 67. Die Anordnung der Teile läßt Fig. 68 erkennen. Aus der letzteren ersehen wir, daß vier Magnetkerne wie die Speichen eines Rades auf einer Nabe sitzen. Diese Nabe ist an dem Eisengestell der Maschine befestigt, und durch sie hindurch führt die Welle des Ankers. Dieser ist durch Bolzen an einem Speichenrad, das auf der Welle sitzt, befestigt und greift also über den Kranz der Magnete. Von den einzelnen Spulen dieses Grammeschen Ringes führen nun die Ableitungen zu den Kollektorstreifen; im übrigen sind die Teile hier wie bei den früher beschriebenen Maschinen.

Diese Innenpolmaschinen verbinden also verminderte Umlaufgeschwindigkeit mit zweckmäßiger Anordnung der Elektromagnete. Sie ermöglichen aber noch eine andre Vereinfachung, den Fortfall des Kollektors, wenn auch nur bei den größten

Modellen dieser Art. Bei den Niesenmaschinen, die in den Berliner Elektrizitätswerken zur Erzeugung des Stromes angewendet werden, liegen die Windungen in einer Lage

um den Ankern. Sie sind nun hier nicht aus Draht gewickelt, sondern es sind dicke Kupferstangen zu einer fortlaufenden Windung zusammengesetzt. Jede Kupferstange ist durch Pressspan gegen die andre und gegen den Eisenkern isoliert; die obere Seite ist freigelassen. Der äußere Umfang dieses armierten Rades ist nun abgedreht und nunmehr wird der Strom durch

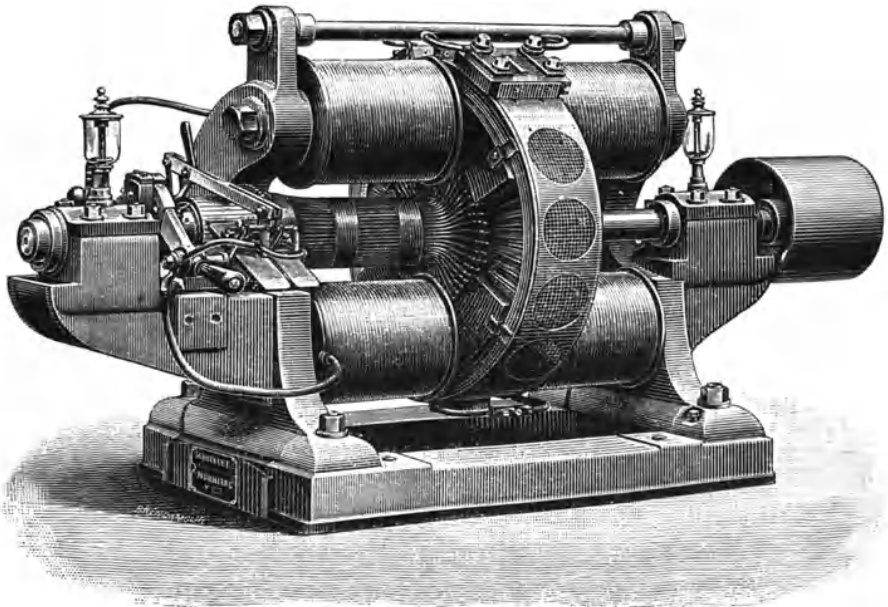


Fig. 69. Schuckert's Flachringmaschine.

Bürsten unmittelbar von den Windungen abgenommen, wie wir es in der schematischen Fig. 51 dargestellt haben. Der Kollektor ist also hier in Fortfall gekommen, indem die Windungen selbst die Segmente bilden. Unsere Figur auf Tafel III zeigt den Anker von der Seite gesehen.

Hiermit sind wir nun ein wenig zu weit in die neueste Zeit gekommen, und müssen ein Stück zurückgehen, da wir noch andre Entwicklungszweige, die der Grammeschen Erfindung entsprossen, zu berücksichtigen haben.

Der Grammesche Anker bildet, wie wir sehen, eine kurze hohle Trommel. S. Schuckert in Nürnberg änderte diese Form dahin ab, daß er die Trommel in einen flachen Ring verwandelte, und so entstand seine Flachringmaschine, Fig. 69, die er Jahre hindurch gebaut hat. Die Schuckert'sche Maschine zeigt im Aufbau Ähnlichkeit mit der Grammeschen, nur daß der Kollektor in zweckmäßigerer Weise außerhalb des Gerüsts liegt.

Man erkennt aber leicht, daß bei Schuckert, wie auch bei der älteren Maschine von Gramme, der Weg der Kraftlinien ein verhältnismäßig langer ist. Es kommt ferner hinzu, daß das gesamte Gerüst aus mehreren Teilen aufgebaut werden muß, und wenn

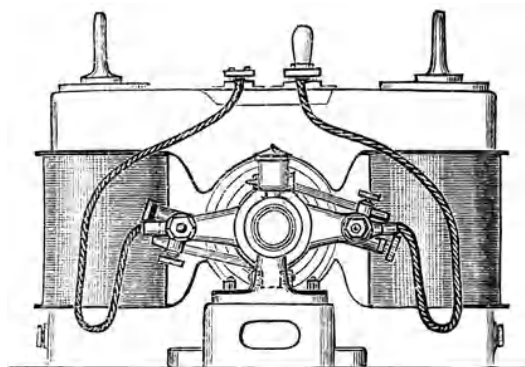


Fig. 70. Manchester-Dynamo, Mather & Platt.

nun auch die zusammengesetzten Teile gut zusammengepaßt werden, so ist doch der Widerstand, den die Kraftlinien beim Überschreiten solcher Verbindungsstellen zu überwinden haben, größer, als wenn die verbundenen Teile zusammenhängend wären. In dieser Beziehung auf die magnetischen Verhältnisse ist also die Schuckert'sche Maschine nicht die beste; trotzdem hat sie aber wegen ihrer übrigen vortrefflichen Eigenschaften außerordentliche Verbreitung und Beliebtheit gefunden.

Das Bestreben, die magnetische Anordnung zu verbessern und mit einer guten mechanischen zu vereinigen, zeitigte einen Typus, der vielfach nachgeahmt worden ist; es ist dies der

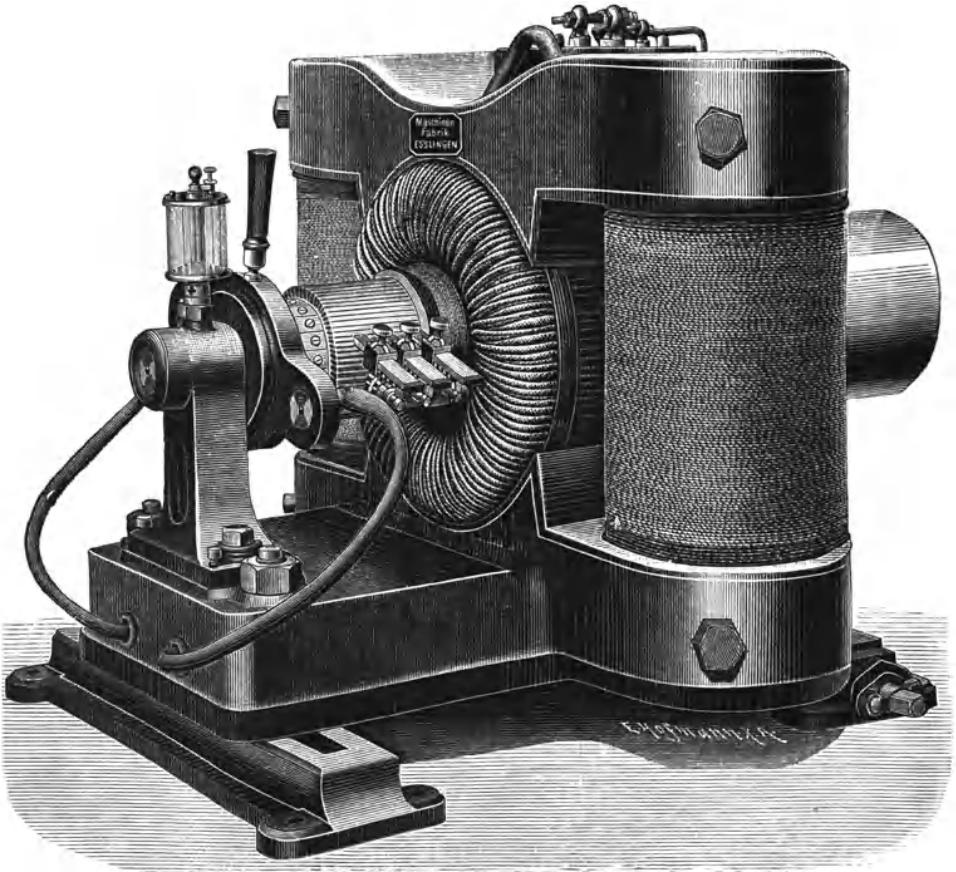


Fig. 71. Dynamomaschine der Maschinenfabrik „Eßlingen“; Manchesterotypus.

„Manchesterotypus“, so genannt, weil ihn die Firma Mather & Platt in Manchester zuerst anwendete. Bei demselben sind (Fig. 70) zwei Magnetkerne auf die eiserne Grundplatte der Maschine gesetzt und oben durch ein Joch verbunden. Die Magnete sind derart geschaltet, daß die gleichen Pole nach unten liegen, es wird daher die Grundplatte den einen, das Joch den andern Pol bilden. Bei dieser Anordnung ist den Kraftlinien ebenfalls ein günstig kurzer Weg gegeben, und außerdem ist der Anker niedrig gelagert, was die Stabilität der Maschine fördert.

Eine Maschine nach demselben Typus baut auch die Maschinenfabrik „Eßlingen“. Wir geben in Fig. 71 eine Abbildung derselben. Auch die Firma Schuckert & Co. hat diesen Typus bei ihren neueren Maschinen benutzt. Das System läßt sich auch für mehrpolige Maschinen anwenden. So sehen wir es in Fig. 72 auf eine vierpolige, in

Fig. 73 auf eine sechspolige Maschine erweitert. Die erste Konstruktion hat H. Schorch angegeben, die andre ist von der Firma Cuénod, Sautter & Co. in Genf.

Da wir hier schon mehrpolige Maschinen kennen gelernt haben, so wollen wir noch einige Worte über die Erweiterung anderer Systeme zu mehrpoligen Maschinen anfügen. Die vorhin erwähnte Flachringmaschine von Schuckert sehen wir in Fig. 74 zu einer vierpoligen ausgebildet. Man erkennt leicht, daß die Vermehrung der Pole keine Schwierigkeiten bietet, und die Firma hat auch in ähnlicher Weise achtpolige derartige Maschinen gebaut.

Die Bahmeyer-Maschine (Fig. 66) ist außer von andern Firmen auch von der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ auf vier- und mehrpolige Anordnung erweitert worden. Die vierpolige Maschine zeigt Fig. 75 und eine große Dynamomaschine mit zwölf Polen gibt Fig. 76 wieder. Die letztere hat noch in anderer Beziehung Interesse. Bei mehrpoligen Maschinen werden auf dem Kollektor ebensoviel Strompole entstehen als Magnetpole vorhanden sind, da wir bei Erklärung der Wirkungsweise des Grammeschen Ringes darge-



Fig. 72. Vierpolige Dynamomaschine von H. Schorch.

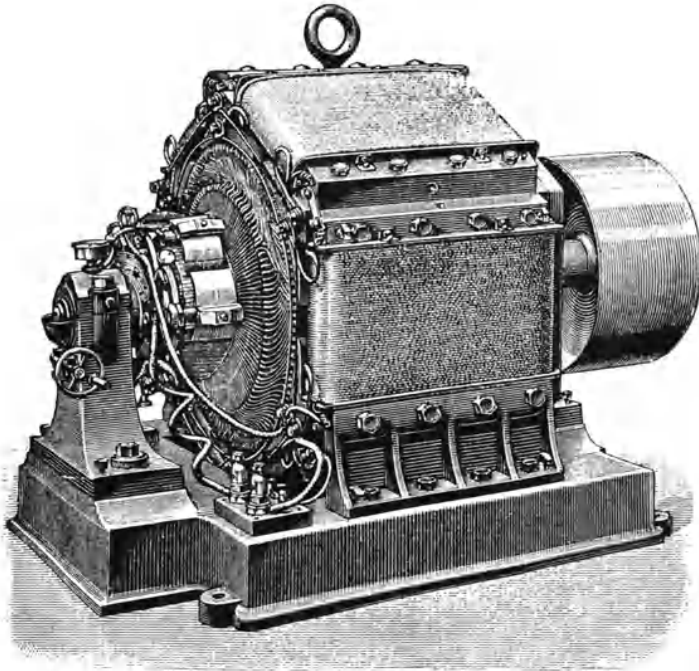


Fig. 73. Sechspolige Dynamomaschine System Thury von Cuénod, Sautter & Co.

famen Abnahmestelle schiebt. Haben wir nun mehrere Magnetpole, selbstverständlich immer in gerader Anzahl, so wird von jedem Teil des Ringes, der einem Pol gegenüberliegt, ein Strom abgehen, der zu der nächstgelegenen Abnahmestelle, nämlich zwischen diesem und dem

nächsten Pol fließt. Es sind also ebensoviel Abnahmestellen wie Magnetpole vorhanden. Demgemäß werden wir auch auf dem Kollektor so viele Bürsten anzubringen haben, als Abnahmestellen auf demselben sind. Dies sehen wir in unserer Fig. 76, wo zwölf Bürsten

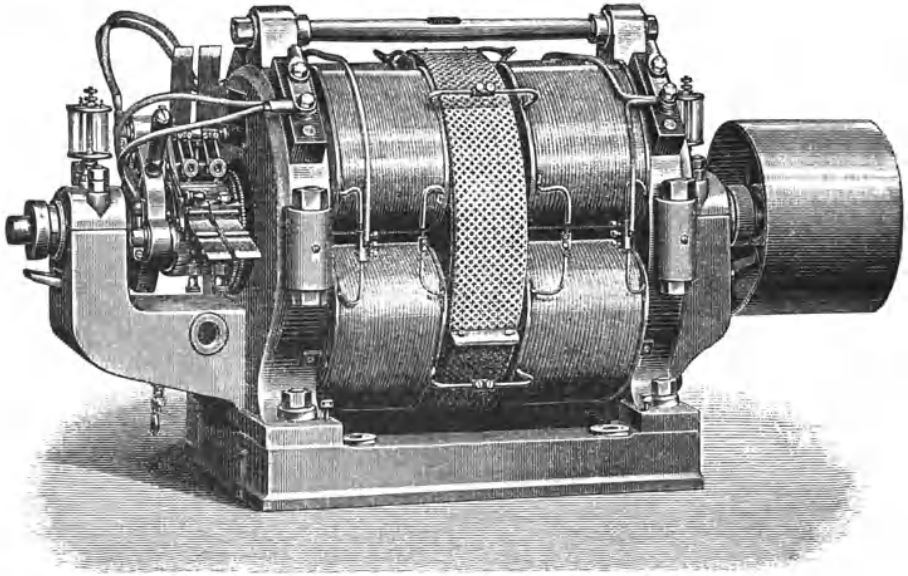


Fig. 74. Vierpolige Dynamomaschine von Schüdert.

auf dem Kollektor schleifen. Der letztere ist allerdings hier nicht die kleine Trommel, wie sie die andern Maschinen zeigten, sondern ein Ring von dem halben Durchmesser der Maschine. Um die abgenommenen Ströme zu vereinigen, haben wir die Bürsten der

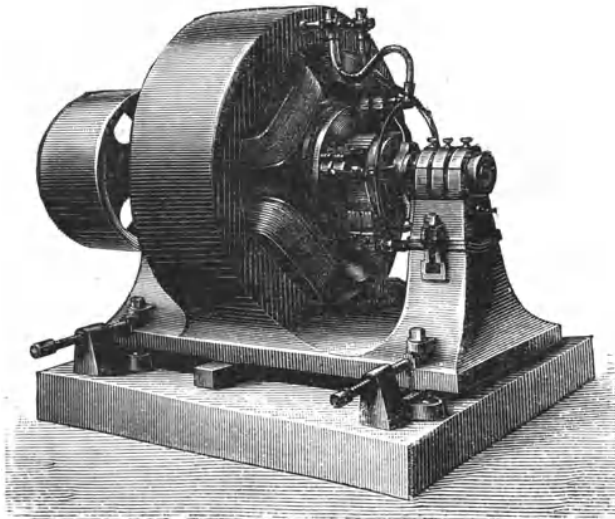


Fig. 75. Vierpolige Dynamomaschine der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft“.

positiven Pole miteinander zu verbinden, also parallel zu schalten und in gleicher Weise mit den negativen Bürsten zu verfahren. In den meisten Fällen, namentlich bei allen kleineren Maschinen, bringt man jedoch diese Parallelschaltung im Ringe selbst an und verbindet diejenigen Verbindungsstellen der Windungen, welche stets dieselben Pole haben, unter sich. Dann kann man den Strom mit nur zwei Bürsten abnehmen, wie dies aus den verschiedenen Figuren zu erkennen ist.

Kommutatormaschinen.

Wir haben nun noch einer Dynamomaschine zu gedenken, welche nicht die Grammesche

Wicklung benutzt, vielmehr im Prinzip nichts andres ist, als eine Wechselstrommaschine mit Kommutator, trotzdem aber wegen ihrer geschickten Anordnung und Leistungsfähigkeit sowie wegen ihrer guten maschinellen Konstruktion fast ein Jahrzehnt lang in Amerika der

verbreitetste Typus blieb. Es ist dies die Maschine des verdienten amerikanischen Elektrikers Brush, dem wir einige Worte zu widmen haben; denn für die staunenswerte Entwicklung der amerikanischen elektrotechnischen Industrie hat er als einer der erfolgreichsten Pioniere gewirkt.

Charles Brush ist 1849 geboren; er widmete sich frühzeitig den Naturwissenschaften und ließ sich 1870 als analytischer Chemiker in Cleveland, Ohio, nieder. Drei Jahre später gründete er mit einem Teilhaber ein Geschäft für Eisen- und Eisenerzhandel und während dieser Thätigkeit nahm er seine alten Studien über Elektrizität wieder auf, zweifellos durch die Erfindungen von Siemens und Gramme dazu veranlaßt. Diese Arbeiten führten ihn zu der Erfindung seiner Dynamomaschine und seiner Bogenlampe, deren wir später auch zu gedenken haben. Einige Jahre später schloß er einen Vertrag mit einer Telegraphenfirma, und nun begann der Bau seiner Maschine für den Markt. Im Jahre 1881 entstand dann die „Brush Electric Company“ in Cleveland, welche fast ein Jahrzehnt lang auf dem Gebiete der Bogenlichtbeleuchtung in den Vereinigten Staaten dominiert hat. Vor einigen Jahren ist diese Gesellschaft von einer andern, mittlerweile erwachsenen Riesengesellschaft, von der „Thomson-Houston Company“ aufgenommen worden.

Die Brush-Maschine sieht der Leser in Fig. 77 abgebildet. Auf den ersten Blick wird er den Anker derselben für eine Art Gramme-Ring zu halten geneigt sein. Thatsächlich hat aber der Brush-Anker mit dieser Vorrichtung nichts zu thun, vielmehr ist die Brush-Maschine nur eine Erweiterung der in den Fig. 41 und 42 dargestellten Maschinen von Stöhrer und Clark. Der Leser denke sich statt der dort angebrachten zwei Spulen deren vier oder sechs im Kranz auf die Welle gesetzt und für jedes Paar diametral gegenüberstehender Spulen einen besonderen Kommutator angebracht. Er kann dann aus den zwei oder drei Kommutatoren auch zwei oder drei gesonderte Ströme erhalten, da jedes Spulenpaar genau so induziert wird, wie in jenen Maschinen mit einem Paar. Nun denke sich der Leser jede Spule um einen rechten Winkel gedreht, dergestalt, daß die Hüllungen der Spulen, die vorher nach dem Beschauer hin sahen, mit ihren Mündungen einander zugewendet werden, also gewissermaßen einen fortlaufenden Kanal bilden. Die Zwischenräume zwischen je zwei Spulen seien durch Eisenstücke ausgefüllt, so daß also die Spulen auf einem Eisenkranz sitzen. Jedesmal, wenn nun ein Spulenpaar die Pole passiert, wird die Richtung der Kraftlinien, welche durch die verbindenden Eisenstücke in den Ring treten und zum andern Pole laufen, gewechselt, also entstehen in den Spulen Wechselströme. Bei der Brush-Maschine steht nun auf jeder Seite des Ringes ein Hufeisenmagnet und die Magnete wenden sich den gleichen Polen zu. Die Polschuhe umfassen den Ring zum größeren Teile, so daß das Anwachsen der Zahl der Kraftlinien und der Wechsel allmählich erfolgt. Die Strombildung tritt also nicht plötzlich und für kurze Zeit ein, sondern im allmählichen Wachsen und Abnehmen. Durch einen eigenartigen Kommutator

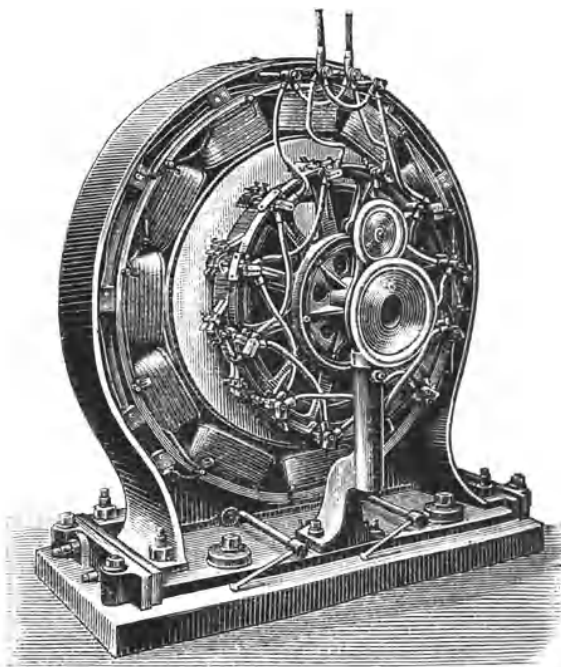


Fig. 76. Zwölfpolige Dynamomaschine der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“.

werden nun die erzeugten Ströme gleichgerichtet, gleichzeitig aber auch die jeweils thätigen Spulen in solcher Weise verbunden, daß sich die Schwankungen in der Stromstärke, wie sie bei solchen Kommutator-Maschinen unausbleiblich sind, zum Teil ausgleichen.

Die Beliebtheit der Brush-Maschine ist in erster Reihe darin zu suchen, daß sie robust und verhältnismäßig einfach gebaut ist. Außerdem ermöglicht ihre Konstruktion, eine sehr hohe Spannung des Stromes zu erzielen, und man kann deswegen mit einer solchen Maschine 40, sogar 60 Bogenlampen hintereinander geschaltet in einem Stromkreise betreiben. Die Bedeutung dieses Vorzuges, der allerdings auch seine großen Bedenken hat, erläutern wir im Kapitel über Bogenlampen.

Die Brush-Maschine erhielt einige Jahre nachher ein Seitenstück in der Thomson-Houston-Maschine, die auch zur Klasse der Kommutator-Maschinen gehört. Diese merkwürdige Maschine hat einen kugelförmigen Anker, der aus drei Spulen besteht. Die Spulen sind übereinander gewickelt und ihre Windungen kreuzen sich unter einem Winkel von 120 Grad (Fig. 78). Die Armatur dreht sich zwischen zwei hohlen zylindrischen Magneten, welche auf einem Gestell befestigt sind. Damit nun aber die nach außen gerichteten Pole dieser Magnete in magnetische Verbindung gebracht werden, sind die äußeren Enden der Magnete durch eiserne Stangen verbunden. Ein dreiteiliger Kommu-

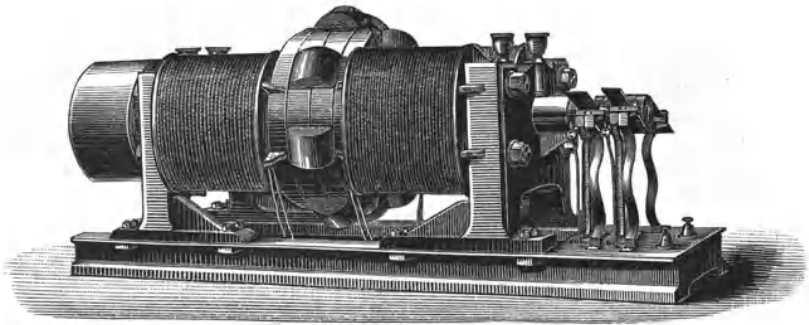


Fig. 77. Brush-Maschine.

tator richtet die entstehenden Wechselströme in gleiche Richtung. Dem europäischen Konstrukteur kommt diese amerikanische Maschine etwas spanisch vor, aber Thatsache ist, daß sie in Amerika eine starke Verbreitung gefunden hat, zum Teil wohl deswegen, weil sie, wie die Brush-Maschine, eine hohe Spannung erzeugen läßt.

Die Wechselstrommaschinen. Die bisher beschriebenen Dynamomaschinen liefern unter Mitwirkung eines Kommutators oder der Pacinotti-Gramme-Schaltung gleichgerichtete Ströme. Nun hatte man aber schon frühzeitig erkannt, daß für manche Zwecke, so vor allem bei Erzeugung von Bogenlicht, auch der ursprünglich entstehende Wechselstrom benutzt werden kann, bei deren Verwendung die Maschine durch Fortlassung des Kommutators vereinfacht wird. So entstanden denn die ersten magnetoelektrischen Wechselstrommaschinen der „Compagnie l'Alliance“, welche nichts anderes als die früher erwähnte Maschine der Firma mit Weglassung des Kommutators und Ersetzung desselben durch ein Paar Schleifringe waren. In diesem Falle gewann die Wechselstrommaschine praktische Bedeutung, weil man den Wechselstrom auch brauchen konnte; dann kam für die Wechselstrommaschine eine Zeit, in welcher sie sich für manche Fälle der Gleichstrommaschine überlegen erwies und endlich tritt das Wechselstromsystem mit Erfindung der Transformatoren in eine dritte Periode, in welcher es gleichberechtigt neben dem Gleichstromsystem steht. Sehen wir von den ersten Wechselstrommaschinen der „Compagnie l'Alliance“ ab, so können wir in der Entwicklungsgeschichte der Wechselstrommaschine also zwei Perioden unterscheiden; in der ersten trägt der Wechselstrom noch den Charakter eines Nothbehelfes, in der zweiten dagegen sehen wir ihn als vollgültigen Mitbewerber des Gleichstromes auftreten. Wir unterscheiden deshalb nach diesem Gesichtspunkte ältere und neuere Wechselstrommaschinen, bemerken aber, daß die letzteren aus den ersteren

entstanden sind und die Entwicklung der Maschine sich in allmählichem Übergange vollzogen hat.

Die älteren Wechselstrommaschinen. Die erste Veranlassung, Wechselstrommaschinen zu bauen, entstand mit der Erfindung Jablockoffs, der „Teilung des elektrischen Lichtes“, die er durch seine „elektrischen Kerzen“ erreichte; im Kapitel über Bogenlicht werden wir näheres darüber bringen. Die Jablockoffschen Kerzen erforderten nun den Betrieb mit Wechselstrom, und so trat an Gramme die Aufforderung heran, solche Maschinen zu konstruieren. Der berühmte Elektriker löste die Aufgabe in einer sehr geschickten Weise. Seine Wechselstrommaschine, die in Fig. 79 abgebildet ist, erinnert uns

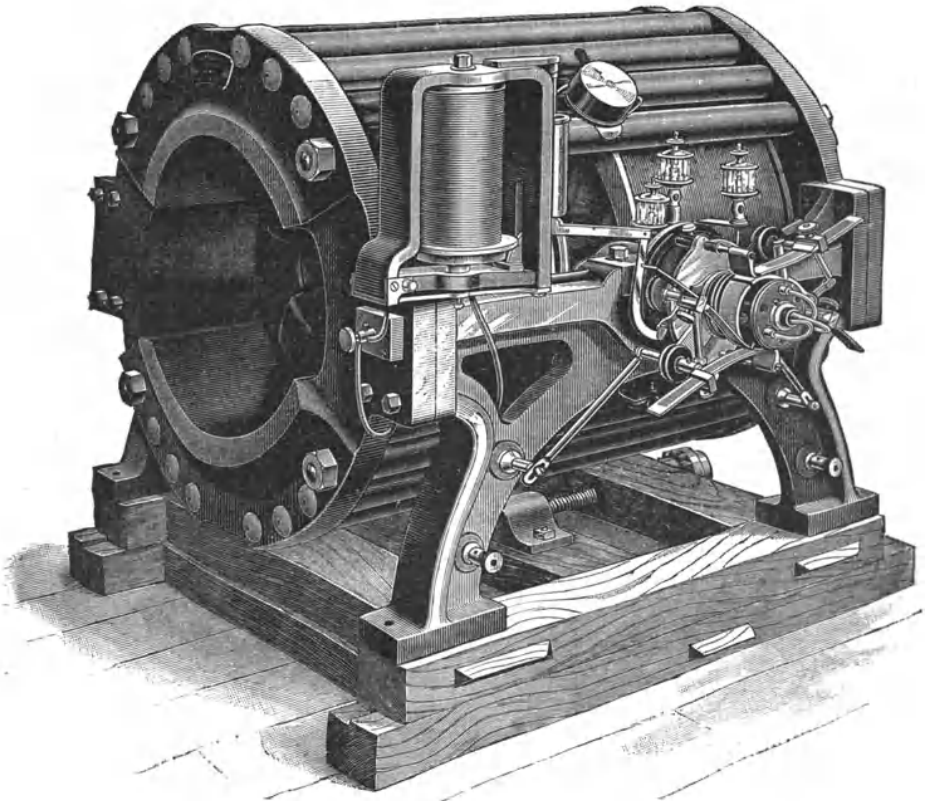


Fig. 78. Thomson-Houston-Maschine.

in der Anordnung an die früher beschriebenen Innenpolmaschinen. Auch bei ihr sind die Elektromagnete wie die Speichen eines Rades angeordnet und liegen innerhalb der ringförmigen Armatur. Doch ist insofern ein Unterschied vorhanden, als bei der Grammeschen Wechselstrommaschine die Armatur feststeht, die Magnete sich bewegen. Außerdem ist die Armatur, wenn auch äußerlich dem Grammeschen Ringe ähnlich, doch von einem solchen ganz verschieden und dem Anker der Brush-Maschine zu vergleichen. Denken wir uns die Armatur dieser letzteren Maschine festgestellt und lassen dafür die Magnete umlaufen, so werden ebenfalls in den Ankerspulen Wechselströme entstehen. Setzen wir statt der zwei Pole des Elektromagneten deren vier, sechs oder mehr, so daß auf jeden Nordpol ein Südpol folgt, so wird in der Erzeugung der Wechselströme nichts geändert, da beim Passieren eines Poles die Richtung der Kraftlinien in jeder Spule wechselt, also ein Stromwechsel entsteht. Gramme hat nun wie Brush die induzierten Spulen auf einem Eisenring aufgereiht und läßt die Pole der Elektromagnete an der Innenseite dieser

Ringarmatur umlaufen. Die Spulen sind derart verbunden, daß jeweils die unter gleicher Einwirkung stehenden Spulen hintereinander geschaltet sind. Er gewinnt auf diese Weise Gruppen zugehöriger Spulen, von denen jede Gruppe zur Speisung eines besonderen Stromkreises benutzt wird.

Die induzierenden Elektromagnete müssen durch einen besonders erzeugten Gleichstrom erregt werden, da der Wechselstrom keine Polarität erzeugen kann. Es wird daher neben der Wechselstrommaschine noch eine kleine Gleichstrommaschine betrieben, deren Strom den Magneten durch Schleifringe zugeführt wird.

Bald nach Gramme trat auch die Firma Siemens & Halske mit einer Wechselstrommaschine hervor, welche sich von der eben beschriebenen wesentlich unterscheidet. Für Siemens & Halske lag die Anwendung von Wechselstrom nicht darin begründet, daß ihre Bogenlampen Wechselstrom benötigten, vielmehr war es ein anderer Umstand, der die Firma zur Konstruktion von solchen Maschinen führte. Wir haben eben gesehen, daß es die Wechsel-

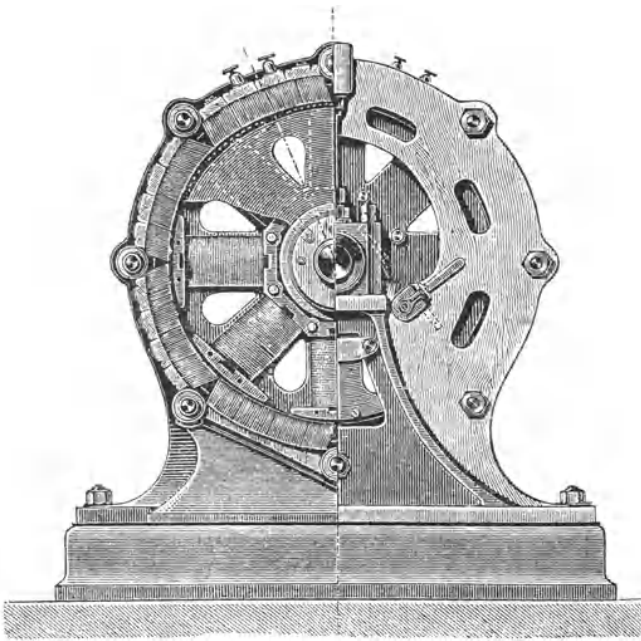


Fig. 79. Grammes Wechselstrommaschine.

strommaschine leicht ermöglicht, mehrere getrennte Stromkreise zu speisen, welche unabhängig voneinander sind. Es ist dies ein für manche Fälle erwünschter Vorteil, welchen man damals mit Gleichstrommaschinen noch nicht zu erreichen wußte; heute allerdings ist dieser Vorzug der Wechselstrommaschine durch die weitere Ausbildung der Technik gegenstandslos geworden. Außer diesem Umstand lag für die Berliner Firma noch ein anderer Grund vor. Die Bogenlichtbeleuchtung läßt es in vielen Fällen zweckmäßig erscheinen, eine größere Anzahl Bogenlampen hinterein-

ander geschaltet in einen Stromkreis zu legen. Dann muß aber die Spannung des Stromes entsprechend der Lampenzahl erhöht werden, wie wir später zeigen wollen. Nun ist die Gleichstrommaschine mit Trommelanker, wie sie Siemens & Halske aufgebracht haben, für hohe Spannung nicht gut geeignet, weil auf den Stirnflächen, wo die Drähte sich kreuzen, Stromzweige mit großen Spannungsunterschieden dicht übereinander zu liegen kommen und deshalb eine sehr sorgfältige Isolation erforderlich wird. Heutzutage stellt man allerdings auch Trommelmaschinen für hohe Spannungen her (W. Lahmeyer & Co. in Frankfurt a. M.), aber vor zehn, zwölf Jahren hatte man in dieser Beziehung Bedenken; Siemens & Halske wählten deshalb für hohe Spannungen ein andres System und kamen darauf, den Wechselstrom hierfür zu benutzen. Brush und Thomson-Houston haben freilich gleiche und noch weit höhere Leistungen mit Gleichstrom erzielt, aber mit Kommutator-Maschinen, für die man in Europa nur wenig Meinung hatte. Den Traditionen des Hauses Siemens & Halske gemäß, wollte dasselbe, wenn es Gramme einen Schritt nachthat, auch noch einen weiteren zuvor thun, und so entstand die Wechselstrommaschine ohne Eisenkerne in den induzierten Spulen. Wir haben schon früher dargethan, daß bei dem raschen Polwechsel in den Eisenkernen Verluste und Erhitzungen entstehen, welche man einfach dadurch vermeiden

kann, daß man den Spulen keine Eisenkerne gibt. Aber dann verschlechtern wir den Kraftlinien den Weg. Um diesen Nachteil so klein wie möglich zu machen, wird man nun bestrebt sein, den Luftweg der Kraftlinien so kurz, also auch die Spulen so kurz wie möglich zu machen. Nun gilt es aber wieder, in die kurzen Spulen genügende Längen des induzierten Drahtes einzubringen, um die genügende Spannung, welche mit der Länge des induzierten Drahtes wächst, zu erzielen. Sehen wir zu, wie Siemens & Halske diese Aufgabe lösten.

Zwei Kränze gerader Elektromagnete (Fig. 80) sind je an einem gußeisernen Ring befestigt und in geeigneter Weise zu einem festen Gerüst verbunden. In jedem Kranz wechseln an den gleichgerichteten Enden Nord- und Südpole ab, und die beiden Kränze sind derart zu einander angeordnet, daß jedem Nordpol des einen Kranzes ein Südpol des

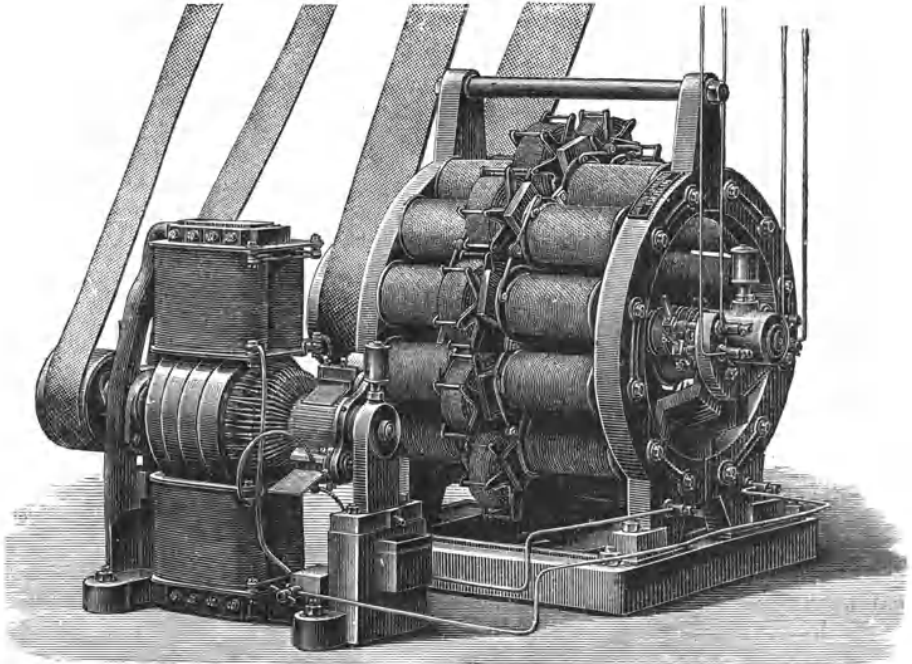


Fig. 80. Wechselstrommaschine von Siemens & Halske; daneben eine Gleichstrommaschine zur Erregung der Elektromagnete.

andern gegenüber steht. In dem schmalen Zwischenraum entstehen daher magnetische Felder von großer Intensität und abwechselnder Richtung. Zwischen den Magneten dreht sich nun ein Kranz von flachen Spulen, deren Zahl gleich derjenigen der magnetischen Felder ist. Bei dieser Anordnung durchschneiden die Spulen die Kraftlinien in senkrechter Richtung zu den letzteren, in der für die Induktionswirkung günstigsten Weise. Wie nun unser Schema Fig. 81 zeigt, sind die aufeinander folgenden Spulen derart verbunden, daß sie hintereinander geschaltet bleiben. Die Größe der Spulen ist so bemessen, daß, wenn sich die eine Hälfte derselben in einem magnetischen Felde bewegt, die andre sich jeweilig an der entsprechenden Stelle des nächsten Feldes befindet; die Felder wechseln aber ihre Richtung, und so wird in der einen Hälfte der Spule ein Strom von entgegengesetzter Richtung wie in der andern entstehen; durch die Verbindung beider Hälften erhalten die Einzelströme aber die gleiche Bewegungsrichtung in dem Stromkreise, den die Spulen bilden, und man kann aus der in Fig. 81 angegebenen Schaltung der Spulen leicht erkennen, daß je zwei aufeinander folgende Spulen hintereinander geschaltet sind.

Es steht nun frei, entweder alle Spulen zu einem Stromkreise zusammenzuschalten, oder dieselben in Gruppen geteilt zur Abgabe mehrerer Ströme zu benutzen. Dies ist bei der Wechselstrommaschine von Siemens & Halske häufig angewendet, und man hat zu diesem

Zwecke nur für die positiven oder negativen Pole jeder Gruppe besondere Schleifringe zur Stromabgabe anzuwenden; die andern Pole werden gemeinsam mit einem Schleifring verbunden, an welchem die gemeinsame Rückleitung liegt.

Zur Erregung der Feldmagnete dient eine Gleichstrommaschine, welche wir in unsrer Fig. 80 neben der Wechselstrommaschine stehend erblicken.

Die Wechselstrommaschine von Siemens & Halske hat große Verbreitung gefunden, da sie bei guter Ausnutzung der Betriebskraft eine große Sicherheit im Betriebe gewährte, und ist in Verbindung mit der v. Hefner-Alteneckschen Differentiallampe vielfach in größeren Beleuchtungsanlagen verwendet worden.

Nach Siemens & Halske nahm eine ungarische Firma den Bau von Wechselstrommaschinen auf, Ganz & Co. in Budapest, welche sich die Ausbildung des Wechselstromsystems in hohem Maße haben angelegen sein lassen. Die Erzeugnisse dieser Firma führen uns auf die neueren Wechselstrommaschinen, welche unter besonderer Berücksichtigung des Transformatorsystems entstanden sind. Die ersten Wechselstrommaschinen von Ganz & Co. hatten jedoch lediglich den Zweck, Wechselstrom für direkten Betrieb zu erzeugen und so mag der ältere Typus der Firma noch an dieser Stelle erwähnt sein.

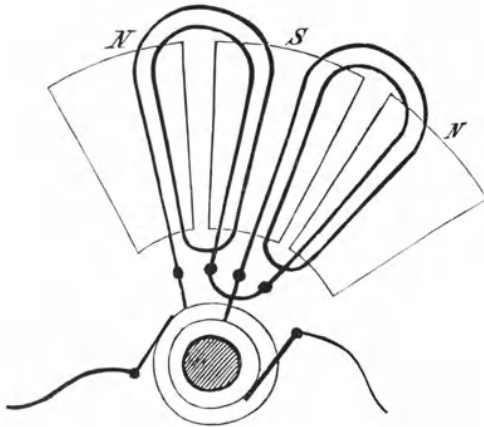


Fig. 81. Die Verbindung der Spulen in der Wechselstrommaschine von Siemens & Halske.

Ein Übelstand der bisher betriebenen Wechselstrommaschinen ist ihre Verbindung mit einer Gleichstrommaschine zur Erregung der Elektromagnete, welche den Betrieb und die Überwachung zweier Maschinen bedingt. Ganz & Co. schafften nun zunächst insofern eine Verbesserung, als sie beide Maschinen zu einer maschinellen Vorrichtung vereinigten. Unsrer Tafel I zeigt eine solche Dampflichtmaschine — so geheißten, weil in ihr

Dampf- und Lichtmaschine miteinander vereinigt sind — welche für die Speisung von etwa 1000 Glühlampen berechnet ist. Bei derselben liegen die 36 Spulen, in welchen der Wechselstrom induziert wird, an der Innenseite des äußeren Eisenkranzes; an ihnen vorbei bewegt sich der Kranz der induzierenden Magnete, zu deren Erregung eine Dynamomaschine mit Gramme-Ring dient. Dieser Ring liegt mit seinen Innenpolmagneten in dem vom Elektromagnetkranz umschlossenen freien Raume und ist mit den Elektromagneten auf derselben Welle, der einzigen der Maschine, befestigt. Vom Kollektor dieser Dynamomaschine wird der Strom durch Bürsten abgenommen und durch Schleifringe den Elektromagneten zugeführt. Auf diese Weise ist erreicht worden, daß die Betriebe der beiden Maschinen zu einem einzigen vereinigt worden sind, was nicht nur für die Wartung von Nutzen ist, sondern auch den Vorteil bietet, daß die Raumanspruchnahme der Maschine erheblich verringert wird. In letzterer Beziehung ist auch die unmittelbare Kuppelung der Dampfmaschine mit der Stromerzeugungsmaschine von Bedeutung, weil sie den unsicheren und raumbeanspruchenden Riemenbetrieb in Fortfall bringt. Wir werden später öfters sehen, wie das Streben der Dynamomaschinen-Konstrukteure darauf hinausgeht, die Dynamomaschine mit der Dampfmaschine direkt zu kuppeln und auf diese Weise „Dampfdynamos“ zu schaffen, welche eine sehr viel bessere Ausnutzung des manchmal recht kostbaren Raumes — man denke nur an die Verhältnisse auf Schiffen — ermöglichen.

Wir haben noch einer englischen Wechselstrommaschine zu gedenken, welche sich durch die Konstruktion des Ankers auszeichnet. Es ist dies die Ferranti-Thomson-Maschine, welche gemeinsam von Sir William Thomson, F. de Ferranti und A. Thomson konstruiert wurde. In gewisser Weise ist sie mit der Wechselstrommaschine von Siemens & Halske verwandt, und die Anordnung der Magnete zum Anker ist im Prinzip die gleiche.

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*, ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO1), is available at <http://extras.springer.com>



Der Unter zeigt jedoch eine gewisse Abweichung, die aus der schematischen Darstellung (Fig. 82) zu erkennen ist. Die Windungen sind nämlich nicht wie bei der Siemens & Halske-Maschine

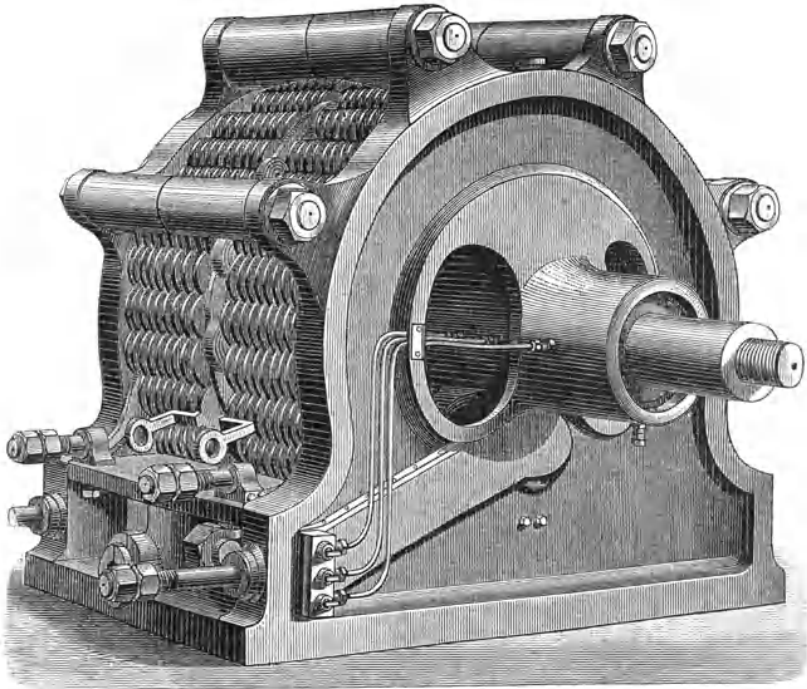


Fig. 82. Wechselstrommaschine Ferranti-Thomson für 5000 Glühlampen

zu Spulen aufgewickelt, sondern verlaufen zickzackförmig, wie man dies aus der Figur ersieht. Sie sind auch nicht aus Draht, sondern aus Kupferband gewickelt, dessen einzelne Lagen übereinander liegen. Fig. 83 gibt eine Ansicht dieser Armatur, in welcher man die einzelnen Lagen des Kupferbandes erkennt. Die Wirkungsweise einer solchen Anordnung ist die gleiche wie bei der Siemens-Maschine, und man erkennt leicht, daß jede einzelne Schlinge mit der nächsten in Reihenschaltung ist, wie dies auch für die einzelnen Lagen der Fall sein muß.

Außer dem Vorteil, daß die indirekten Spulen kein Eisen enthalten, ermöglicht die Konstruktion, daß man den Zwischenraum zwischen den Magneten bestens ausnutzen und denselben darum sehr gering halten kann.

Die neueren Wechselstrommaschinen. Wir werden später sehen, daß der Wechselstrom in einer Beziehung dem Gleichstrom überlegen ist; er läßt sich nämlich durch eine einfache Vorrichtung, die keine bewegten Teile hat, vom Strom mit höherer Spannung in solchen mit niedriger und umgekehrt verwandeln. Die hervorragende Verwandlungsfähigkeit kam zuerst im Jahre 1883 durch Gaulard in Verwendung und wurde dann durch Ganz & Co. wesentlich ausgebildet. Diese neue Bedeutung der Wechselstrommaschine, welche aus der Technik schon zu verschwinden schien, gab Veranlassung, daß die Dynamomaschinen-Konstrukteure derselben mehr Aufmerksamkeit schenkten, und es entstanden nunmehr zahlreiche

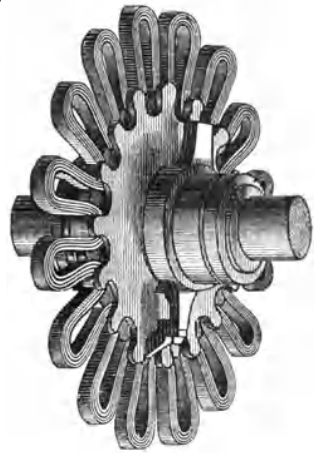
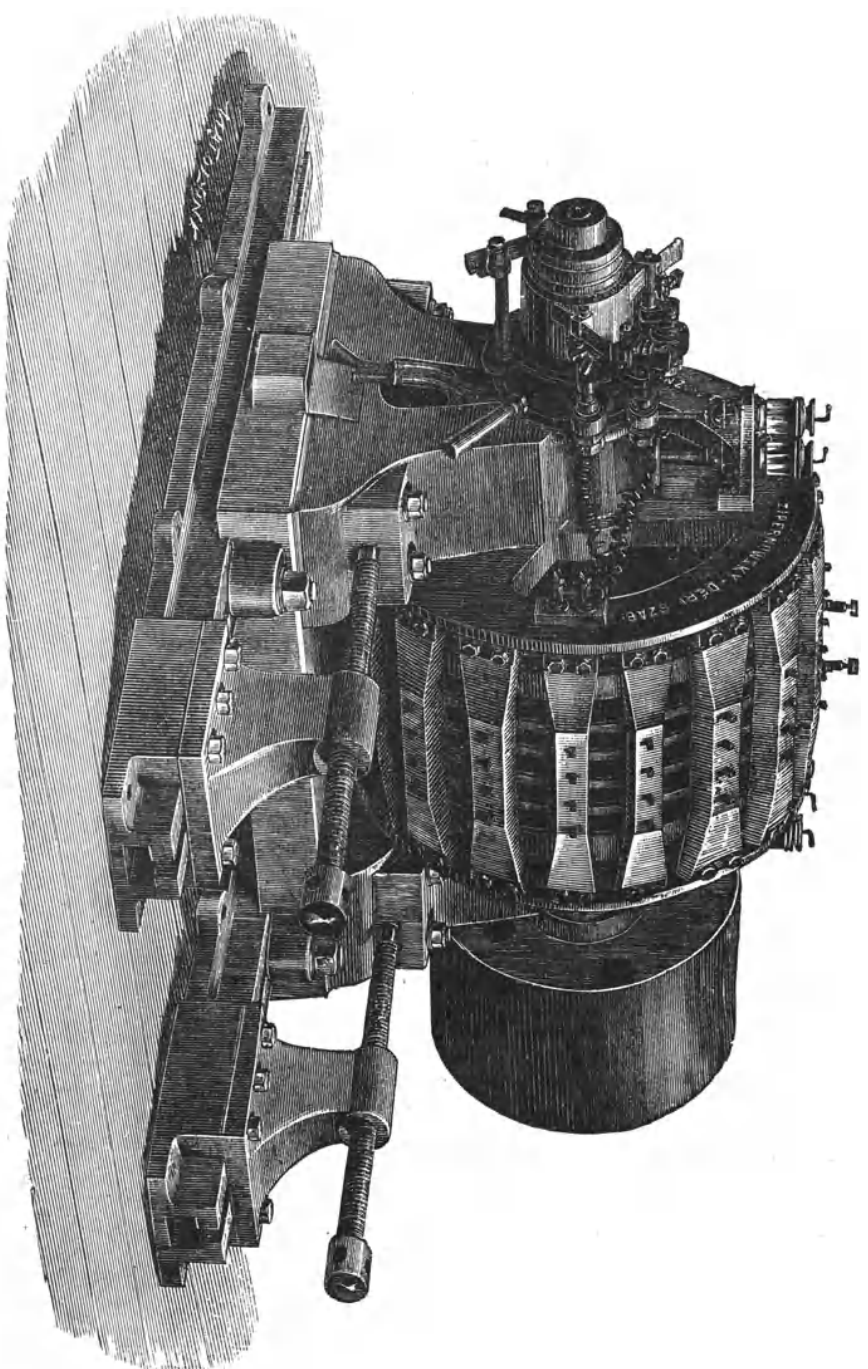


Fig. 83.

Fig. 84. Selbsttätige Maßstiftfronmaschine von Gung & Co.



neue Typen. Zunächst sehen wir Ganz & Co. mit einer Verbesserung auftreten, welche den passenden Übergang auf die neueren Typen bildet.

Wir sagten vorhin, daß die Wechselstrommaschinen insofern einen Mangel haben, als sie zur Erregung der Feldmagnete noch den Betrieb einer zweiten, einer Gleichstrom-Dynamomaschine erfordern. Diesen Mangel beseitigten Ganz & Co. nun dadurch, daß sie in ihrer Wechselstrommaschine einen Teil des erzeugten Stromes durch einen Kommutator gleichrichteten und denselben dann zur Speisung der Elektromagnetspulen verwendeten.

Diese neue „selbsterregende“ Wechselstrommaschine entstand im Jahre 1882 und wurde 1884 auf der Turiner Elektrischen Ausstellung zum erstenmal vorgeführt. Im

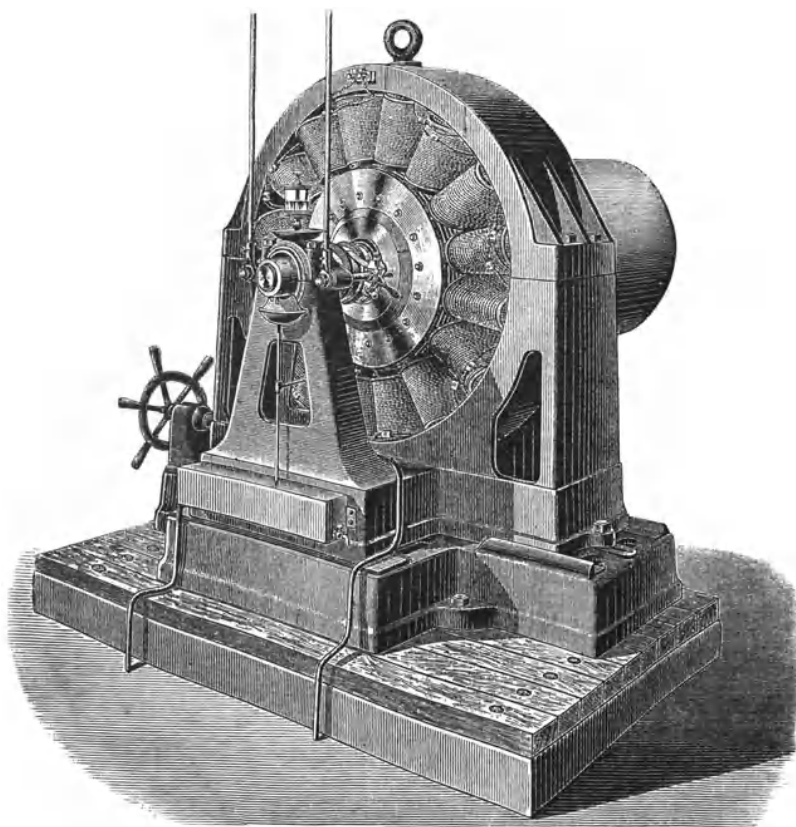


Fig. 86. Westinghouse-Wechselstrommaschine.

Aufbau erinnert sie uns an die Wechselstrommaschine von Gramme. Wie diese besitzt sie eine ringförmige, feststehende Armatur, in deren Hohlraum die speichenförmig angeordneten induzierenden Elektromagnete umlaufen. Während aber Gramme die Spulen auf einen ringförmigen Kern aufeinander reiht, sind die Spulen der Maschine von Ganz & Co. radial der Richtung der Elektromagnetkerne entgegengestellt. Der Hohlraum der Spulen ist mit einem passend zerteilten Eisenkern gefüllt und die äußeren Enden sämtlicher Eisenkerne sind durch umgelegte Ringe aus Eisendrahtbündeln oder Blechstreifen magnetisch miteinander verbunden. Große Sorgfalt ist aufgewendet, um die Wicklungen zu isolieren, was angesichts der hohen und deshalb gefährlichen Spannung, welche diese Maschinen erzeugen, notwendig ist.

Ein Teil des erzeugten Wechselstromes wird nun über den Kommutator zu den Elektromagneten geführt. Bei den größeren Maschinen entnimmt man zu diesem Zwecke einer oder mehreren Spulen den gesamten in ihnen erzeugten Strom, so daß der Feld-

magnetstrom von dem Betriebsstrom ganz getrennt ist. Der für die Magnete bestimmte Strom wird aus der Armatur auf zwei Kontaktbürsten geleitet, welche auf dem Kommutator schleifen. Der Kommutator selbst besteht aus einzelnen Segmenten, von denen die paarzähligen — von einem Segment an um den Kreis herum gezählt — und ebenso die unpaarzähligen unter sich verbunden sind. Jede Bürste kommt also abwechselnd — und zwar wechselnd wie die Stromrichtungen — mit dem einen und andern System der Segmente in Berührung, sie teilt also jeweils einem System stets Stromimpulse von gleicher Richtung mit, und da nun die Systeme mit den beiden Enden der Magnetbewicklung verbunden sind, so werden den Elektromagneten stets gleichgerichtete Ströme

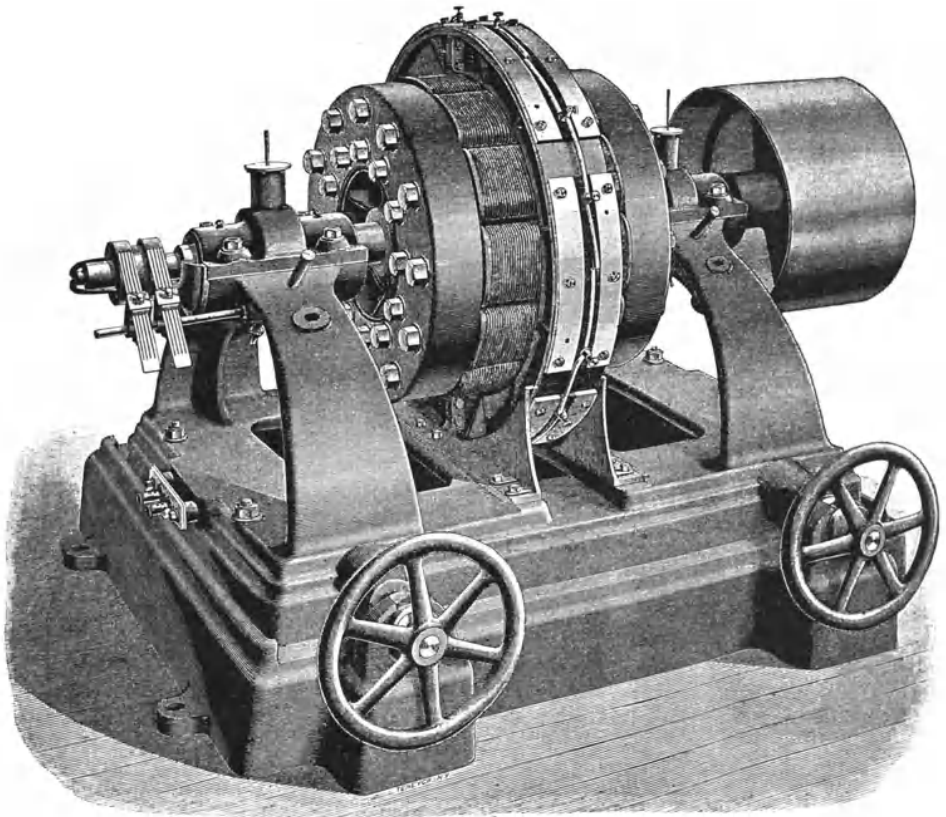


Fig. 87. Brush-Wechselstrommaschine.

zugeführt. Diese Stromimpulse folgen so rasch aufeinander, daß der Magnetismus der Magnete, der infolge der starken Eisenkerne der Elektromagnete eine gewisse Trägheit der Änderung besitzt, nicht merklich schwankt.

In Amerika nahm die „Westinghouse Company“ bald nach Ganz & Co. das Wechselstromsystem auf. George Westinghouse jun. — früher wird die Familie sich wohl „Westinghaus“ geschrieben haben und mit den deutschen Westinghäusern, wie sie im Niedersächsischen noch zahlreich leben, verwandt sein — ist der Erfinder der Westinghouse-Luftdruckbremse, die ihm eine Anzahl Millionen eingebracht hat. Er griff die Elektrotechnik beizeiten auf und gründete die oben genannte Gesellschaft, welche zahlreiche Wechselstromanlagen ausgeführt hat. Die Maschine, welche die Firma baut, ist von ihrem Ingenieur Stanley konstruiert. Bei derselben läuft der Anker, während die Magnete feststehen (Fig. 86). Die Form des Ankers ist eine Trommel, auf welcher flache gestreckte Spulen, ähnlich denen der Maschinen von Ganz & Co., liegen.

Denken wir uns in der früher beschriebenen Maschine von Siemens & Halske die flache Armatur feststehend und die Magnete laufend, so erhalten wir die Wechselstrommaschine der „Brush Electric Co.“ in Cleveland. Unsere Fig. 87 gibt eine Ansicht derselben und Fig. 88 zeigt die Armatur, welche den Vorteil gewährt, daß die einzelnen Spulen leicht herausgenommen werden können. Die Spulen enthalten keine Eisenkerne, wie diese auch bei der Siemens & Halske-Maschine fehlen.

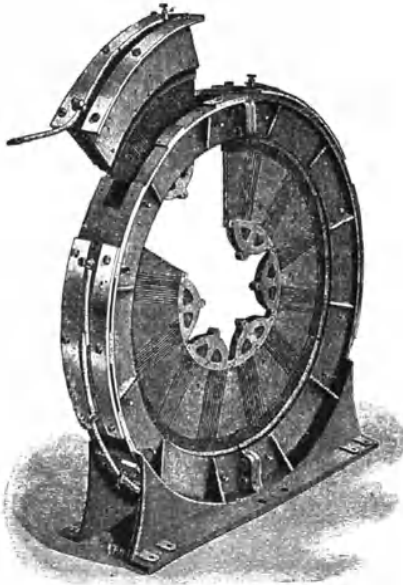


Fig. 88. Armatur der Brush-Wechselstrommaschine.

Eine im Aufbau ganz ähnliche Maschine hat Mordey, der Elektriker der „Brush Electrical Engineering Company Ltd.“ in London konstruiert, die aber eine eigentümliche Abänderung aufweist. Die erregenden Feldmagnete haben nämlich die Form, wie sie Fig. 91 zeigt. Bei denselben sitzt auf der Welle ein zylindrischer Eisenkern, der mit einer Spule umgeben ist. An beiden Enden des Kernes sind zwei Kränze von Eisenarmen angefügt, welche die Spule umklammern und nur einen schmalen Zwischenraum übrig lassen, der als ringförmiger Ausschnitt um den Magneten läuft, und in diesem Ausschnitt liegt eine Armatur wie die der Brush-Wechselstrommaschine. Um dieselbe in die Nute einbringen zu können, wird sie aus zwei gleichen Hälften zusammengesetzt, welche man von beiden

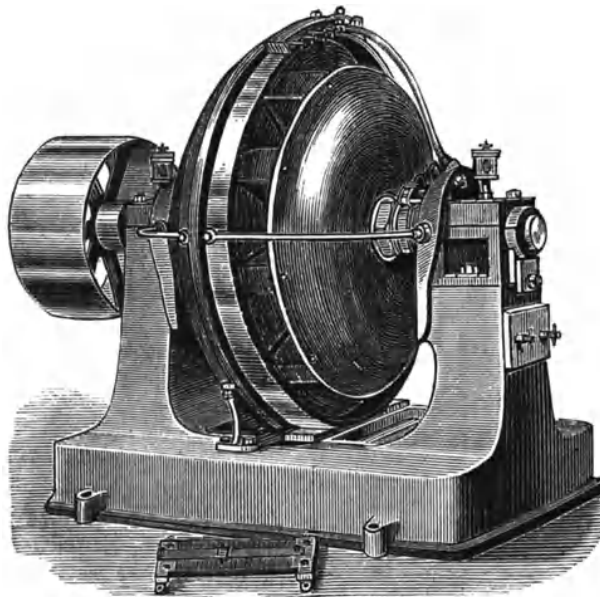


Fig. 89. Mordey-Wechselstrommaschine.

Seiten in den Ausschnitt einschiebt. Man denke sich also die in Fig. 90 dargestellte Armatur durch einen senkrechten Schnitt in zwei Halbringe geteilt, welche nach dem Einsetzen wieder verbunden werden.

Die Spule des Magneten wird den Eisenkern magnetisieren, und jeder Kranz wird einen Pol des Magneten bilden. Je zwei einander gegenüberstehende Arme bilden also entgegengesetzte Pole, es wird zwischen ihnen also ein magnetisches Feld entstehen. Nun sollen aber die magnetischen Felder, wie z. B. in der Siemens-Maschine, mit der Richtung ihrer Kraftlinien abwechseln. Dies geschieht hier nicht und doch wird eine Induktionswirkung erreicht. Die Zahl der Spulen ist nämlich doppelt so groß als die der Felder. Wenn sich also die eine Hälfte Spulen in den Feldern befindet, liegt die andre Hälfte in den Lücken zwischen den

Feldern. Es wird daher die Zahl der Kraftlinien, welche durch die Spulen gehen, beim Umlauf des Ankers zwischen Null und dem Maximum wechseln, und hierdurch werden

also Wechselströme erzeugt werden. Gegen die früheren Maschinen weist die Mordey-Maschine nur einen Wechsel in der Zahl, nicht auch in der Richtung der von den Spulen umfaßten Kraftlinien auf.

Dieser Vorgang ist übrigens schon früher, freilich nur in einem Maschinchen, das ein Zwerg gegen die Mordey-Maschine ist, angewendet worden, und zwar von Breguet in seinem Minenzünder, der an dieser Stelle erwähnt sein mag, um die Wirkungsweise der Mordey-Maschine erläutern zu helfen. Bei der Minenzündung handelt es sich nur darum, einen kurzen, kräftigen Strom zu erzeugen, welcher den Glühdraht zur Entzündung des Pulvers zum Glühen bringt. Breguet nahm nun einen starken Stahlmagneten, auf dessen Pole er runde Eisenkerne mit Drahtspulen setzte (Fig. 92). An die freien Enden der Eisenkerne, welche etwas über die Spulen hinausragen, legte er eine rechteckige Platte aus weichem Eisen. Diese Platte, der Anker des Magneten, sitzt an einem Winkelhebel, dessen langer horizontaler Arm einen runden Knopf trägt. Wenn der Anker an den Kernen anliegt, werden die Kraftlinien aus dem Magneten durch die Kerne der Spulen und die sie verbindende Eisenplatte gehen. Wird jetzt ein kräftiger Schlag auf den Knopf des Hebels geführt, so wird der Anker plötzlich abgerissen, und es tritt, durch die erhebliche Verschlechterung des Weges, eine bedeutende Verminderung der durch die Spulen gehenden Kraftlinien ein. Diese erzeugt aber in den Spulen einen kurzen Stromstoß, der nun unter Mitwirkung einer kleineren weiteren Vorrichtung kräftig genug wirkt, um den Glühdraht zum Glühen zu bringen.

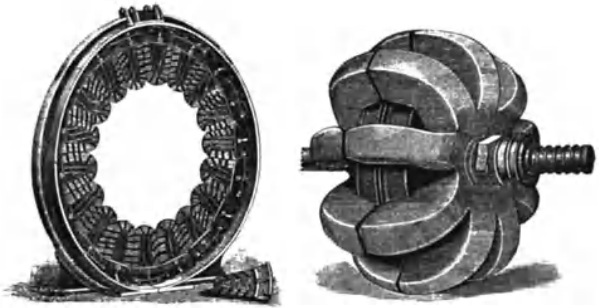


Fig. 90 u. 91. Armatur und Anker der Mordey-Wechselstrommaschine.

Wir wollen hiermit die Beschreibungen von Dynamomaschinen, von denen wir eine Anzahl charakteristischer Formen betrachtet haben, schließen. Später, wenn wir von den elektrischen Beleuchtungs- und Kraftübertragungsanlagen zu reden haben, werden wir noch mehrfach Gelegenheit finden, solche Maschinen zu beschreiben, weil sie besser in den Rahmen einer Darstellung passen, die sie in dem Zusammenhange mit den andern Teilen der Anlagen zeigt und sie dadurch verständlicher macht. In erster Reihe werden wir dort die modernen Riesenmaschinen kennen lernen, welche in den Betrieben der großen Elektrizitätswerke benutzt werden, und weiter noch eine Art Sprößling aus Gramme-Ring- und Wechselstrommaschine, die mehrphasigen Wechselstrommaschinen, auch Drehstrommaschinen genannt.

Zunächst liegt uns aber noch ein andres Thema vor, das wir dem Leser nicht schenken können, nämlich

Die Schaltung der Dynamomaschinen. Die Spulen der Elektromagnete einer Dynamomaschine erhalten ihren Strom, welcher den Magnetismus erregt, aus ihrem Anker. Die Verbindung zwischen Anker und Elektromagnetspulen kann nun verschiedenartig gewählt werden, und man wird je zur einen oder andern Verbindungsart greifen, je nachdem sich die Zwecke gestalten, denen der Stromerzeuger dient.

Die einfachste und von Siemens zuerst gewählte Schaltung besteht darin, daß der Strom, bevor er die Maschine verläßt, die Elektromagnete umtreift und sie erregt. Wir werden deshalb, vergl. Fig. 93, daß eine Ende der Magnetbewicklung mit der einen

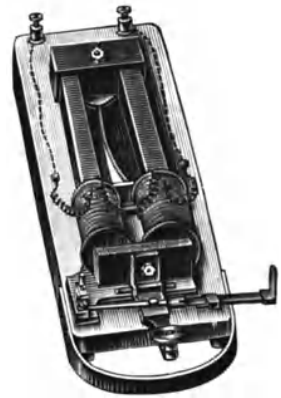


Fig. 92. Breguets Minenzünder.

Kollektorbürste, fagen wir mit der negativen, verbinden. Dann geht der Strom zum Kollektor durch die Windungen des Magneten und tritt am zweiten Ende derselben ein. Dieses Ende wird also den negativen Pol der Dynamomaschine bilden, während die zweite Kollektorbürste den positiven darstellt.

Bei dieser Schaltung geht also der gesamte Strom der Maschine um die Magnete, und man heißt dieselbe deshalb und im Gegensatz zu der gleich zu erörternden Nebenschlußschaltung die „Hauptstromschaltung“ oder auch Hauptflußschaltung und bezeichnet Maschinen mit solcher Schaltung als „Hauptstrommaschinen“.

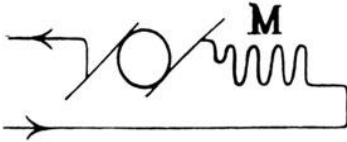


Fig. 93. Hauptstromschaltung

Eine zweite Schaltung benutzt nicht den ganzen Strom der Maschine zur Erregung, sondern zweigt aus dem Hauptstrom einen Nebenstrom ab, welcher um die Magnete geführt wird. Diese Schaltung wandte bereits der zweite Erfinder der Dynamomaschine, Wheatstone, bei der von ihm erfundenen Dynamomaschine an. Bei dieser Schaltung, Fig. 94, sind die beiden Kollektorbürsten unmittelbar mit den Hauptleitungen verbunden, in welche der Anker seinen Arm schickt. An diese Hauptleitung sind nun die beiden Enden der Magnetbewicklung angelegt, je eins an jede Leitung, so daß ein Teilstrom aus der Hauptleitung abgezweigt wird und über die Magnetwindungen geht.

Diese Schaltung ist die Nebenschlußschaltung der Elektromagnete und die so geschaltete Dynamomaschine wird als „Nebenschlußmaschine“ bezeichnet.

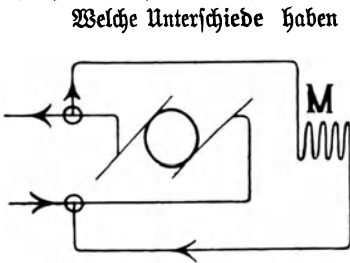


Fig. 94. Nebenschlußschaltung.

Welche Unterschiede haben nun beide Schaltungen? Zunächst wollen wir bei der Hauptstrommaschine annehmen, ihre Pole seien durch einen kurzen dicken Draht geschlossen; der Widerstand des äußeren Stromweges ist also klein und der Gesamt-widerstand der Leitung, der sich aus dem äußeren Widerstande, demjenigen der Elektromagnetspulen und dem des Ankers zusammensetzt, wird demnach ein Minimum; daher wird die Stromstärke ein Maximum werden. Da der Hauptstrom die Elektromagnete umkreist, werden sie also durch den Maximalstrom erregt, und weil der erregte Magnetismus von der Stromstärke in den Ankerwindungen abhängt, wird auch der Magnetismus der Elektromagnete durch den „Kurzschluß“ der Maschine, d. h. durch eine Verbindung ihrer Pole mit einem Leiter von verschwindendem Widerstand, den größtmöglichen Betrag annehmen.

Von der Stärke des erregenden Magnetismus hängt aber weiter ihre elektromotorische Kraft, ihre elektrische Druckwirkung ab, und so sehen wir, daß der Kurzschluß die Hauptstrommaschine zur größten Leistung veranlaßt.

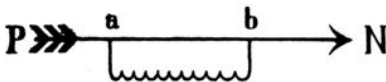


Fig. 95. Nebenschluß zu einer Leitung.

Denken wir uns nun den Widerstand des äußeren Stromkreises anwachsend, so wird auch die Stromstärke, darum auch der erregte Magnetismus und die elektromotorische Kraft der Maschine abnehmen.

Bei der Nebenschlußmaschine liegen die Verhältnisse umgekehrt. Um das erkennen zu lassen, wollen wir in Fig. 95 zeigen, wie die Stromstärke in einem Nebenschluß von dem Widerstande im Hauptschluß abhängt. An einen stromdurchflossenen Leiter P N sei an den Stellen a und b ein Nebenschluß angelegt. Die Stromstärke in diesem Nebenschluß muß nach dem Ohmschen Gesetz abhängen von dem Widerstand des Nebenschlusses und dem Spannungsunterschied an seinen Enden a und b. Dieser Spannungsunterschied wird aber wiederum abhängen von der Stromstärke des Hauptstromes und dem Widerstande seines Stückes a b, denn diese drei Größen stehen in dem festen Zusammenhange, welchem das Ohmsche Gesetz entspricht.

Je größer nun der Widerstand des Stückes $a b$ bei unveränderter Stromstärke des Hauptstromes ist, desto größer muß der Spannungsunterschied zwischen a und b sein, desto größer also die Stromstärke im Nebenschluß, die letztere wird also mit dem Widerstand des Stückes $a b$ wachsen und mit ihm abnehmen, immer unveränderte Stromstärke des Hauptstromes vorausgesetzt.

Wir wollen dies nun auf unsre Nebenschlußmaschine anwenden. Der Spannungsunterschied an den Enden der Magnetbewicklung hängt nach dem Gesagten von der Größe des äußeren Widerstandes ab, er wächst und fällt mit demselben. Würden wir also unsre Nebenschlußmaschine kurz schließen, so wäre nur ein verschwindender Widerstand des Hauptstromes zwischen den Punkten, an welchen die Enden der Magnetbewicklung anliegen, und insolgedessen auch ein sehr geringer Spannungsunterschied. Daher wird der Zweigstrom, der um die Magnete geht, verschwindend klein werden, daher werden die Magnete nicht mehr erregt, und insolgedessen wird auch die induzierende Wirkung der Magnete auf den Anker verschwinden. Die Maschine wird also durch Kurzschluß stromlos, es tritt mithin das Gegenteil wie bei der Hauptstrommaschine ein.

Es ist aber noch ein weiterer Unterschied bei beiden Schaltungen zu verzeichnen. Bei gewissen Verwendungen des Stromes kann es vorkommen, daß die Vorrichtung, zu welcher Strom geführt wird, einen Gegenstrom auszuschießen sucht; diese Erscheinung werden wir etwas später bei den Akkumulatoren kennen lernen, sie tritt aber auch bei andern Anwendungen des Stromes auf.

Solange nun die elektromotorische Kraft dieses Gegenstromes kleiner bleibt als die der Dynamomaschine, wird diese ihren Strom in bleibender Richtung aussenden können. Wird aber die Maschine für einen kurzen Moment angehalten oder läuft sie langsamer, so daß ihre elektromotorische Kraft, welche von der Umlaufgeschwindigkeit abhängt, kleiner als die Gegenkraft wird, so überwindet diese die Druckkraft der Maschine und bewirkt nun, daß ein Strom im entgegengesetzten Sinne durch den Stromkreis, also auch durch die Maschine geht. Welche Folgen wird dies haben? Betrachten wir zunächst die Hauptstrommaschine. Die Maschine schicke zunächst ihren Strom in der Richtung, wie sie die Pfeile andeuten, aus. Sobald nun der Gegenstrom die Oberhand gewinnt, wird sich die Richtung des Stromes umkehren. Dies hat aber zur Folge, daß auch die Magnete von einem Strom entgegengesetzter Richtung umflossen und ihre Pole umgekehrt werden. Dies bewirkt nun aber wiederum, daß auch die Maschine die Richtung des von ihr ausgeschickten Stromes umkehrt, so daß dieser jetzt im Sinne des Gegenstromes läuft und den Magnetismus, der eben die Polarität gewechselt hat, verstärkt. Damit hat dann aber auch die Maschine ihre Pole gewechselt, und das kann recht unangenehme Folgen haben.

Wie ist es nun bei der Nebenschlußmaschine? Der Strom gehe von der Maschine mit Richtung der Pfeile aus und verzweige sich in die Haupt- und in die Magnetleitung. Kommt jetzt aus der Hauptleitung der Gegenstrom zur Maschine, so ändert sich die Richtung des Stromes in den Magneten nicht. Denn dasjenige Ende der Magnetwindungen, welches am positiven Pole der Maschine lag, wird auch am positiven Zweige des Gegenstromes liegen; sowohl der Strom der Maschine fließt bei diesem Ende ein, wie es auch der Gegenstrom thut, was wir leicht erkennen, wenn wir die Richtung der Pfeile umkehren. Im Anker wird die Stromrichtung bei der Gegenströmung wechseln, aber dadurch wird die Polarität der Magnete nicht beeinflusst. Die Nebenschlußmaschine wird also durch den Gegenstrom nicht umpolarisiert.

Wir haben eben gesehen, daß die elektromotorische Kraft einer Dynamomaschine durch die Änderung des äußeren Widerstandes beeinflusst wird; dieselbe wird bei der Hauptstrommaschine mit der Verminderung, bei der Nebenschlußmaschine mit der Vergrößerung jenes Widerstandes zunehmen. Da wir aber darauf angewiesen sind, die Spannung in den Leitungen auf fester Höhe zu erhalten, weil die meisten Einrichtungen, in denen der Strom zur Verwendung kommt, eine solche konstante Spannung erfordern, so könnten wir stets nur mit einem unveränderlichen Widerstand der gesamten Stromleitung arbeiten, wenn wir nicht im Stande wären, diese Spannung durch gewisse Einrichtungen zu regulieren. Das Einfachste wäre nun wohl, daß wir in die Hauptleitung einen Zusatz-

widerstand einschalteten, den wir beliebig ändern können. Würde sich dann der Widerstand bei den im äußeren Stromwege eingeschalteten Vorrichtungen ändern, so könnten wir eine gleiche, aber entgegengesetzte Änderung bei unserm Zusatzwiderstande vornehmen und somit den Gesamtwiderstand auf fester Höhe erhalten. Aber dies ist so ziemlich das schlechteste Auskunftsmittel, das wir haben, denn wie wir später sehen werden, nimmt jeder eingeschaltete Widerstand Energie fort, und die Dampfmaschine, welche unsere Dynamomaschine treibt, würde zu einem Teil, der nutzlos verloren geht, für den Regulierwiderstand arbeiten.

Wir besitzen aber zum Glück noch andre Mittel, die Spannung in den Leitungen konstant zu halten. Nehmen wir an, daß in den Zuleitungen zu den Vorrichtungen, denen der Strom zugeführt wird und welche ihren Widerstand ändern, kein Spannungsverlust stattfände, dann haben wir die Spannung an den Polklemmen der Maschine konstant zu halten. Die obige Voraussetzung trifft allerdings nur annähernd zu, aber für unsere Zwecke dürfen wir sie anwenden. Wenn jetzt der äußere Stromweg, also außerhalb der Maschine von den Polklemmen an gerechnet, seinen Widerstand ändert, dann muß, da die Polklemmenspannung konstant bleibt, auch die Stromstärke sich ändern. Ändert sie sich aber im äußeren, so ändert sie sich auch im inneren Stromwege, d. h. im Anker der Maschine; hier bleibt aber der Widerstand gleich, es muß sich also der dritte Faktor ändern, die elektromotorische Kraft im Anker.

Diese Änderung der elektromotorischen Kraft können wir dadurch erzielen, daß wir die Dynamomaschine schneller laufen lassen, oder durch Verstärkung der induzierenden Wirkung der Magnete. Das erstere Verfahren empfiehlt sich schon deshalb wenig, weil die Regulierung einer Dampfmaschine entsprechend der erzeugten Stromstärke Schwierigkeiten bietet. Wir benutzen deswegen im überwiegenden Maße die Änderung der magnetischen Wirkung zur Erhaltung der Klemmenspannung.

Hierfür bieten sich wieder zwei Verfahren, entweder wir richten unsere Elektromagnete derart ein, daß wir Windungen derselben in verschiedener und beliebiger Anzahl ein- und ausschalten können, oder wir lassen die Zahl der wirkenden Windungen ganz ungeändert und ändern nur die Stärke des Stromes, der die Windungen durchfließt. Das letztere Verfahren ist das verbreitetste, und wir wollen dasselbe etwas näher betrachten. Was die erstere Methode angeht, so findet sie gelegentliche Anwendung bei elektrischen Motoren, für Dynamomaschinen ist sie wohl kaum oder selten in Anwendung gekommen.

Wie haben wir nun zu verfahren, um die Stromstärke in den Magnetwindungen zu ändern? Bei Nebenschlußmaschinen haben wir dies sehr leicht; wir schalten in den Nebenschluß einen veränderlichen Widerstand ein, welcher mit der Hand oder durch eine selbstthätige Vorrichtung so abgeändert wird, daß die Spannung an den Klemmen der Dynamomaschine auf fester Höhe bleibt. Die Beschreibung solcher veränderlichen Widerstände behalten wir uns für später vor.

Denken wir uns nun in den Stromkreis der Magnete einer Nebenschlußmaschine einen solchen veränderlichen Widerstand W eingeschaltet, so können wir mittels desselben den Strom in den Magnetspulen ändern, und haben nur auf das Instrument zu achten, welches die Spannung an den Klemmen anzeigt, um zu ersehen, ob und in welchem Sinne der Regulierwiderstand geändert werden muß. Hat sich die Spannung von ihrer normalen Höhe entfernt, so genügt es, den Widerstand W so weit zu vermehren oder zu vermindern, bis die normale Spannung wieder erreicht ist (Fig. 96).

Bei der Hauptstrommaschine können wir nicht ohne weiteres in dieser Weise verfahren, denn die Magnetwindungen dieser Maschine liegen im Hauptstrom, wir würden also, wenn wir hier einen Widerstand einschalten wollten, den Widerstand des Hauptstromkreises vermehren und, wie oben erwähnt, mit einem großen Verluste arbeiten.

Aber trotzdem können wir auch bei der Hauptstrommaschine den Regulierwiderstand anwenden, und dies hat beispielsweise Brush bei seiner Maschine gethan. Wir lassen nämlich nicht den ganzen Hauptstrom durch die Elektromagnetwindungen gehen, sondern zweigen einen Teil desselben ab, der an den Windungen vorbeigeht. Indem wir diesen Zweigstrom, der nur einen Bruchteil des Hauptstromes ausmacht, mit Hilfe eines

eingeschalteten veränderlichen Widerstandes ändern, können wir auch den die Magnete umkreisenden Strom und damit die Erregung der Magnete ändern.

Zu diesem Zwecke werden (Fig. 97) die Enden der Magnetwindungen M durch eine Leitung verbunden, in welche der veränderliche Widerstand W eingeschaltet ist. Es wird der Hauptstrom sich verzweigen und teils über den Magneten, teils über den Zweig mit dem veränderlichen Widerstand gehen. Je größer wir diesen Widerstand machen, desto kleiner wird die Stromstärke in diesem Zweige sein, desto größer im Magnetzweige, desto größer auch die induzierende Wirkung der Magnete. Wir haben es also damit in der Hand, die Spannung an den Klemmen auf fester Höhe zu erhalten.

Alle diese Vorrichtungen haben nun den Fehler, daß die Regulierung in mechanischer Weise, sei es durch die Hand, sei es unter selbstthätiger Mitwirkung des Stromes bewirkt werden muß. Es lag nun den Elektrotechnikern aber daran, daß diese Regulierung auf rein elektrischem Wege und durchaus selbstthätig bewirkt werde, daß die Dynamomaschine ohne jedes Zuthun von selbst ihre Spannung auf fester Höhe erhält.

Hierfür gab Marcel Deprez zuerst ein Verfahren an, das bald vereinfacht und ausgebildet wurde und jetzt vielfach angewendet wird.

Wir haben gesehen, daß die Hauptstrommaschine ihre elektromotorische Kraft mit Verminderung des äußeren Widerstandes, die Nebenschlußmaschine mit Erhöhung desselben vermehrt. Es liegt nun nahe, beide Schaltungen gleichzeitig in einer Maschine anzuwenden, um die Veränderungen, welche durch den Wechsel des äußeren Widerstandes entstehen, sich so weit ausgleichen zu lassen, daß die Spannung an den Klemmen konstant bleibt. Diese Doppelschaltung ist unschwer zu erzielen. Wir geben den Magneten (Fig. 98) eine doppelte Bewickelung, von denen die eine als Nebenschluß, die andre in den Hauptschluß geschaltet ist. Sind diese Bewickelungen richtig bemessen, so werden bei großem äußeren Widerstande in der Hauptsache nur die Nebenschlußwindungen der Magneten erregt; sobald der äußere Widerstand kleiner wird und die Stromstärke steigt, wird auch der Hauptstrom an der Erregung der Magnete und zwar jeweils in dem Maße teilnehmen, um die elektromotorische Kraft der Maschine so weit zu erhöhen, daß die Klemmenspannung auf fester Höhe bleibt.

Bei einer solchen „Gleichspannungsmaschine“ wird also zunächst durch die Nebenschlußbewickelung ein gewisses Maß induzierender Wirkung hervorgerufen. Da die Klemmenspannung konstant bleibt, so geht durch die Nebenschlußwindungen stets ein Strom von bestimmter Stärke, die magnetisierende Wirkung desselben bleibt also konstant. Da nun aber bei steigender Stromstärke und fester Klemmenspannung die elektromotorische Kraft der Maschine wachsen muß, so muß auch die induzierende Wirkung der Magnete zunehmen, und diesen Zusatz zu der Wirkung der Nebenschlußwindungen geben die Hauptstromwindungen, welche mit wachsender Stromstärke die Elektromagnete stärker erregen.

Ein vollständiger Ausgleich ist allerdings nicht zu erzielen, und deshalb schaltet man in die Nebenschlußbewickelung noch einen veränderlichen Widerstand ein, dessen Wirkung wir oben kennen gelehrt haben.

Wegen der doppelten Bewickelung heißt man Dynamomaschinen dieser Art *Compound*, oder *Verbundmaschinen* oder auch Maschinen „mit gemischter Wickelung“.

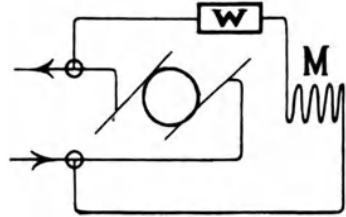


Fig. 96. Regulierung der Nebenschlußmaschine.

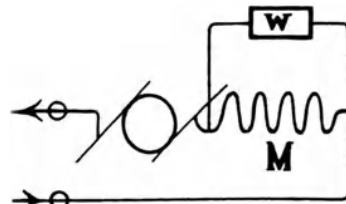


Fig. 97. Regulierung der Hauptstrommaschine.

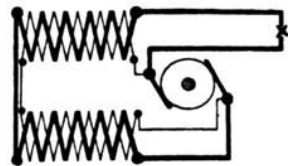


Fig. 98. Verbundschaltung für Gleichspannungsmaschinen.

Die sekundären Stromerzeuger.

Die Transformatoren.

Einleitung. Die Umwandlung der Spannung. Der Zweck solcher Umwandlungen. Die Entwicklung der Transformatoren. Der Sekundärgenerator von Gaulard & Gibbs. Der Transformator von Ganz & Co. Verschiedene Transformatorrentypen. Die Anordnung und Aufstellung der Transformatoren. Gleichstromtransformatoren.

Die Akkumulatoren.

Die Aufspeicherung elektrischer Energie. Die Entwicklung der Akkumulatoren. Der Bleiakкумуляtor von Planté. Der Faure-Akkumulatör. Der Akkumulatör der „Electrical Power Storage Co.“ Die Vorgänge im Akkumulatör. Der de Ahotinsky-Akkumulatör. Der Tudor-Akkumulatör. Ladung und Entladung der Akkumulatoren.



Wir kommen jetzt zu Vorrichtungen, welche insofern den eigentlichen Stromerzeugern verwandt sind, als sie Strom abgeben, sich von ihnen aber dadurch unterscheiden, daß sie nicht eine andre Energieform in elektrische umsetzen, sondern Elektrizität in Elektrizität umwandeln. Der Leser fragt vielleicht verwundert, was denn eine Umwandlung bedeuten solle, bei welcher Anfangs- und Endglied das gleiche sei. Ja das Gleiche ist es wohl, aber bei der einen Verwandlung ist die Form der aufgewendeten von derjenigen der erzeugten Energie verschieden, und bei der andern Verwandlung sind Aufwand und Produkt zeitlich getrennt worden, die Elektrizität, das flüchtigste aller Fluida, ist entzeitigt, ist in einen Dauerzustand gebracht worden. Mit gewissem Rechte könnte man also bei den hier behandelten Verfahren von einer Umformung der elektrischen Energie sprechen; wir haben es aber in Berücksichtigung des Sprachgebrauches vorgezogen, die hier zu schildernden Vorrichtungen als sekundäre Stromerzeuger zu bezeichnen, womit angedeutet sein soll, daß sie elektrische Energie abgeben, welche von einem primären Stromerzeuger ihnen zuvor zugeführt worden ist.

Von einem andern Gesichtspunkte ausgehend hätten wir sie auch mit den elektrischen Leitungen zusammenthun und mit denselben als Vorrichtungen zur Übertragung elektrischer Energie behandeln können. Wie nämlich die elektrische Leitung die elektrische Energie von Ort zu Ort, so überträgt sie der Akkumulatör von einer Zeit auf eine spätere, der Transformator dieselbe von einer Spannungsstufe auf eine höhere oder niedere. Allein dieser Standpunkt ist ein wenig philosophisch, und wir sind darum lieber bei der mehr technischen Klassifizierung geblieben.

Vielleicht ist es nicht überflüssig, die sekundären Stromerzeuger, welche wir im folgenden vorführen wollen, zunächst einmal an dem von uns schon öfters gebrauchten Beispiel

der Wasserbewegung zu erläutern. Der Leser weiß, daß man mit einem niedrigen Wasserfälle eine hohe Wasserdrucksäule erzeugen kann. Wenn wir durch ein Mühlrad eine Druckpumpe treiben lassen, so können wir Wasser zehnmal so hoch heben, als es auf das Mühlrad niederfällt. Bekanntlich haben geistvolle Erfinder dies benutzt, um ein Perpetuum mobile zu konstruieren, indem sie das von einem Mühlrad gehobene Wasser auf zehn gleiche Mühlräder fallen ließen, von denen das eine das erwähnte erste treibende war. Die verständnislosen Techniker nannten dies leider einen Unsinn und behaupteten, daß die gehobene Wassermasse bei verzehnfachter Höhe höchstens den zehnten Teil der auf das Rad stürzenden hebenden Menge betragen könne, aber selbst dies Verhältnis der unvermeidlichen Verluste wegen nicht erreicht werden würde, und wir werden ihnen mit tiefgefühltem Bedauern für die gekränkten Erfinder recht geben müssen.

Nun, was wir mit dem Wasserstrom können, vermögen wir auch mit dem elektrischen, auch bei ihm können wir ein kleines Gefälle, einen kleinen Druckunterschied in einen großen verwandeln, aber wohlgemerkt, auch hier reduziert sich die gehobene Menge, mit andern Worten die Stromstärke entsprechend der Vergrößerung der Druckhöhe, und es bleibt Druck mal Stromstärke für jede Verwandlung gleich, wenn wir Verluste nicht rechnen; andernfalls und wegen der Unvermeidlichkeit der Verluste immerfalls verkleinert sich das Produkt um einen dem Verlust entsprechenden Teil.

Wir können mit unserm Wasserapparat auch große Drücke in kleine verwandeln und werden dabei an Wassermenge gewinnen, was wir an Druck verlieren; gleiches vermag auch der Elektrotechniker mit seinem Fluidum.

Unser Mühlrad mit seiner Druckpumpe können wir auch verwenden, um einen Behälter zu füllen, und wir könnten dann, wenn uns einmal unser Mühlenbach trocken geworden ist, unsre Mühle mit den ersparten Energieschätzen treiben. Zu diesem Zwecke müßte unser Behälter etwas sehr groß angelegt werden und rationell würde diese Aufspeicherung wohl kaum zu nennen sein. Aber jedenfalls zeigt uns die Möglichkeit einer solchen Aufspeicherung, wie man dem Wasser seine Bewegung nehmen und sie zu andern Zeiten wieder frei machen kann. Ganz dasselbe kann auch der Elektrotechniker, aber leider ist dies Verfahren noch weit weniger rationell als unser eben erwähntes, mit welchem wir der Müllerei helfen wollten. Die Elektrizität ist nämlich ein ganz merkwürdiges Agens. Fließend als Strom genügt ihr ein ganz dünner Draht, um verhältnismäßig große Leistungen hervorzubringen; sobald sie aber in der Ruhe ist, verlangt sie einen geradezu unerhörten Maß. Nicht nur, daß sie in einem solchen Falle verschmähst, sich in dem geräumigen Innern eines Leiters niederzulassen, durch den sie in der Bewegung mit größter Bereitwilligkeit geht, und nur mit der alleräußersten Oberfläche vorlieb nehmen will, so verlangt sie auch noch auf dieser Oberfläche außerordentlich bequem zu sitzen, und wie anspruchsvoll die zur Ruhe gesetzte Elektrizität ist, mag man daraus ersehen, daß, wenn wir unsre Erdkugel auf einen Druck von hundert Volt laden, der also dem Spannungsunterschied an unsern Glühlampen entspricht, wir hierfür nur so viel elektrische Energie aufzuwenden haben, wie in einer Glühlampe während weniger als einer Sekunde Brennzeit aufgewendet wird.

Ungeachtet einer solchen Rauminanspruchnahme müssen wir den Gedanken aufgeben, die Elektrizität in ruhendem Zustande aufzubewahren. Zum Glück vermögen wir aber sie in eine andre Energieform umzuwandeln, welche sich durch sehr geringe Rauminanspruchnahme auszeichnet und aus welcher sie in einfachster Weise wieder gewonnen werden kann. Für diesen Vorgang gibt uns nun leider unser Wasserstrom keinen anschaulichen Vergleich, und wir müssen deshalb hier auf die Anwendung einer Analogie zur Vergleichung verzichten.

Durch die Anwendung der sekundären Stromerzeuger hat sich die Elektrotechnik seit wenigen Jahren erheblich erweitert, und wir dürfen nach dieser Richtung noch manche Umgestaltungen erhoffen, da schon der erste kurze Anfang so erhebliche Erweiterungen unsrer Technik herbeigeführt hat.

Bevor wir auf den nächsten Gegenstand eingehen, haben wir den Leser mit einem Grundgesetz der Elektrizitätslehre bekannt zu machen; es ist dies das Joulesche Gesetz, durch welches das Maß der elektrischen Energie ausgedrückt wird.

Wenn wir einen elektrischen Strom durch einen Leiter führen, so verwandelt er sich sofort in andre Energieformen, sei es nun in Wärme, in mechanische Energie, in chemische Energie u. s. w. Es wird diese Umwandlung auch in allen Teilen des Leiters stattfinden, und in einem und demselben Teile kann sich die elektrische Energie sogar in mehrere Formen verwandeln. Wenn wir nun wissen wollen, wieviel von der durch den Leiter geführten elektrischen Energie sich in einem bestimmten Leitungsstück verwandelt hat, so können wir dies aus dem Unterschiede der Spannungen an den beiden Enden des Leiters — an demjenigen, an welchem der Strom eintritt, und an dem, an welchem er das Stück verläßt — und aus der Stromstärke, sowie aus der Zeit, während welcher die Umwandlung stattgefunden hat, messen. Es wird nämlich dem Leiterstück durch den Strom ein Maß Energie zugeführt, welches gleich ist dem

$$\text{Spannungsunterschied} \times \text{Stromstärke} \times \text{Zeit,}$$

welches Produkt noch mit einer Verhältniszahl zu multiplizieren ist, das von den gewählten Einheiten abhängt.

Wenn wir also beispielsweise einem elektrischen Motor, wie wir ihn später kennen lernen werden, einen Strom zuleiten, so bewegt er sich und kann mechanische Arbeit abgeben. Wollen wir nun wissen, wieviel wir an Energie übergeben haben, so haben wir nur die Spannungsverschiedenheiten zwischen den beiden Klemmschrauben, welche den Strom dem Motor zu- bzw. abführen, und die Stromstärke zu messen und aus deren Produkt multipliziert mit der Zeit erfahren wir, wieviel Energie wir dem Motor zur Verarbeitung übergeben haben.

In gleicher Weise können wir auch ermitteln, wieviel ein beliebiges Stück Leitung an Energie aus dem Strom entnommen und in Verlust gebracht hat, ein Verlust, der als Erwärmung des Leiterstückes wiedererscheint.

Aus unserm obigen Ausdrucke können wir noch die Zeit entfernen. Derselbe bemißt die Leistung oder Arbeit eines Stromes in einem Leiterstück. Nun können wir diese Arbeit auch so gemessen denken, daß wir die in einer Zeiteinheit, in einer Sekunde geleistete Arbeit als Arbeitsintensität betrachten, ähnlich wie wir in der Mechanik die „Pferdekraft“ als eine gewisse Arbeit in einer Sekunde annehmen, und diese Arbeitsintensität mit der Dauer der Leistung multiplizieren.

So machen wir es auch bei der Bemessung der elektrischen Arbeit; wir fassen in unserm obigen Ausdrucke die beiden ersten Größen zusammen und erhalten dann in dem Produkte: Spannungsunterschied \times Stromstärke die Intensität der Arbeit des Stromes, seine Leistung in einer Zeiteinheit, in einer Sekunde. Mit dieser Größe werden wir demnach die elektrische Energie, sowohl wenn sie als Ursache wie als Wirkung auftritt, zu messen und — unter Berücksichtigung des Zeitmaßes — mit Quanten andrer Energieform zu vergleichen haben. Haben wir beispielsweise ein Quantum mechanischer Energie mit einem solchen elektrischer Energie zu vergleichen, und geben wir das erstere in Pferdekraft-Sekunden, das letztere in Volt-Ampère-Sekunden, so stellt sich das Verhältnis wie folgt: 1 Pferdekraft-Sekunde = 736 Volt-Ampère-Sekunden, oder wenn wir von beiden Seiten nur die Intensitätsgrößen nehmen

$$1 \text{ Pferdekraft} = 736 \text{ Volt-Ampère.}$$

In gleicher Weise bestehen auch für die andern Energieformen feste Maßbeziehungen zur elektrischen Form, und wir können daher für ein gewisses Maß elektrischer Energie, das nach Spannung, Stromstärke und Zeit in Volt, Ampère und Sekunden bestimmt ist, angeben, welchem Maße einer andern Energieform daselbe gleichwertig sein muß. Da nun nach dem bekannten Grundgesetze der Physik bei jeder Energieverwandlung stets ein gleichwertiges Maß der neuen Form aus der alten entwickelt wird, so sind wir im stande, aus der elektrischen Messung zu bestimmen, sowohl wieviel zur Erzeugung der elektrischen Energie von der andern Form angewendet worden ist, als auch welches Maß Energie ein Strom von bekannter Spannung und Stromstärke in einer bestimmten Zeit erzeugen muß.

Die Transformatoren.

Die Umwandlung der Spannung. Wenn wir einen Eisentern mit einer stromdurchflossenen Drahtspule umgeben, so wird er magnetisch, es gehen durch ihn Kraftlinien hindurch, strahlen am Nordpol aus und kehren zum Südpol zurück. Wenn ferner durch einen Eisentern, auf welchem eine geschlossene Spule sitzt, Kraftlinien hindurch gehen und diese Kraftlinien an Zahl zu- oder abnehmen, so entsteht bei jeder Zunahme, bei jeder Abnahme ein Stromstoß in der Spule. Setzen wir also, Fig. 99, auf einen Eisentern zwei Spulen, von welchem die eine von einem Wechselstrom durchflossen ist, so wird bei jeder Stromwelle die Zahl der Kraftlinien zu- und abnehmen, beim Stromwechsel sich die Richtung der Linien umkehren und ihre Zahl dann mit entgegengesetzter Richtung wachsen, dann wieder abnehmen, sich umkehren u. s. w. Die zweite Spule wird also von Kraftlinien durchströmt sein, welche sich in regelmäßiger Auf- und Niederbewegung ändern. Entsprechend diesen „periodischen“ Veränderungen werden daher auch Ströme in der zweiten Spule entstehen, und wir können sagen, daß die elektrische Energie der ersten, der erregenden Spule auf die zweite Spule übertragen wird, wenn diese Spule zu einem Stromleiter geschlossen ist.

Bei dieser Übertragung können wir nun aber die Zusammensetzung der Energie ändern. Wir sagten vorhin, daß die elektrische Energie eines stromdurchflossenen Leiters ausgedrückt wird durch

Stromstärke \times Spannung \times Zeit;
 der Ausdruck „Spannung“ ist hier abgekürzt für die Spannungsverschiedenheit an den Enden des Leiters gesetzt. Lassen wir nun, ohne das Maß elektrischer Energie für einen bestimmten Fall zu ändern, die Stromstärke ab- oder zunehmen, so muß dementsprechend die zugehörige Spannung größer oder kleiner werden. Ein gewisses Maß elektrischer Energie läßt sich also umformen, indem wir seine Stromstärke sich ändern lassen, was die entsprechende entgegengesetzte Änderung der Spannung bedingt.

Man kann also einen Strom von großer Stromstärke und niedriger Spannung in einen solchen umwandeln, welcher niedrige Stromstärke, aber hohe Spannung besitzt, und ebenso umgekehrt. Wir können z. B., um zunächst ein durchsichtiges Beispiel zu gebrauchen, einen Strom mit hoher Spannung und kleiner Stromstärke in einen der später zu beschreibenden elektrischen Motoren leiten. Dieser Motor erhält von der zugeführten elektrischen Energie so viel, als das Produkt: Stromstärke mal Spannung an seinen Klemmschrauben beträgt. Ein Teil dieser ihm übermittelten Energie geht in den Verlusten durch Reibung in den Lagern, Erwärmung der Drähte durch den Strom verloren, den größeren Teil verwandelt er in Bewegungsenergie. Jetzt lassen wir den Motor eine Dynamomaschine treiben, welche einen niedrig gespannten Strom gibt. Alsdann ist der hochgespannte Strom in einen solchen von niedrigerer Spannung verwandelt worden, und könnten wir ideale verlustfreie Verhältnisse annehmen, so würde die Stromstärke des verwandelten Stromes entsprechend der Verminderung der Spannung vergrößert erscheinen, da für beide Ströme das Maß elektrischer Energie gleich bleibt, also gelten wird:

$$\underbrace{\text{Hohe Spannung} \times \text{niedrige Stromstärke}}_{\text{zugeführter Strom}} = \underbrace{\text{Niedrige Spannung} \times \text{hohe Stromstärke}}_{\text{abgegebenen Strom.}}$$

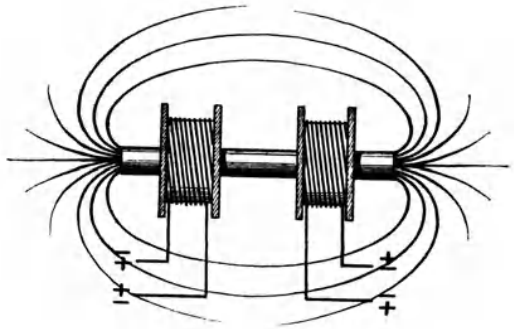


Fig. 99. Stromerzeugung durch Induktion.

Die unvermeidlichen Verluste bedingen natürlich, daß diese Gleichung bei Umwandlungen nur angenähert bestehen kann, aber der Leser wird erkannt haben, wie sich die Spannungen und entsprechend die Stromstärken verwandeln lassen.

Der Zweck solcher Umwandlungen. Welchen Nutzen können wir aus solchen Umwandlungen ziehen? Wir werden später sehen, daß man mittels derselben hohe Spannungen in besserer Weise erzielen kann, als durch unmittelbare Erzeugung. Aber dieser Vorteil kommt zunächst nicht in Frage. Hier haben wir es mit dem Nutzen zu thun, den die Umwandlung für die Übertragung von elektrischer Energie gewährt, und diesen Nutzen wollen wir mit einigen Worten erklären.

Die Verwendung des elektrischen Stromes für gewerbliche und andre Zwecke läßt es angebracht erscheinen, daß der Strom für eine größere Anzahl von Verbrauchsstellen nicht an jeder Verbrauchsstelle besonders, sondern an einer gemeinsamen Erzeugungsstelle erzeugt wird. Wenn in einer Stadt eine Anzahl Hausbesitzer geneigt ist, elektrische Beleuchtung in ihren Häusern einzuführen, dann sagen die Herren in neunundneunzig unter hundert Fällen: „Ich will es thun, wenn ich mich an ein Elektrizitätswerk anschließen lassen kann!“ An die Selbsterzeugung des Stromes geht man nicht so leicht, was angesichts der Kosten und der Umstände sehr erklärlich ist. Nun wohnen solche Verbraucher aber für gewöhnlich nicht dicht zusammen auf einem kleinen Gebiet, sondern sind über ein größeres Areal hin verteilt. Infolgedessen muß der Strom auf größere Strecken hin geleitet werden, und nimmt man an, daß die Erzeugungsstätte nicht mitten im Beleuchtungsgebiet liegen kann, sondern außerhalb derselben aufgestellt werden muß, so verlängern sich die Leitungen noch mehr. Denken wir beispielsweise in der Nähe einer Stadt, aber immerhin einige Kilometer davon entfernt, sei eine schöne Wasserkraft vorhanden. Was liegt näher als die Idee, diese billige Kraftquelle für die elektrische Beleuchtung der Stadt zu benutzen? Aber nun kommt der Übelstand. Wollen wir an den Verbrauchsstellen Strom von niedriger Spannung benutzen, dann muß die gesamte Stromstärke, welche für die Speisung des Verbrauchsgebietes, für die Stadt, angewendet werden muß, ziemlich bedeutend sein. Große Stromstärke bedingt aber dicke Leitungen, um so dicker, je länger die Leitung ist, denn der Verlust, den wir doch über einen gewissen Prozentsatz nicht hinauswachsen lassen dürfen, nimmt mit der Länge der Leitung zu und muß durch entsprechende Vergrößerung des Querschnittes der Leitungen auf das zulässige Maß vermindert werden. Das kostet aber Geld, denn die Leitungen müssen aus Kupfer hergestellt und sorgfältig isoliert und armiert werden. Kupfer ist aber nicht billig, und bei einer gewissen Entfernung der Verbrauchsstellen von der Erzeugungsstätte werden die Leitungen, wenn die niedrige Spannung beibehalten werden soll, schon so teuer, daß die Verzinsung ihres Anlagekapitals allen Gewinn auffriszt.

Mit Strom von niedriger Spannung kann also ein Beleuchtungsgebiet nur auf kürzere Strecken versorgt werden und über zwei Kilometer wird man nicht hinaus gehen können. Also müssen wir niedrigere Stromstärke und höhere Spannung anwenden, denn die kleinere Stromstärke erlaubt eine dünnere Leitung. Aber da geraten wir schon wieder in eine Sackgasse. Die höhere Spannung entspricht nicht mehr den Anforderungen, welche unsere Glühlampen erheben, und wird bei größerer Steigerung lebensgefährlich; wenn wir also theoretisch auch volle Freiheit haben, die Stromstärke bis auf ein Minimum zu bringen, indem wir die Spannung entsprechend erhöhen, so daß wir — wie ein französischer Schriftsteller sagt, „tausend Pferdekkräfte durch ein Schlüßelloch“, d. h. durch einen so dünnen Draht, der durch ein Schlüßelloch geht, führen können, in der Praxis sind wir durch sehr berechnete Anforderungen auf ein gewisses, nicht sehr hohes Maß beschränkt. Denn man wird es niemand verdenken können, wenn er es ablehnt, eine Leitung in sein Haus führen zu lassen, die ihn gelegentlich ein bißchen totschlagen kann.

Da wäre denn guter Rat teuer. Allein wir wissen uns zu helfen. Wir leiten einen Strom von hoher Spannung durch eine dünne Leitung von der Erzeugungsstätte bis in die Mitte der Verbrauchsstelle. Hier wird er zunächst in harmlosen Niederspannungsstrom verwandelt und alsdann durch stärkere, aber verhältnismäßig kurze

Leitungen den einzelnen Verbrauchern zugeführt. Nun handelt es sich nur noch darum, wie wir die Umwandlung am besten bewirken.

Zu diesem Zwecke könnten wir die oben angewendete Anordnung benutzen; wir könnten den hochgespannten Strom zum Betriebe eines elektrischen Motors und diesen für die Bewegung einer Dynamomaschine anwenden. Dieses Verfahren wird auch in der That neuestens benutzt, aber es läßt gegen dasfelbe einwenden, daß man dann außer der Erzeugungsstätte noch andre Betriebe zu überwachen hat, nämlich die der „Umformer“ — diesen Ausdruck hat W. Lahmeyer, einer der Hauptvertreter des genannten Systems, neuerdings eingeführt — und außerdem ist die mehrfache Umwandlung der Energie aus Strom in Bewegung, aus dieser wiederum in Strom, nicht vorteilhaft.

Es steht uns aber noch ein andres Verfahren zur Verfügung, das sich allerdings nur beim Wechselstrom anwenden läßt. Wenn wir nämlich in unsern Apparat, Fig. 99, durch die eine Spule Wechselstrom schicken, welcher also in der zweiten Spule Ströme erzeugen wird, so wird die in dieser letzteren Spule hervorgebrachte Spannung von der Anzahl der Windungen der Spule abhängen. Indem wir nun diese Anzahl passend wählen, können wir die Spannung des erzeugten Stromes auf eine gewollte Höhe bringen.

Die Entwicklung der Transformatoren. Die Umwandlungsvorrichtung, welche wir eben in ihrem Prinzipie kennen gelernt haben, wird neuerdings allgemein „Transformator“ genannt, doch ist diese Bezeichnung auf diejenigen Vorrichtungen zu beschränken, welche Starkströme in ihrer Spannung umwandeln und zur Verteilung des Stromes benutzt werden. Apparate, welche nur für schwächere Ströme dienen, hat man schon vor mehr als einem halben Jahrhundert gekannt und als „Induktionsapparate“ bezeichnet; aus ihnen ist der Transformator hervorgegangen und kann als besondere Art derselben angesehen werden, er bildet aber durch seine besondere Verwendung und durch seine Ausbildung für dieselbe eine spezielle Art der Induktionsapparate.

Vergleichen wir den Induktionsapparat in dem allgemeinen Sinne, in welchem er auch die Transformatoren umfaßt, mit einer Wechselstrom- oder auch mit einer Gleichstrommaschine, so finden wir, daß beide Vorrichtungen insofern gleich sind, als in beiden Arten Ströme in Spulen durch das Auf- und Abschwellen von Kraftlinien, welche durch die Spulen gehen, erzeugt werden. Aber bei der Wechselstrom- wie bei der Gleichstrommaschine verändern sich die bestehenden Kraftlinien nicht in ihrer Zahl, nur ihre Lage zu den Spulen ändert sich, die Spule bewegt sich durch das magnetische Feld und aus dieser Bewegung entsteht die Änderung der von ihr umfaßten Zahl der Kraftlinien. In den Induktionsapparaten dagegen verändert die induzierte Spule ihre Lage zum induzierten Magneten nicht, nur die Zahl und Richtung der Kraftlinien wechselt.

Diese Abwesenheit jeder Bewegung bedeutet für den Transformator einen wesentlichen praktischen Vorteil. Die Spulen können in ein Gehäuse eingeschlossen werden und liegen dort, trotz aller Umwandlungsthätigkeit, ruhig und still, nein, nicht still, denn die Transformatoren begleiten ihre Arbeit mit einem vielleicht für sie, aber nicht für uns sehr erfreulichen Drummen. Aber es genügt schon, daß sie keine Bewegungsfreiheit verlangen und darum auch nicht Wartung, wie sie bei bewegten Vorrichtungen nicht zu entbehren ist, erfordern. Wir leiten also in die induzierende Spule einen Wechselstrom von hoher Spannung ein und erhalten dann aus der zweiten Spule ebenfalls einen Wechselstrom, dessen Spannung wir durch die Bemessung der Anzahl der Windungen beliebig wählen können. Gestalten wir unsre Vorrichtung nun derart, daß die gesamte elektrische Energie, welche in die erste Spule eingeleitet wird, ohne Verlust in der zweiten Spule wieder erscheint, wobei sich die hohe Spannung in niedrigere, die Stromstärke des eingeleiteten Stromes aber in eine größere verwandelt, so haben wir demnach in die Leitung nur eine solche Induktionsvorrichtung einzuschalten, um die Spannung in gewünschter Weise ohne Verlust zu vermindern und den Strom für unmittelbare Verwendung brauchbar zu machen.

Ohne jeden Verlust geht allerdings die Umwandlung nicht vor sich, allein wie unsre weitere Darstellung zeigen wird, hat die Ausbildung der hier geschilderten Verfahren den unvermeidlichen Verlust auf ein Minimum zu reduzieren gewußt.

Der erste Induktionsapparat ist mit der Erfindung der Induktion entstanden und von dem Entdecker, von Faraday selbst angegeben worden. Unsere Figur 100 gibt ein ungefähres Bild dieser Anordnung. Läßt man durch Schließung einer Batterie, welche mit der Drahtspule H' verbunden ist, in dieser Spule einen Strom entstehen, so entstehen auch gleichzeitig die Kraftlinien, welche aus dem unteren Ende nach der Spule H herüber und teilweise durch die Windungen derselben gehen. Dieses Eintreten und Anschwellen der Kraftlinien erzeugt dann einen Stromstoß in der Spule H , der sich am Galvanometer G wahrnehmbar machen wird. Unterbrechen wir den Strom, so verschwinden die Kraftlinien und ihr Abschwellen erzeugt einen erneuten Stromstoß in H , welcher die entgegengesetzte Stromrichtung des ersten hat. Um die Kraftlinien sämtlich für diese Wirkung auszunutzen, machen wir die untere Spule so weit, daß wir die obere in den Hohlraum der unteren stecken können.

Setzen wir in die Höhlung der Spule H' noch einen Kern aus Eisen oder besser aus zerteiltem Eisen, ein Bündel Eisendrähte, so verbessern wir den Weg für die Kraftlinien und erzielen eine größere Wirkung.

Dieser Faradaysche Apparat hatte nur den Zweck, die Übertragung der elektrischen Energie durch Induktion darzutun; eine Umwandlung der Spannung sollte dabei

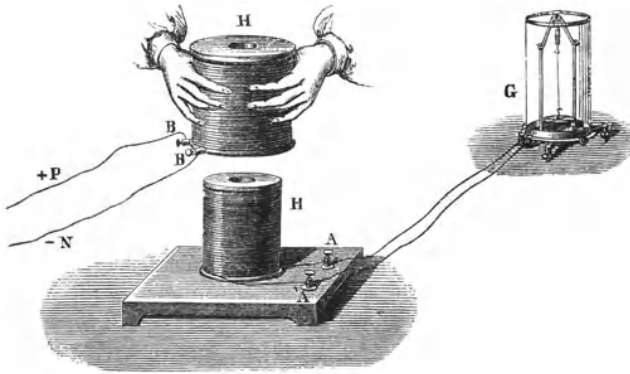


Fig. 100. Induktionsspulen.

nicht bewirkt werden. Erst Ruhmkorff kam darauf, die Übertragung mit der Spannungsänderung zu verbinden, und ihm verdanken wir die Erfindung stufenförmiger Übertragung. Wir haben aber zu erwähnen, daß Ruhmkorffs Erfindung zwar diejenige gewesen ist, welche den Induktionsapparat für die Spannungsverwandlung fruchtbar gemacht hat; der erste, der den Apparat für diesen Zweck benutzt hat,

ist er nicht gewesen, vielmehr hat der amerikanische Elektriker Page schon bald nach Faraday und zwar im Jahre 1836 Induktionsapparate zur Erhöhung der Spannung konstruiert. Seine Erfindung hat aber wenig Beobachtung gefunden, und erst Ruhmkorff lenkte mit seinen Apparaten die Aufmerksamkeit der Physiker auf die außerordentliche Befähigung des Induktionsapparates, hochgespannte Ströme zu erzeugen.

Ruhmkorff heißt eigentlich Rühmkorff, und so schreiben sich noch heute seine in Hannover lebenden Verwandten. Er ging aber als junger Mechaniker nach Paris und ließ dort die zwei Punkte über dem u fallen, weil die Franzosen kein Verständnis dafür hatten und außerdem auch ohne dieselben seinen Namen richtig auszusprechen, während die Deutschen heutzutage die unrichtige Aussprache angenommen haben.

Im Jahre 1848 baute er die ersten Induktionsapparate für hohe Spannung, welche den Zweck hatten, Funken zu erzeugen, wie sie eine Elektrifiziermaschine gibt. Hier war also ein Apparat geschaffen, der niedriggespannte Ströme in solche von hoher Spannung umwandelt und zwar von ungewöhnlich hoher Spannung. Ruhmkorff erreichte dies, indem er die Zahl der induzierten Windungen außerordentlich vergrößerte, und um dies zu erreichen, mußte er nicht nur einen sehr dünnen Draht für die induzierte Leitung nehmen, um die genügende Länge auf die Rolle bringen zu können, sondern auch besondere Verkehungen treffen, damit der hochgespannte Strom nicht in der Spule selbst einen Ausweg und Ausgleich suchte. Zur Ausführung der Idee, die Spannung durch Vermehrung der Windungen zu erhöhen, mußte also ein nicht gewöhnliches Maß Mechanikergeschicklichkeit

aufgewendet werden, und hierin liegt zum Teil das Verdienst Ruhmkorffs an der Erfindung begründet.

Man vergegenwärtige sich, daß in den Ruhmkorffschen Funkeninduktoren 10 und neuestens bis zu 60 Kilometer eines haarfeinen Drahtes, der mit Seide gut übersponnen sein muß, unter Aufwendung der größten Sorgfalt aufgewickelt sind, und daß bei der Herstellung peinlich darauf geachtet werden muß, die Isolation zu sichern; man wird dann anerkennen, daß die Erfindung eine große Leistung war und der Erfinder den Volta-Preis von 50 000 Frs., welchen ihm Napoleon III. verlieh, wohl verdient hatte.

Der Ruhmkorffsche Apparat hatte drei Jahrzehnte hindurch nur eine wissenschaftliche Bedeutung. Erst im Jahre 1878 kam Jablochkoff auf die Idee, ihn für die elektrische Beleuchtung zu benutzen, jedoch nicht in dem Sinne, wie heute der Transformator angewendet wird, vielmehr charakterisiert sich die Erfindung Jablochkoffs als ein Verfahren zur Teilung des elektrischen Lichtes, welche damals (1878) noch ein Problem bildete. Zu diesem Zwecke hatte der Erfinder eine elektrische Lampe konstruiert, bei welcher ein Kaolinstückchen durch einen Funkenstrom weißglühend gemacht wurde und Licht ausstrahlte. Um die zur Erzeugung der Funken nötige Spannung zu erzielen, wurde jeder Lampe ein kleiner Ruhmkorffscher Apparat beigegeben und die Reihe dieser Apparate in einen Leitungsdraht eingeschaltet, welcher von Wechselstrom durchflossen wurde.

In ähnlicher Weise suchten auch andre Erfinder die Induktionsspule für die elektrische Beleuchtung zu verwenden, so E. S. Gordon, der sie zum Betriebe einer Glühlampe verwenden wollte, bei welcher der Funke zwischen Platinspitzen übersprang und diese in Weißglut brachte.

Bei diesen Vorrichtungen sehen wir den Induktionsapparat als Nothelfer, zur Erzeugung von Funken angewendet. Der leitende Gedanke des Wechselstromsystems, eine Ersparnis an Leitungsmaterial zu erzielen, kommt bei diesen Verwendungen nicht in Betracht, die Systeme stehen mit dieser Idee sogar in gewisser Weise im Widerspruch, als sie aufsteigende Umwandlung, von der niederen zur höheren verwenden. Erheblich näher kam der Sache ein Amerikaner Fuller, welcher die Anwendung von Stromabzweigung durch Induktionsapparate dazu benutzen wollte, um die durch einen Stromkreis betriebenen Bogenlichter unabhängig voneinander zu machen. Dieses Problem ist einige Jahre später in einfacherer und besserer Weise gelöst worden; damals beschäftigte es aber noch die Erfinder, und so hatte die Fullersche Anordnung für jene Zeiten eine gewisse Bedeutung.

Der Sekundär-Generator von Gaulard & Gibbs. Die bis jetzt genannten Erfinder hatten im wesentlichen der Erzeugung höherer Spannungen oder die abzweigende Übertragung des Stromes aus einer Hauptleitung bezweckt. Der ökonomische Vorteil, der in der Anwendung der Transformation liegt, war ihnen entgangen. Der erste, der diesen für das ganze System wichtigsten Punkt erkannte und auszunutzen suchte, war Gaulard, und ihm, der wie mancher bedeutende Erfinder traurig untergegangen ist, gebührt der Ruhm, das Transformatorensystem in die Technik eingeführt zu haben.

Der „Sekundär-Generator“ von Gaulard & Gibbs bestand aus geraden Induktionsspulen (Fig. 101), welche zu 4, 8 u. s. w. auf einer gemeinsamen Grundplatte standen und durch eine geeignete Schaltungsvorrichtung in verschiedener Weise miteinander verbunden werden konnten, um die sekundären Windungen zur Änderung der Spannung parallel oder hintereinander zu schalten. In gleicher Weise können auch die primären Windungen der Spulen einzeln oder zu mehreren eingeschaltet und verschieden verbunden werden. Zur Regulierung der Spannung sind die Kerne der Elektromagnete verstellbar gemacht, so daß sie mehr oder weniger tief in die Spulen eintauchen. Ihre veränderte Stellung wird eine Veränderung der Induktionswirkung und damit eine Änderung der elektromotorischen Kraft im sekundären Stromkreis hervorbringen.

Solche Sekundär-Generatoren wurden nun an den Verbrauchsstellen aufgestellt und hintereinander in den Stromkreis einer Wechselstrommaschine eingeschaltet, wie das Schema Fig. 102 erkennen läßt. Wir haben es also auch hier noch mit einer induktiven Stromabzweigung zu thun, und insofern stehen Gaulard & Gibbs noch auf dem Standpunkte ihrer Vorgänger. Sie unterscheiden sich aber wesentlich von denselben da-

dadurch, daß sie den Hochspannungsstrom zur Erzielung einer Ersparnis in den Leitungskosten und mit Verwandlung desselben auf eine niedrige und ungefährliche Spannung verwenden. Hochspannung in Verbindung mit Reihenschaltung war ja schon vor Gaulard & Gibbs und mit bewußter Absicht, eine Ersparnis an Leitung zu erzielen, in Benutzung, allein diese Systeme konnten immer nur beschränkte Anwendung finden, und erst, nachdem Gaulard & Gibbs die Idee gefaßt und verwirklicht haben, den Strom von

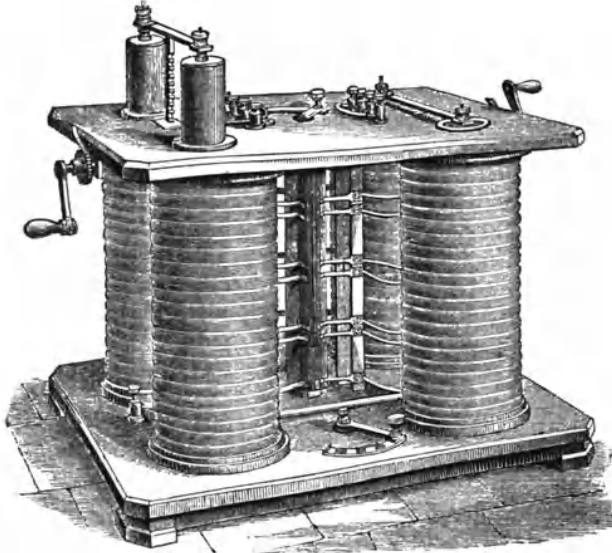


Fig. 101. Sekundärgenerator von Gaulard & Gibbs.

der gefährlichen Spannungsstufe auf die ungefährliche niedersteigen zu lassen, war dem Hochspannungssystem eine unbeschränkte Verwendung ermöglicht worden. Gaulards Erfindung bildet logisch und historisch den Anfang unsres heutigen Wechselstromsystems, sofern man den ökonomischen Gesichtspunkt als den maßgebenden anerkennt.

Der Transformator von Ganz & Co. Aber auch nur den Anfang; die Fortentwicklung und Ausbildung des Transformatorensystems zur allgemeinen Verwendung verdanken wir den Elektrikern der Firma Ganz & Co., den Herren Zipernowsky, Déri und Bláthy. Um dies

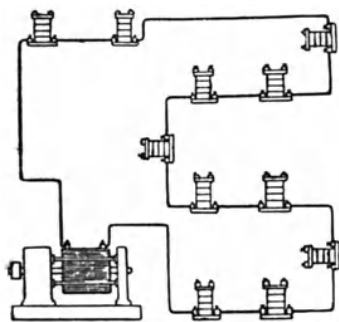


Fig. 102. Schaltung der Sekundärgeneratoren von Gaulard & Gibbs.

erkennen zu lassen, müssen wir zeigen, welche Mängel das System von Gaulard & Gibbs hatte. Wir sehen zunächst, daß die Induktionsspulen dieses Systems gerade Säulen waren. Demzufolge mußten die Kraftlinien, welche die primäre Spule erzeugt, von Nordpol durch die Luft nach dem Südpol zurückkehren; sie fanden deshalb für eine große Strecke keinen guten Weg. Wir haben aber schon bei den Dynamomaschinen gesehen, daß es notwendig ist, den Kraftlinien möglichst auf der ganzen Strecke einen Eisenweg zu bieten und die Unterbrechung desselben so kurz als möglich zu machen. Der große Luftweg bei den Gaulardschen Apparaten bedingt aber auch, daß die Kraftlinien kürzere Wege für den Schluß suchen, wobei sie einen Teil der sekundären Windungen umgehen, also für die Induktionswirkung verloren werden.

Diesen Mangel beseitigten die Elektriker von Ganz & Co. dadurch, daß sie ihren Transformatoren einen geschlossenen, ringförmigen Eisenkern gaben, so daß die Kraftlinien nur in Eisen laufen. Außerdem gaben sie den primären und sekundären Wicklungen eine solche gegenseitige Lage, daß jeder Verlust an Kraftlinien durch Umgehung der sekundären Windungen — die Streuung

vermieden blieb. Hierdurch erzielten sie ein Minimum des Verlustes bei der Übertragung, und der auf diese Weise verbesserte Transformator ist als eine Art Durchgangsapparat zu betrachten, welcher nahezu die gesamte elektrische Energie, welche ihm zugeführt wird, in erniedrigter Spannung weitergibt, und zwar unter Aufrechterhaltung des Umsetzungsverhältnisses d. h. des Verhältnisses der Spannung des primären zu der des sekundären Stromes. Wird also die Primärspannung auf fester Höhe erhalten, so wird auch die sekundäre

Spannung gleich bleiben, gleichviel ob viel oder wenig Energie durch den Transformator geleitet wird. Dies ist aber eine wesentliche Bedingung für die praktische Verwendung des

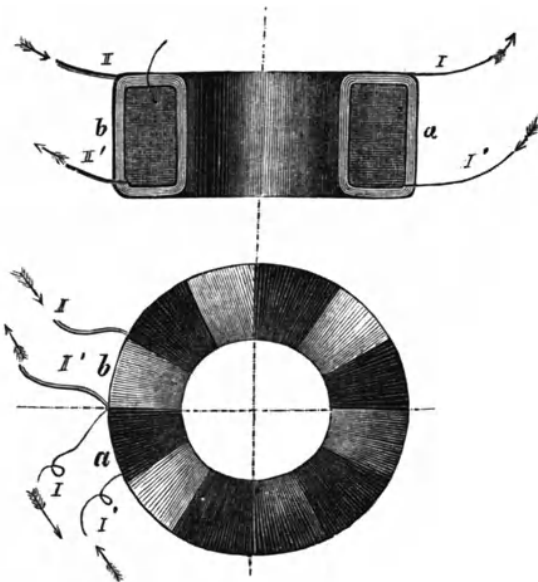


Fig. 108. Transformator mit innerem ringförmigen Eisentern; Kerntransformator.

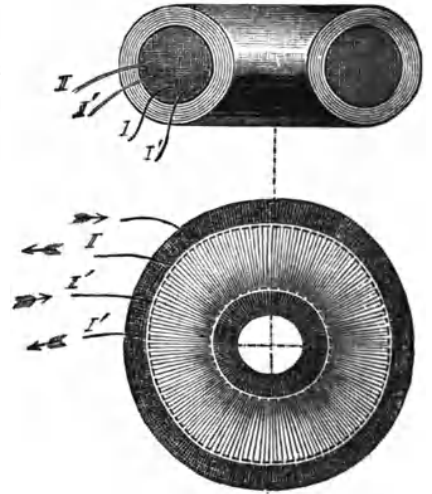


Fig. 104. Transformator mit umgelegtem Eisentern; Manteltransformator.

Transformators. Wenn beispielsweise ein Transformator für die Speisung von 50 Glühlampen dient, so werden bald 2, bald 20, bald alle 50 Lampen gleichzeitig brennen; der Transformator hat also sehr verschiedene Energiemengen abzugeben, die aber stets unter gleicher Spannung stehen müssen, denn die Glühlampe erfordert, wie wir später sehen werden, eine feste Spannung.

Die Apparate von Gaulard & Gibbs konnten diese Erhaltung der Spannung nicht selbstthätig leisten, sondern bedurften einer mechanischen Regulierung, und insofern bedeuten die Transformatoren von Ganz & Co. einen wesentlichen Fortschritt.

Die Erhaltung der festen Spannung der primären Wicklung wird am einfachsten erzielt, indem man die Transformatoren parallel, nicht wie Gaulard & Gibbs hintereinander mit dem

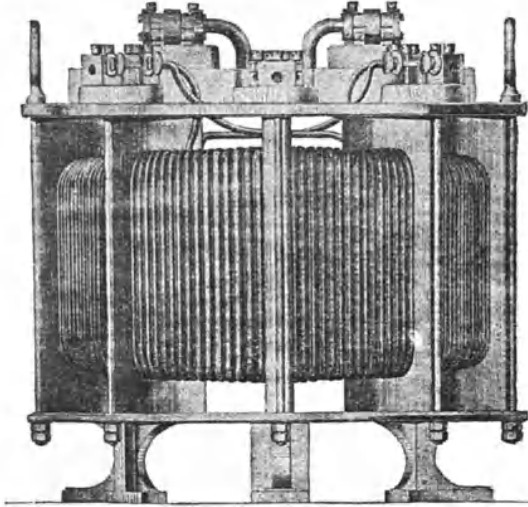
Stromkreis verbindet, und, da die Parallelschaltung, wie wir später sehen werden, die beste Anordnung für die Stromverteilung gibt, so gewinnt man in den parallelgeschalteten Transformatoren von



Fig. 105. Älterer Transformator von Ganz & Co.; Manteltypus.

Ganz & Co. ein vollkommenes System der Verteilung der elektrischen Energie unter Benutzung von Hochspannung.

Die Firma Ganz & Co. hat für ihre Transformatoren zwei Anordnungen angegeben. Bei der ersten Art sind die primären, die Hochspannungswindungen und die sekundären, die der Niederspannung, wie die Windungen eines Gramme-Ringes auf einen ringförmigen Kern aus Eisendrähten gewickelt, wie Fig. 103 dies zeigt. Transformatoren



dieser Art heißen Kerntransformatoren, weil bei ihnen die magnetischen Linien durch einen umwickelten Eisenkern gehen. Diese Anordnung läßt sich vertauschen, indem wir die Windungen als flache Spulen konstruieren und die Enden des Eisenkernes, den sie umgeben, sich um die Außenseite des Spulens rings biegen lassen, so daß das Eisen die Spulen wie ein Mantel umgibt. Wir gewinnen dann die zweite Art, die Manteltransformatoren, deren Schema uns Fig. 104 gibt.

Die Firma Ganz & Co. hatte anfänglich die Mantelanordnung für ihre Transformatoren gewählt und Fig. 105 gibt eine Ansicht des Apparates der Budapester Firma. Seit längerer Zeit und in vor-

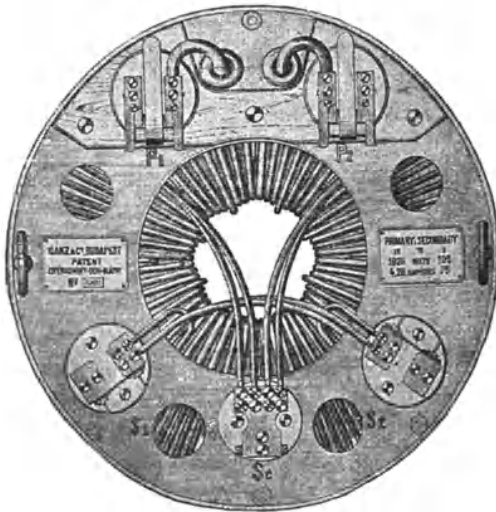


Fig. 106. Neuerer Transformator von Ganz & Co.; Kerntypus.

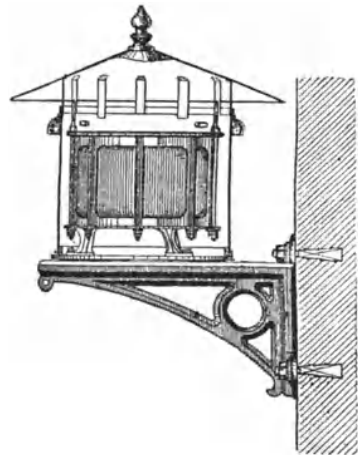


Fig. 107 Transformatorshell.

wiegendem Maße baut sie ihre Transformatoren als Kerntransformatoren, deren Konstruktion uns Fig. 106 erkennen läßt. Auf einem zu einem Ring geschlossenen Kern aus Bandeseisen, dessen einzelne Blätter durch Zwischenlagen isoliert sind, wird zuerst die dünn-drähtige Bewicklung gebracht und über diese dann der dickere Draht der sekundären Windungen gelegt. Beide Wicklungen werden auf der Oberfläche des Kernes gleichmäßig verteilt und sind voneinander wie auch vom Eisenkern sorgfältig isoliert. Der so hergestellte Apparat wird durch radial gestellte Holzklammern fest eingefast und zwischen zwei ringförmige Eisenplatten gepreßt, so daß er von den Metallteilen des Gestelles zuverlässig

isoliert bleibt. Auf der oberen Platte sind die Zuführungs- und Ableitungsklemmen, sowie Abschmelzsicherungen angebracht, auf die wir in einem andern Kapitel zu sprechen kommen. und den Verhältnissen in ausgemauerten Erbkästen oder in Kellerräumen, zuweilen auch, und zwar bei oberirdischer Leitungsführung, auf Konsolen, welche an den Außenmauern der Häuser angebracht sind (Fig. 107) oder in besonders aufgestellten Transformatorensäulen, wie sie Fig. 108 zeigt. Immer wird Sorge getragen, daß der Transformator für Unberufene unzugänglich bleibt, und dies ist mit Rücksicht auf die hohe Spannung der primären Leitung unbedingt notwendig.

Verschiedene Transformatorentypen. Die Erfolge des Wechselstromsystems von Ganz & Co. lenkten die Aufmerksamkeit der elektrotechnischen Fachwelt auf dieses neue Verteilungssystem, und so entstanden nunmehr rasch neue Transformatorentypen. In Amerika war es die „Westinghouse Co.“, welche das System zuerst und mit großer Energie aufnahm, und zwar in Verbindung mit Gaulard, dessen Patente sie erworben hatte. Die Patente von Ganz & Co. hatte die amerikanische „Edison-Gesellschaft“ gekauft — um sie nicht zu benutzen, ein einfaches Verfahren, um den gefährlichen Konkurrenten ihres Gleichstromsystems unschädlich zu machen.

Für die „Westinghouse Co.“ konstruierte der Elektriker der Gesellschaft Stanley den in Fig. 109 abgebildeten Transformator, der aus zwei flachen Spulen besteht. Der Eisenkern des Transformators wird aus dünnen E-förmigen Eisenblechen hergestellt, die man in bezw. um die Spule legt. Zu diesem Zwecke trägt der obere und untere Arm des E angelegte Lappen (Fig. 110), welche beim Einsetzen des Bleches aufgebogen werden. Man schiebt nun den Mittelbalken des E in den Hohlraum der flachen Spulen und biegt dann die Lappen gerade, so daß der Doppelring aus Blech beide Spulen umgibt. Nun wird ein neues Blech und zwar von der andern Seite her eingesetzt, so daß also die Schnitte zwischen Lappen und Mittelbalken durch den Querbalken des E verdeckt werden. So baut man, die Bleche abwechselnd von der einen und der andern Seite einschließend, den Eisenkern auf, wobei zwischen je zwei Bleche eine isolierende Papierschicht gelegt wird. Schließlich werden auf die beiden Enden des Mantels eiserne Rahmen gelegt, welche durch Schraubenbolzen verbunden sind und die Eisenbleche zusammenhalten. Um die Vorrichtung unter sichere Verdeckung zu bringen, wird sie in einen Kasten aus Eisen gebracht; der fertige Transformator erhält dann das Aussehen, wie es Fig. 111 zeigt, welche allerdings nicht den Transformator der „Westinghouse Co.“ darstellt, sondern einen verwandten Typus. Wir geben aber diese Abbildung, weil man an ihr die Anbringung des „Abschmelz-Ausschalters“ erkennen kann.

In andrer Form stellt ein englischer Wechselstromtechniker, Ferranti, dessen wir später bei der Beschreibung des großen Deptford-Elektrizitätswerkes zu gedenken haben, seine Transformatoren her. Er wickelt die Spulen, die primären über die sekundären, auf einen Kern, der aus geschichteten Eisenblechen besteht; die Bleche sind mehr als doppelt so lang als die Spulen und ragen an beiden Enden gleich weit aus den Umwindungen heraus. Nach fertiger Verwicklung werden die hervorstehenden Stücke der Bleche umgeschlagen, so daß ihre Enden übereinander zu liegen kommen, wie dies aus Fig. 113 ersichtlich ist. Das Ganze wird dann in ein gußeisernes Gestell gebracht und zeigt

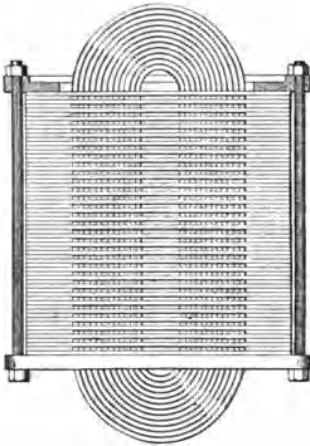
dann das Äußere, wie Fig. 112 es wiedergibt.

Die Anordnung und Aufstellung der Transformatoren. Die Anordnung der Transformatoren im Beleuchtungsgebiet kann sehr verschiedenartig gewählt werden. Insbesondere lassen sich zwei Systeme unterscheiden. Bei dem ersten wird jedem

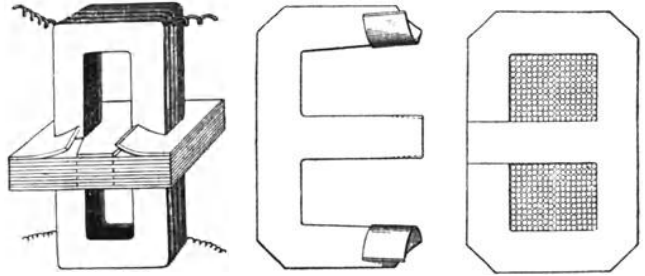


Fig. 108. Transformatorssäule.

Transformator nur eine beschränkte Anzahl Lampen zur Versorgung zugewiesen, so daß also viele kleine Transformatoren zur Verwendung kommen. Das andre System dagegen benutzt wenige, aber große Transformatoren, welche ein größeres Beleuchtungsgebiet zu speisen haben; es werden also gewissermaßen Zentralen zweiter Ordnung geschaffen, welche von der Hauptzentrale betrieben werden und ihrerseits den Strom nach allen Richtungen hin ausschießen. Bei dem letzteren System wird offenbar stets eine große Anzahl von Lampen von dem richtigen Funktionieren des Transformators abhängig sein, und Unfälle bei demselben ziehen also ein größeres Beleuchtungsgebiet in Mitleidenschaft, als es bei dem ersteren System der



A
Fig. 109. Transformator der „Westinghouse Co.“



B
Fig. 110. Eisenblechschleife für den Kern des Westinghouse-Transformators.

Fall sein kann. Dafür ist die Überwachung der wenigen großen Transformatoren leichter als die der vielen kleinen, und auch die Anlagekosten dürften bei dem zweitgenannten System geringer sein.

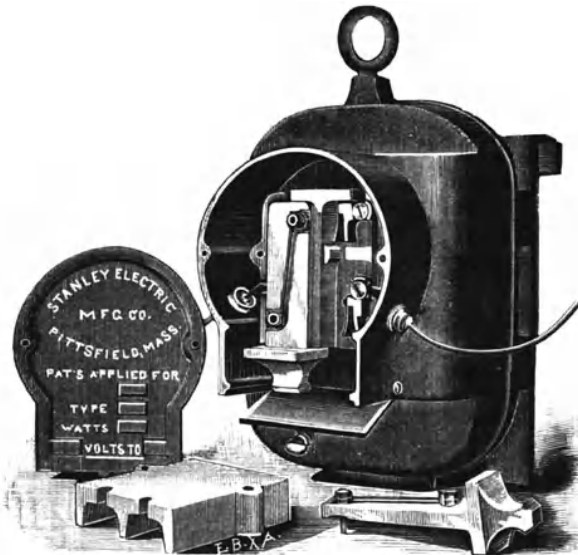


Fig. 111. Schutzkasten für den Stanley-Transformator.

Das erste System mit vielen kleinen Transformatoren wendet die „Westinghouse Co.“ an. Nach echt amerikanischer Weise hat sie sich die Aufstellung so einfach und bequem als möglich gemacht. Sie setzt die Transformatoren auf die Stangen, welche die Leitungen tragen und stellt bei jedem Hause, dem sie Strom zuführt, einen solchen kleinen Transformator auf, dessen sekundäre Drähte unmittelbar nach dem Gebäude abzweigen. (Vergl. Fig. 114.) Bei uns ist ein solches Verfahren kaum statthaft. Unfre Behörden werden wohl nie die Föhrung von Luftleitungen mit Hochspannungsstrom in den Straßen einer Stadt erlauben, und so sind wir darauf angewiesen, die Transformatoren in sicheren

Räumen in den Häusern, in Kellern oder ähnlichen Räumlichkeiten unterzubringen.

Um dem Leser ein Bild zu geben, wie sich die Aufstellung der Transformatoren und die Leitungsföhrung bei Luftleitungen gestaltet, geben wir bestehende kleine Abbildung einer Straße in Dieulefit, einem französischen Örtchen im Departement Drôme, welches von

der Firma Ganz & Co. mit einer Wechselstromanlage versehen ist. Zum Betriebe dient eine tief im Gebirge versteckte Wasserkraft, die 5 km von Dieulefit und 14 km von dem ebenfalls mit Strom versorgten Städtchen Valtréas entfernt ist. Von dem Maschinenhäuschen, das unsere Fig. 115 mit seiner bergigen Umgebung wiedergibt, gehen die Doppelleitungen, blanke Kupferdrähte auf Telegraphenstangen, zu den beleuchteten Städten und in denselben zumeist über die Dächer. Von ihnen gehen die Zweigleitungen zu den auf Konsolen aufgestellten Transformatoren (Fig. 116), und aus diesen laufen dann die sekundären Leitungen zu den Häusern. Natürlich ist Sorge getragen, daß die Hochspannungsleitung gegen jede Verührung sicher gestellt ist. Die Anlage, so klein wie sie ist, nimmt doch das Interesse des Fachmannes wie des Laien in Anspruch, weil sie zeigt, wie mit Hilfe des Wechselstromsystems eine entfernte Wasserkraft nutzbar gemacht und zwei Landstädtchen mit elektrischer Beleuchtung versorgt werden können.

Gleichstromtransformatoren.

Wir haben noch der Gleichstromtransformatoren zu gedenken, welche zwar bisher noch keinen Eingang in die Praxis gefunden haben, an deren Ausbildung aber mehrere hervorragende Elektrotechniker arbeiten. Wie wir schon früher dargelegt haben, kann man hochgespannten Gleichstrom in einen elektrischen Motor leiten und die von diesem erzeugte Betriebskraft zur Bewegung einer Dynamomaschine benutzen, welche Niederspannungsstrom gibt. Diese Transformation entbehrt aber des Vorzuges der Wechsel-

stromtransformation, welche ohne Bewegung irgend welcher Teile vor sich geht. Andererseits hat die Gleichstromtransformation Vorteile, welche das andre System nicht bietet. Wir werden später sehen, daß manche Wirkungen des Stromes entweder nur mit Gleichstrom oder doch besser als mit Wechselstrom erzielt werden können. Dann aber schreibt man dem Wechselstrom wegen seiner stärkeren Wirkung auf den Organismus eine größere Gefährlichkeit zu. Ob dies ein triftiges Argument ist, lassen wir dahingestellt; wahrscheinlich wirkt ein Gleichstrom von 3000 Volt ebenso sicher tödend, wie ein Wechselstrom von dieser Spannung, und sollen einmal solche Spannungen angewendet werden, dann wird es für den Erschlagenen kaum von Bedeutung sein, ob er durch Gleichstrom oder durch Wechselstrom um sein Leben gekommen ist.

Sehen wir von den vergleichsweisen Vorzügen beider Transformatorensysteme ab, so bleibt für die Gleichstromtransformatoren noch eine Schwierigkeit bestehen, welche in der

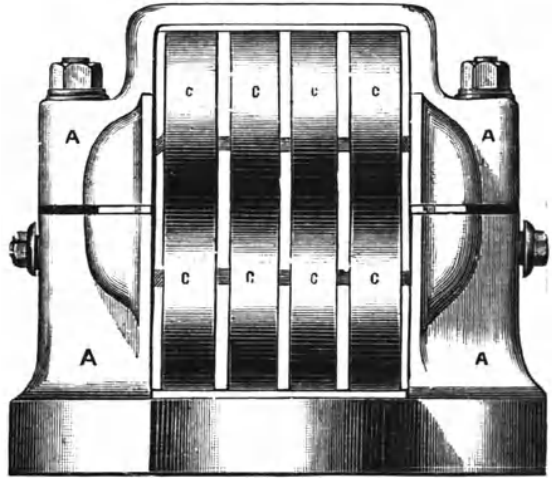


Fig. 112. Ferranti-Transformator; Außenansicht.

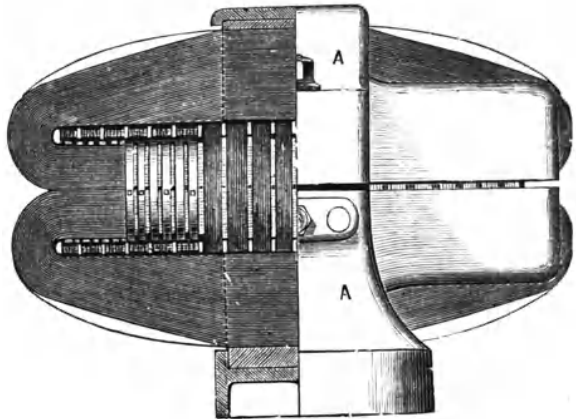


Fig. 113. Ferranti-Transformator im Gehäuse.

Anwendung von hochgespanntem Strom zum Betriebe von Elektromotoren begründet ist. Marcel Deprez, der zuerst den Gleichstrom für eine Kraftübertragung auf größere Entfernung zu benutzen suchte, konnte nur ungenügende Erfolge verzeichnen; allerdings arbeitete er mit der ungewöhnlich hohen Spannung bis über 6000 Volt, und man war zu jener Zeit (1886) mit der Behandlung solcher hochgespannter Ströme noch nicht sehr vertraut. Mit bescheideneren Ansprüchen haben die englischen Elektrotechniker Paris und Scott eine Gleichstromtransformation versucht und bei ihren Vorrichtungen ein verhältnismäßig günstiges Ergebnis erzielt. Ihr Transformator, der auf der Ausstellung in Newcastle vorgeführt wurde, speiste etwa 60 16-kerzige Glühlampen; die Primärspannung betrug

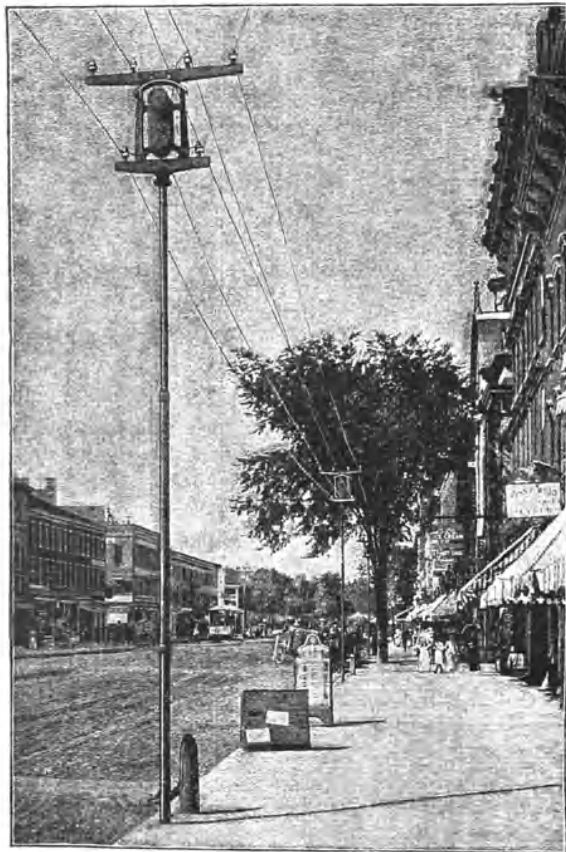


Fig. 114. Leitungsanlage der „Westinghouse Co.“ mit Transformatoren.

etwa 350 Volt, bleibt also weit hinter den großen Spannungen von heutzutage, welche von 3000 Volt schon auf 10 000 Volt und bei der Lauffener Versuchsanlage sogar bereits auf 25 000 Volt gestiegen sind, weit zurück.

In Deutschland hat sich insbesondere die Firma Schuckert & Co. mit Gleichstromtransformation befaßt; die von ihr gewählte Anordnung war die schon erwähnte, eine Verbindung von elektrischem Motor mit einer Niederspannungsmaschine.

Wesentliche Neuerungen brachte W. Lahmeyer in Frankfurt am Main in das System, indem er auf die Verbindung zweier Maschinen verzichtete und Motor und Niederspannungsdynamo zu einer Maschine vereinigte. Es ist dies zwar schon früher von englischen Elektrotechnikern versucht worden, jedoch ohne daß sie erhebliche Erfolge erzielt hätten, weil es ihnen nicht gelang, im Niederspannungsstrom bei wechselnder Inanspruchnahme die Spannung auf konstanter Höhe zu erhalten. Je

stärker nämlich der aus der Dynamo entnommene sekundäre Strom wird, desto mehr wird der Motor belastet, er wird in-

folgedessen, wir verweisen auf das spätere Kapitel über elektrische Motoren, langsamer laufen. Die Dynamomaschine erfordert aber eine feste Umlaufgeschwindigkeit, um ihre Spannung auf konstanter Höhe zu erhalten, und so war es nicht zu vermeiden, daß die höhere Inanspruchnahme die Spannung im sekundären Leitungsnetze sinken machte.

Lahmeyer hat diesen Mangel durch ein einfaches Mittel beseitigt. Zunächst wollen wir sehen, wie er Motor und Dynamo zu einer Maschine vereinigt. Zu diesem Zwecke gibt er dem Trommelanker einer Dynamomaschine (Fig. 117) eine doppelte Bewickelung, die eine von dünnem, die andre von dickem Draht und versieht jede Bewickelung mit einem besonderen Kollektor. Wird jetzt ein Strom durch die dünndrähtige Bewickelung geschickt, so läuft die Maschine als Motor. Der Umlauf der Trommel bewirkt aber, daß jetzt die dickdrähtige Bewickelung Strom, zunächst einen schwachen Strom erzeugt; sobald aber die

von ihr gespeisten Elektromagnete erregt werden, wirkt sie wie eine Dynamomaschine und kann Strom abgeben. Neben den großen Elektromagneten, deren Spulen im Nebenschluß liegen, stehen nun noch kleinere, um welche der Hauptstrom der dicken Wicklung geführt ist. Diese Magnete wirken nur auf die dicken Drähte induzierend und geben denselben, wenn der Strom zunimmt, eine Zusatzspannung, welche den Verlust bei dem Sinken der Umlaufzahl durch höhere Belastung des motorischen Teiles der Maschine ausgleicht. Gegenüber der Anordnung eines gesonderten Motors in Verbindung mit einer Niederspannungsdynamo hat der Lahmeyersche „Umformer“ — so nennt der Erfinder die Vorrichtung — den Vorteil, daß seine Größe nahezu dieselbe ist, wie die gesonderte angetriebene Niederspannungsdynamomaschine, und infolgedessen auch der Preis niedriger wird. Außerdem ist die Wartung, welche eine Maschine verlangt, geringer als bei zwei Maschinen. Der

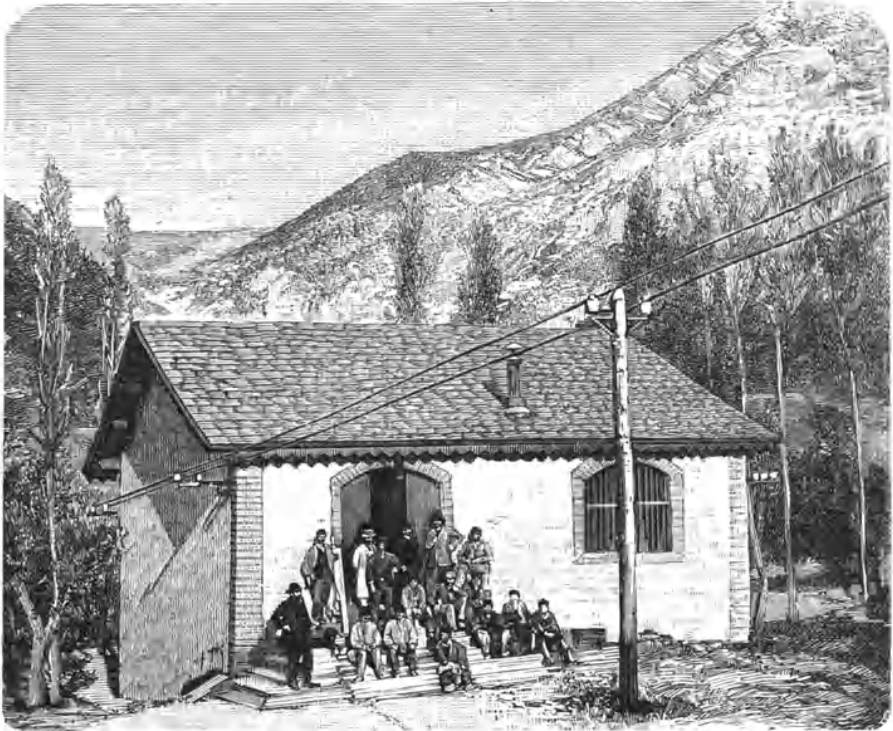


Fig. 116. Maschinenhaus bei Dielefeldt.

Erfinder macht noch weitere Vorteile seines Systems geltend, von denen wir nur hervorheben wollen, daß nach seiner Angabe der Verlust bei seinem Umformer geringer ist, als bei andern Gleichstromtransformatoren mit gesonderten Maschinen.

Um die Anwendbarkeit seines Systems darzuthun, hatte Lahmeyer im Sommer 1891 eine Versuchsanlage eingerichtet, welche Strom über 10 km, von Offenbach nach Frankfurt am Main übertrug. Er wollte damit beweisen, daß man für eine solche Entfernung auch Gleichstrom in wirtschaftlicher Weise übertragen kann, was bis zu jener Zeit noch nicht erzielt worden war.

In Offenbach wurde der Strom durch eine Dynamomaschine Lahmeyerschen Systems von 2000 Volt Spannung und einer Stromstärke von 25 Ampère erzeugt, deren Anker eine vierpolige Trommel war. Es ist Trommel- und nicht Ringwicklung gewählt, gerade um darzuthun, daß bei guter konstruktiver Durchführung einer Trommelwicklung bei Gleichstrommaschinen Spannungen bis zu 2000 Volt nicht zu Betriebsstörungen Anlaß geben.

Wir haben schon früher darauf hingewiesen, daß die vielen auf den Stirnflächen der Trommel sich kreuzenden Drähte zu Isolationsstörungen Anlaß geben können. Solche Bedenken wollte Lahmeyer durch die Thatfache beseitigen und beweisen, daß mittlerweile die Technik sich so weit entwickelt hatte, um auch unter den genannten erschwerten Bedingungen Sicherheit zu gewähren.

Die Leitung von Offenbach nach Frankfurt wurde als oberirdische und mit Kupferdrähten von 6 mm gebaut. In Frankfurt war ein Gleichstrom-Umformer nach dem vorhin beschriebenen System, jedoch mit vier Polen aufgestellt; Fig. 118 zeigt uns diese neuere Form. Von ihm aus wurde nun der transformierte Strom mit 100 Volt Spannung den Lampen und Motoren zugeführt.

Die Akkumulatoren.

Die Aufspeicherung elektrischer Energie. Erzeugung und Verbrauch von Energie decken sich nur in den seltensten Fällen. Überwiegt die Erzeugung, so wird man den



Fig. 116. Eine Straße in Dieulefit.

Überschuß ungenützt verlieren, es sei denn, daß man ihn für gelegentliche Verwendung „aufspeichern“ kann. Und diese Aufspeicherung wird uns manchmal sehr zu gute kommen, denn häufig ereignet sich der Fall, daß der Verbrauch die Erzeugung überwiegt und wir den Unterschied aus unserm aufgespeicherten Vorrat begleichen können. Sehr häufig tritt auch der Fall ein, daß die Erzeugung an einer andern Stelle stattfindet als der Verbrauch, und wenn wir dann die Energie nicht von der Erzeugungsstätte auf die des Verbrauches überleiten können, so bleibt uns nur das Mittel übrig, die erzeugte Energie aufzuspeichern, zur Verbrauchsstätte zu transportieren und dort wieder zum Verbrauche frei zu machen. Einige Beispiele werden dies erläutern. Unsere Uhren brauchen zum Betriebe ein gewisses Maß Bewegungsenergie, das wir ihnen unmöglich in jedem Augenblicke liefern können; denn uns die vierundzwanzig Stunden des Tages hindurch damit

zu beschäftigen, daß wir jede Sekunde unsere Uhr ein wenig aufziehen, dürfte keine angemessene Beschäftigung für den Kulturmenschen sein. Wir haben es auch gar nicht notwendig, wir ziehen unsere Uhr abends auf und speichern dabei in der Spiralfeder ein gewisses Maß mechanischer Energie auf, von welchem die Uhr den Tag hindurch lebt. Wenn wir fahren wollen, so müßten wir, falls es keine Aufspeicherung gäbe, den Wagen durch ein langes Seil, welches an einer Energiequelle, durch ein Mühlrad beispielsweise aufgehängt wird, zum Ort der Bestimmung hinziehen lassen. Dieses wenig anwendbare Verfahren ist glücklicherweise unnötig, denn wir besitzen in den Muskeln unserer Pferde Kraftmagazine, aus denen wir die benötigte Betriebskraft für unsern Wagen gewinnen. Mit der Wärme sehe es ohne Aufspeicherung noch trüber aus; ohne sie müßten wir uns im Winter mit der Erinnerung an den Sommer wärmen, und dazu gehört eine ungewöhnliche Phantasie.

Zum Glück sorgt aber Frau Sonne schon dafür, daß das kostbare Gut, welches sie uns herüber schickt, nicht unnötig vergeudet wird, und legt in der Pflanze ein schönes Kapital Wärme an, von welchem wir in den Zeiten der Not zehren können. Wenn wir heute am wärmenden Ofen sitzen, so genießen wir die Sonnenstrahlen, welche dereinst vor vielen, vielen Jahrtausenden zur Erde niedergegangen sind, und wir können uns freuen, daß es eine Aufspeicherung der Energie gibt, denn ohne sie müßten wir frieren; aber dies ist nicht richtig gesagt, denn ohne sie könnten wir nicht einmal frieren, weil wir ohne Aufspeicherung von Energie gar nicht existierten. Die Aufspeicherung ist eine unerläßliche Bedingung für die Existenz der organischen Welt und sie erscheint in derselben in tausend Formen.

Wenn wir nun die Energieform Elektrizität betrachten, so finden wir bei der gewerblichen Verwendung derselben, daß sie zumeist sofort verbraucht, wie sie erzeugt wird. Bei der elektrischen Beleuchtung fließt der Strom ohne weiteres zu den Lampen, und wenn die Maschine steht, haben wir keinen Vorrat mehr übrig, die Lampen noch weiter speisen zu können. Da ist die Gasfabrikation besser daran. Sie hat nicht nötig, jeweils soviel

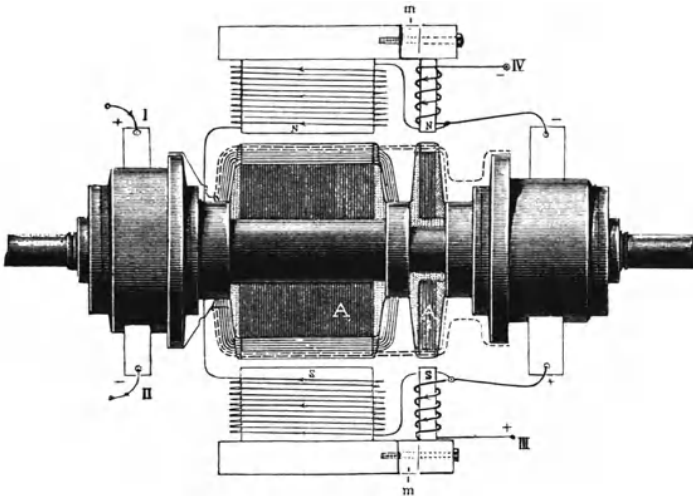


Fig. 117. Anordnung von Lahmeyers Gleichstromumformer.

Gas zu erzeugen, als gerade im Augenblick verbraucht wird, sondern füllt ihren Gasometer, aus welchem die Flammen gespeist werden. Es kann demnach der Bedarf stark wechseln, ohne daß darum die Erzeugung der Veränderung folgen muß, denn der Gasometer gleicht den Mehrverbrauch der einen Stunde durch den Überschuß der Erzeugung zu einer andern aus. Es ist erklärlich, daß man ein ähnliches Zwischenglied zwischen Erzeugung und Verbrauch auch für die elektrische Energie besitzen möchte, zumal dieselbe, wenn auch in hohem Grade fähig, durch Leitung übertragen zu werden, doch nicht transportabel ist; und da in vielen Fällen die Übertragung durch Leitung nicht thunlich ist, so wird man wünschen, in einer geeigneten Aufspeicherung eine Ergänzung der Leitungsübertragung zu haben.

Nun kennen wir freilich schon seit langer Zeit eine Form der elektrischen Aufspeicherung, diejenige in der bekannten Leidener Flasche. Aber diese Art ist für technische Zwecke unbrauchbar und nutzlos, denn die Menge Energie, welche eine Leidener Flasche aufnimmt, ist für technische Zwecke verschwindend klein und außerdem „hält sich die Elektrizität in der Leidener Flasche nicht“, um es mit einem populären Ausdrucke zu bezeichnen.

Zum Glück besitzen wir aber noch andre Verfahren, die Elektrizität aufzuspeichern, und diese sind in der neuesten Zeit bis zu einem gewissen Grade für die Technik brauch-

bar gemacht worden. Wir haben dabei allerdings davon absehen müssen, die Elektrizität in ihrer eignen Form aufzuspeichern; statt dessen speichern wir chemische Energie in solcher Form auf, daß sie in einfacher Weise als elektrische Energie frei wird.

Unter einem allgemeineren Gesichtspunkte zeigt jedes galvanische Element die Aufspeicherung der elektrischen Energie. Das Zink, das sich in demselben mit einem andern Stoffe verbindet und dabei Energie in Form von Strom freierwerden läßt, bildet in seiner Trennung von dem zweiten Stoff eine Aufspeicherung von Energie, es verhält sich mit diesem Stoff zusammen, wenn von ihm getrennt, wie eine gespannte Feder. Ursprünglich war das Zink im Zinketz mit dem andern Stoffe verbunden und hatte bei dieser Verbindung Energie abgegeben. Bei der Gewinnung des Zinkes aus dem Erz wurden beide Stoffe getrennt und somit eine Spannkraft zwischen beiden, eine Aufspeicherung von Energie hergestellt. In dieser Form gelangt das Zink in das Element und findet nun hier

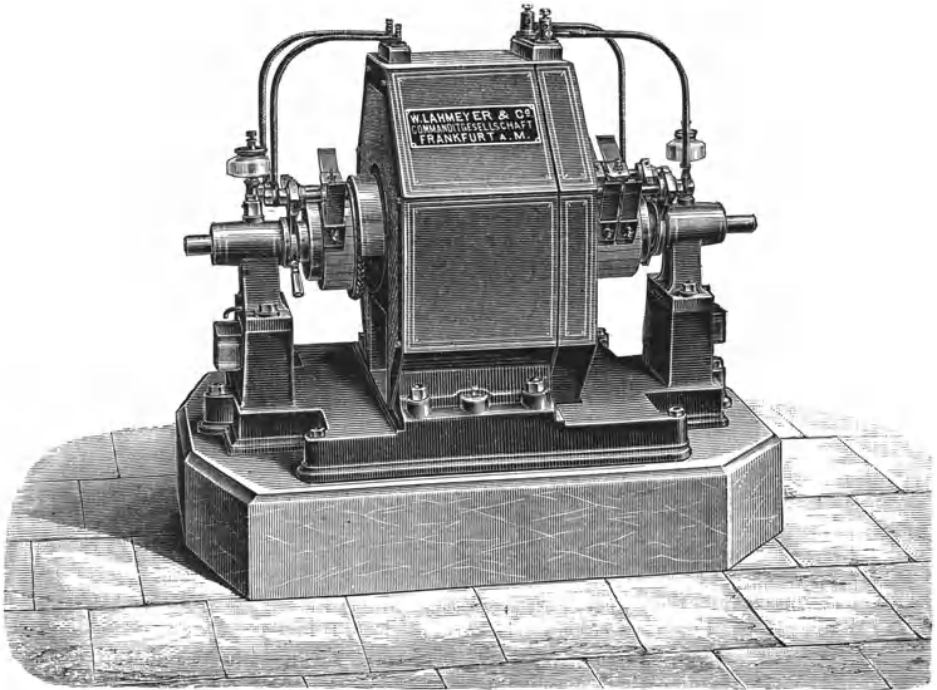


Fig. 118. Lahmeyer's Gleichstromumformer.

entweder den Stoff, mit dem es früher vereinigt war, oder einen andern, der seine Stelle vertreten kann, vor, und die beiden Stoffe geben nun in der erneuten Vereinigung ihre Spannkraft wieder frei und zwar in der Form elektrischer Energie.

Man hat nun aber die Bezeichnung „Aufspeicherung elektrischer Energie“ in ihrer Bedeutung etwas eingeschränkt und versteht darunter eine Aufspeicherung, bei welcher der Strom zur Trennung der beiden chemischen Stoffe benutzt wird, so daß also elektrische Energie in chemische übergeführt wird, als solche „aufbewahrt“ werden kann und später als Strom wieder gewonnen wird. Diese Beschränkung erklärt sich aus der geschichtlichen Entwicklung des Aufspeicherungsverfahrens; berechtigt ist sie nicht und wird vermutlich mit fortschreitender Entwicklung der Elektrotechnik fallen gelassen werden.

Die Entwicklung des Akkumulators. Den Vorgang, welcher bei den heutigen Vorrichtungen zur Aufspeicherung des Stromes benutzt wird, wollen wir in einer geschichtlichen Darstellung der Entwicklung der Erfindung erläutern. Schon gleich nach Voltas Erfindung der galvanischen Batterie im Jahre 1800, entdeckte Gautherot 1801,

daß zwei Elektroden, die in angesäuertes Wasser tauchen und mit einer Voltaschen Säule verbunden sind, für kurze Zeit einen Strom geben, wenn man sie von der Säule trennt und durch einen Draht schließt. Erman, ein deutscher Physiker, stellte fest, daß der positive Pol dieses sekundären Stromerzeugers an derjenigen Elektrode liegt, welche mit dem gleichen Pol der Säule verbunden gewesen ist. Ritter, welcher die gleichen Erscheinungen beobachtet hatte, stellte 1802 eine Voltasche Säule her, welche nur aus Kupferscheiben bestand und wirksam wurde, wenn man sie einige Zeit mit einer gewöhnlichen Voltaschen (Zink-Kupfer-) Säule verbunden hatte. Sie gab dann wie diese, jedoch nur für kürzere Zeit Strom, mit welchem man wie mit einer der Voltaschen Säule alle Wirkungen des Stromes erzielen konnte. Ritter beschäftigte sich eingehend mit dieser Vorrichtung und untersuchte das Verhalten anderer Metalle in solchen „Ladungssäulen“. Im Jahre 1826 hatte Nobili gezeigt, daß man mit Hilfe des Stromes einen Überzug von Bleisuperoxyd auf einer Metallplatte erzeugen kann, und Schönbein wies 1837 nach, daß solche Platten für Stromerzeugung benutzt werden können.

Mit diesen Entdeckungen war gefunden worden, daß der Strom dazu dienen kann, Metallplatten derart zu verändern, daß sie für kurze Zeit Strom erzeugen können. Das eigentliche Wesen der Erscheinung, die Aufspeicherung, hatte man noch nicht erkannt; man war aber gewahr geworden, daß die Erscheinung mit der „Polarisation“ in den Elementen (vergl. S. 20) zusammenhing und beide auf die Zersetzung des Wassers durch den Strom und die Anhäufung des einen bezw. beider Gase an den Elektroden zurückführten. Diese Erklärung hatte Volta schon im Jahre 1805 gegeben, sie wurde aber keineswegs allgemein anerkannt und vier Jahrzehnte hindurch angefochten. Während der Streit aber noch unentschieden war, hatte Grove bereits den bei der Polarisation auftretenden Vorgang praktisch verwendet und zwar in seiner früher beschriebenen Gasbatterie, welche zweifellos als der erste Akkumulator zu betrachten ist, wenn sie sich auch von den heutigen Akkumulatoren in wesentlichen Punkten unterscheidet.

Die Akkumulatoren, welche wir jetzt im engeren Sinne so bezeichnen, speichern nämlich nicht die beiden getrennten Gase auf, sondern es werden durch die entstehenden Gase chemische Verbindungen mit den Elektroden erzeugt, und diese, welche an der positiven Elektrode verschieden sind von der auf der negativen, verhalten sich elektrisch verschieden, wie die Elektroden eines galvanischen Elementes. Bereits Grove hatte gefunden, daß Platten, welche mit gewissen Metalloxyden bedeckt sind, besser wirken als nackte Platinplatten. Wheatstone und Siemens wendeten für solche Überzüge Bleioxyd an, und damit nähern wir uns nun der Erfindung der heutigen Blei-Akkumulatoren, welche ihren Anfang mit der Entdeckung Plantés im Jahre 1859 nimmt. Dieser bedeutende französische Physiker stellte fest, daß sich Blei am besten zur Herstellung von „Sekundärelementen“ eigne. So bezeichnete man Elemente, welche wie die Grovesche Gasbatterie mittels eines durchgeleiteten Stromes in den Stand gesetzt werden, Strom abzugeben.

Die Bedeutung der Plantéschen Erfindung rechtfertigt es, wenn wir einige Worte über den Erfinder selbst einfügen.

Gaston Planté wurde 1834 in Béarn geboren. Sein Vater, ein tüchtiger Gelehrter, der wegen der Erziehung seiner Kinder nach Paris gezogen war, gab ihnen eine ausgezeichnete Erziehung und hatte die Freude, daß zwei derselben berühmte Männer wurden, Gaston und sein Bruder Francis, der einer der ersten Pianisten geworden ist. Gaston zeichnete sich schon früh auf der Schule aus, und es gelang ihm, in jungen Jahren Assistent von Ed. Becquerel zu werden, der ihn in das Studium der Elektrizität einführte. Mit 25 Jahren erfand er seinen Blei-Akkumulator, den er später zu hochinteressanten Studien über elektrische Funken- und Blitzerscheinungen verwendete. Aus seinen Arbeiten entriß ihn ein plötzlicher Tod im Jahre 1889. Planté hat nur den Wissenschaften gelebt. Nie ist er bestrebt gewesen, seine Erfindungen für sich zu verwerten und alle, die ihn gekannt haben, rühmen seine Freundlichkeit und Bescheidenheit. Sein nicht unbeträchtliches Vermögen hat er zur Stiftung eines Stipendiums für arme Gelehrte und zur Verteilung eines Preises für elektrische Erfindungen gemacht, um so auch über das Grab hinaus seiner Wissenschaft Dienste leisten zu können.

Durch einen Vorschlag Jacobis war Planté veranlaßt worden, sich mit den Sekundärelementen zu beschäftigen, um sie für die Verwendung in der Telegraphie brauchbar zu machen, und er erzielte insofern eine erhebliche, für die Folgezeit so außerordentliche Verbesserung, indem er die Platinelektroden der Groveschen Gasbatterie durch solche aus Blei ersetzte; die Beobachtungen des deutschen Forschers Sinstedten hatten ihn dazu geführt. Er konstruierte nunmehr Sekundärelemente aus Bleiplatten, welche einen kräftigen und dauernden Strom erzeugten. Zwei gleich große Bleibleche wurden mit einer Zwischenlage von Tuch aufeinander gelegt und dann über einen Holzfern zu einem Cylinder zusammengerollt (Fig. 119 a);

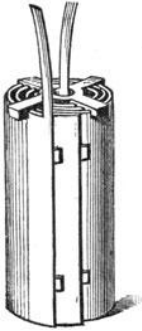


Fig. 119 a. Herstellung eines Planté-Akkumulators aus Bleiplatten.

einen ziemlich kräftigen und für gewisse Zeit andauernden Strom erzeugen, behielt auch, wenn man es nicht sofort entlud, seine Ladung längere Zeit bei.

Betrachten wir nun die Vorgänge, welche bei der Ladung und Entladung des Plantéschen Elementes auftreten. An derjenigen Bleiplatte, welche mit dem positiven Pole der Bunsen-Batterie verbunden ist, wird sich Sauerstoff entwickeln, und dieser verbindet sich mit dem Blei der Platte, so daß sich deren Oberfläche mit Bleisuperoxyd bedeckt. Am



Fig. 119 b.
Planté-Akkumulator.

negativen Pole entwickelt sich Wasserstoff, welcher zunächst das auf seiner Elektrode etwa vorhandene Bleioxyd zu metallischem Blei reduziert und, falls er keine Desoxydationsarbeit mehr verrichten kann, zum Teil als Gas entweicht, zum Teil an der Platte haften bleibt. Sobald nun das Sekundärelement von der Batterie getrennt wird, stehen sich in ihm zwei elektrisch verschiedene Platten, wie im galvanischen Element, gegenüber. Verbindet man seine Pole durch einen Draht, so wird sich der Sauerstoff der oxydierten Platte mit dem auf der andern Platte noch vorhandenen Wasserstoff und, falls dieser verzehrt, weiter mit dem Blei der gegenüberstehenden Platte zu verbinden suchen, bis auf beiden Platten eine annähernd gleichartige Oxydierung erreicht worden ist. Bei diesem chemischen Vorgange wird nun die freiwerdende chemische Energie als elektrischer Strom erscheinen. Es ist bemerkenswert, daß dieser Ausgleich in den verschiedenen Oxydationsstufen beider Platten sich nur dann ungehindert vollzieht, wenn gleichzeitig dabei Stromarbeit geleistet werden kann. Man wird die Frage erheben, warum der Sauerstoff des Bleisuperoxydes nicht auch im ungeschlossenen Elemente nach der andern Elektrode geht und dieselbe oxydiert. Um dies zu erklären, wollen wir die Vorgänge in dem Elemente unter Einwirkung des Stromes betrachten. Der Strom der Bunsen-Batterie B (Fig. 120) trete bei der Platte P in das

Sekundärelement ein, bei N aus. Bei der ersteren wird Sauerstoff abgeschieden, also das Bleisuperoxyd gebildet, bei der andern entsteht der Wasserstoff. Trennen wir jetzt das geladene Sekundärelement von der Batterie und schließen es durch einen Draht, so wird diejenige Bleiplatte, an welcher der positive Pol der Batterie lag, nunmehr auch zum positiven Pol des Stromerzeugers, den das Sekundärelement darstellt, werden. Also geht jetzt der Strom in umgekehrter Richtung durch das Element. Bei seinem Durchgang durch die

Flüssigkeit, zerlegt er aber dieselbe, denn diese Wirkung tritt stets beim Stromdurchgang durch zerlegbare Flüssigkeiten auf, ganz gleich, ob der Strom von außen kommt oder durch die Thätigkeit des Zersetzungapparates selbst erzeugt wird. Entsprechend der umgekehrten Richtung muß er also an derjenigen Platte, an welcher früher Sauerstoff abgeschieden wurde, jetzt Wasserstoff abscheiden, der sich im Entstehen mit dem vorhandenen Sauerstoff energisch verbindet. Ähnliches wird an der andern Platte vor sich gehen, wo der entstehende Sauerstoff die Oxydation des vorhandenen Wasserstoffes bezw. des Bleies bewirkt. Man sieht also, daß der Strom seine eigne Erzeugung kräftig unterstützt und den Ausgleich in den Oxydationsstufen der Platten wesentlich fördert.

Zwar wird sich auch bei ungegeschlossenem Element ein solcher Ausgleich vollziehen, aber viel langsamer als bei Stromschluß.

Ganz so einfach, wie wir es hier geschildert haben, gestalten sich die Vorgänge im Sekundärelement nun nicht, da sekundäre Wirkungen auftreten und auch die vorhandene Schwefelsäure wesentlichen Anteil an den Vorgängen nimmt. Bevor wir darauf eingehen, wollen wir aber in unsrer Schilderung fortfahren.

Die Planté'sche Vorrichtung hatte noch den Mangel, daß die Ladungsfähigkeit des Elementes keine große war. Um diese zu steigern, verfuhr Planté in der Weise, daß er das geladene Element entlud und dann den Ladestrom im entgegengesetzten Sinne durch das Element gehen ließ. Dieses umständliche Verfahren, die „Formierung der Platten“, mußte ziemlich oft wiederholt werden und hatte den Zweck, die Oxydschicht auf beiden Platten durch öftere Oxydation und Desoxydation zu verstärken.

Zur Zeit als Planté zuerst mit seinem Sekundärelement herauskam (1860), hatte die Erfindung nur ein beschränktes Interesse für die Praxis. Als aber die Erfindung der Dynamomaschine die verbilligte Erzeugung starker Ströme ermöglicht hatte, gewann das Sekundärelement eine größere Bedeutung und Planté sah sich dadurch veranlaßt, im Jahre 1879 erneut auf seine Erfindung, die er mittlerweile durch den erwähnten Formierungsprozeß verbessert hatte, hinzuweisen. Zwei Jahre später trat Camille Faure mit einer wesentlichen Verbesserung des Akkumulators auf, und von dieser Erfindung ab sehen wir den Akkumulator anfangs langsam und unter allmählicher Überwindung mancher Hindernisse, dann aber in erstaunlich rascher Weise sich verbreiten.

Der Faure-Akkumulator. Faure ist wie Planté von Geburt Franzose. Seine technische Ausbildung verdankt er zum größten Teile sich selbst, da er darauf angewiesen war, sein Brot frühzeitig als Zeichner und Ingenieur zu verdienen. Später kam er als Chemiker in eine englische Pulverfabrik, und hier reifte allmählich mit andern Ideen auch die Erfindung seines Akkumulators heran. Von der Pariser Ausstellung 1878 zurückgekehrt, beschäftigte er sich eingehend mit dieser Erfindung, und es gelang ihm in kurzer Zeit, ein Verfahren aufzufinden, schwammiges Blei herzustellen, welches die Formierung der Akkumulatorenelektroden wesentlich erleichtert. Zu diesem Zweck bedeckte er die Bleiplatte mit Mennige oder einem andern Bleioxyd oder mit einem Bleisalz, welches in der Flüssigkeit des Akkumulators unlöslich ist. Beim Laden wird nun die Schicht der einen Platte zu Superoxyd oxydiert, während die der andern zu Blei oder einer niedrigeren Oxydationsstufe reduziert wird. Man hat also bei diesem Verfahren von vornherein auf beiden Platten Oxydschichten, welche zudem durch ihre poröse Beschaffenheit sehr viel größere Mengen der freier werdenden Gase zu binden vermögen. Die Oxydations- und Reduktionswirkung ist dadurch sehr erleichtert, und so konnte der Faure'sche Akkumulator nicht nur

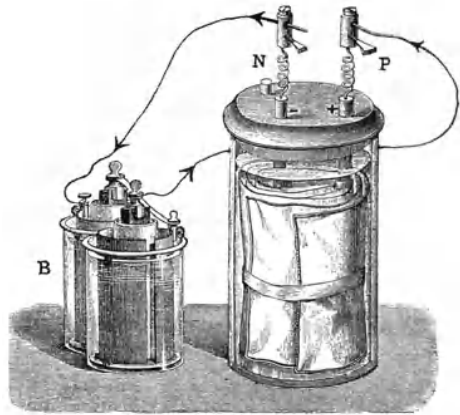


Fig. 120. Stromrichtung beim Laden und Entladen eines Sekundärelementes.

schneller auf seine Höchstleistung gebracht werden, sondern diese überwog auch die der Plantéschen ganz bedeutend.

Der Fauresche Akkumulator bestand aus parallelen Bleiplatten, die dicht nebeneinander gesetzt und abwechselnd verbunden waren, so daß je eine Elektrode der einen Art zwischen zweien der andern stand, die Endplatten ausgenommen, von denen eine positiv, die andre negativ war. Um das Abfallen der Masse zu verhindern, waren die Platten mit Zeug überzogen.

Die Faureschen Akkumulatoren zogen alsbald die Aufmerksamkeit der Elektrotechniker auf sich, da sie im Verhältnis zu ihrem Gewicht und Umfang ganz bedeutende Mengen Energie aufzuspeichern vermochten. Besonderes Aufsehen erregte es, als Faure einen geladenen Akkumulator nach England schickte, der dort noch fast die volle Ladung hergab, obwohl ihn die mißtrauische englische Zollbehörde, welche in dem verschlossenen Kasten eine Dynamitmaschine der Fenier mutmaßte, anfänglich nicht einlassen wollte und so seine Reisezeit verlängerte.

Wie es so immer mit jungen, vielversprechenden Erfindungen geht, wurde die Bedeutung der Erfindung gewaltig übertrieben. Die Phantasie überflog mit ihren großen Schwingen sofort den Zeitraum einiger Jahrzehnte und sah in dem Säugling schon den fertigen Mann. Man schwärmte schon davon, daß nunmehr bald die Elektrizität wie

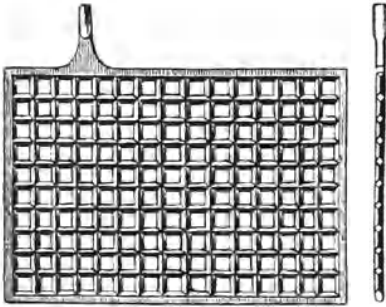


Fig. 121. Das Goldmar-Gitter.

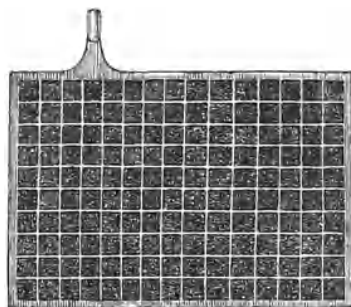


Fig. 122. Fertige Platte nach Faure-Sellon-Goldmar.

Petroleum vom Kaufmann über die Straße verkauft werden würde, daß Rutsch-, Eisenbahn- und andre Wagen bald mit aufgespeicherter Elektrizität fahren würden, die Petroleumlampe durch einen eingesetzten Akkumulator zu einer elektrischen umgewandelt werden könne, und so wurden tausend andre Verwendungen gefunden, welche alle gleich ausgezeichnet gewesen wären, hätte der Akkumulator nur das leisten können, was man für ihn schon jetzt vorwegnahm. Ganz so schnell ging nun die Entwicklung doch nicht vor sich, und es fragte sich, ob überhaupt der Akkumulator sobald Eingang gefunden hätte, wenn nicht von der englischen „Electrical Power Storage“ Gesellschaft, welche die Patente Faures erworben hatte, viel Zeit und sehr viel Geld geopfert worden wäre, den Akkumulator sicher und leistungsfähig zu machen. In der ersten Hälfte der achtziger Jahre hatte sich die Meinung der Fachwelt für Akkumulatoren sehr abgeschwächt, erst von der Mitte des Jahrzehntes ab beginnt der Akkumulator Aufnahme in der Praxis zu finden, anfangs langsam, dann aber überraschend schnell. Der „Electrical Power Storage Company“ und ihren Bemühungen haben wir also zunächst zu gedenken.

Der Akkumulator der „Electrical Power Storage Company“. Der Akkumulator dieser Gesellschaft entstand durch die vereinigten Bemühungen von Goldmar, Sellon und Faure. Goldmar, ein deutscher Bankier, hatte sich mit Sellon zur Verbesserung der Akkumulatoren vereinigt und zunächst eine sehr wichtige konstruktive Neuerung geschaffen. Bei den älteren Faure-Akkumulatoren ist die Verbindung der aufgetragenen Oxydschicht mit der unterliegenden Bleiplatte weder mechanisch noch elektrisch eine gute. Um diesen Übelstand zu beseitigen, beiseitigte Goldmar die Überdeckung der Bleiplatte und brachte statt deren die Oxyde in der Weise mit dem Bleikörper in Verbindung, daß er ein gitter-

artiges Bleigerüst nahm und die Hohlräume desselben mit schwammigem Blei ausfüllte. Unfre Fig. 121 und 122 lassen das Gitter und einen Querschnitt desselben erkennen. In diesem Gitter wurde die „aktive Masse“ nicht mehr durch Adhäsion am Blei festgehalten, sondern in den Rahmen, welche die Höhlungen bilden, sicher getragen. Dabei war auch die elektrische Verbindung zwischen Masse und dem zur Ableitung dienenden Bleikörper eine bessere als bei der älteren Anordnung, und man konnte bei diesen Platten des Zeugüberzuges entbehren, was den inneren Widerstand der Elemente verringerte.

Da die Elemente mit Bleischwamm einer längeren Formierung bedurften, so vereinigten sich Volckmar und Sellon, der an der Verbesserung der Akkumulatoren teilgenommen hatte, mit Faure, und die Patente der drei Erfinder gingen auf die eben (1882) entstandene „Electrical Power Storage Company“ über, welche nun Akkumulatoren mit dem Volckmarschen Gitter und den Füllmassen von Faure fabrizierte.

Die Anordnung der Elektroden in den Zellen, wie sie seitdem fast für alle Akkumulatoren angewendet wird, zeigt unfre Fig. 123. Die positiven und negativen Platten sind abwechselnd und mit geringer Entfernung nebeneinander gestellt und die zusammengehörigen Platten durch angelötete Bleistreifen verbunden. Der ganze rechteckige Körper steht in einem Glasgefäße, wenn es sich um fest aufgestellte Batterien handelt. Bei Verwendung von Akkumulatoren für den Betrieb von Fahrzeugen benutzt man dagegen verschlossene Holzkästen, welche in verschiedener Weise zur Dichthaltung ausgefüttert sind.

Die Vorgänge im Akkumulator. Bevor wir weiter gehen, wollen wir noch mit einigen Worten die Vorgänge im Akkumulator schildern, welche sich, wie wir schon früher sagten, etwas verwickelter gestalten, als beim Planté-Akkumulator angegeben wurde. Zunächst zeigte es sich, daß beim Laden der Akkumulatoren das spezifische Gewicht der Flüssigkeit zu-, mit fortschreitender Entladung abnimmt. Setzt man in eine Zelle eine Sentwage ein, so kann man diese Veränderung während des Ladens und Entladens deutlich beobachten. Es läßt sich dies nur dadurch erklären, daß die Schwefelsäure der Flüssigkeit beim Entladen von den Bleioxyden gebunden wird und sich schwefel saures Bleioxyd auf den Elektroden bildet. Man stellt sich den Vorgang im Akkumulator, der in seinen Einzelheiten noch nicht ganz aufgeklärt ist, folgendermaßen vor. Die formierte, aber noch nicht geladene positive Platte enthält in ihrer aktiven Masse schwefel saures Bleioxyd, Bleisulfat ($PbSO_4$), die negative Bleioxyd (PbO). Während des Ladens wird das Bleisulfat zu Bleioxyd (PbO_2) und die freiwerdende Schwefelsäure geht in die Flüssigkeit; auf der negativen Platte wird das Bleioxyd zu Blei reduziert, und in der porösen Masse sammelt sich Wasserstoff an. Beim Entladen nimmt der Vorgang den umgekehrten Weg, es tritt

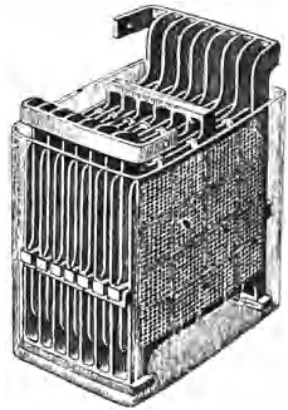


Fig. 123. Eine E. P. S. (Electrical Power Storage Co.) Zelle.

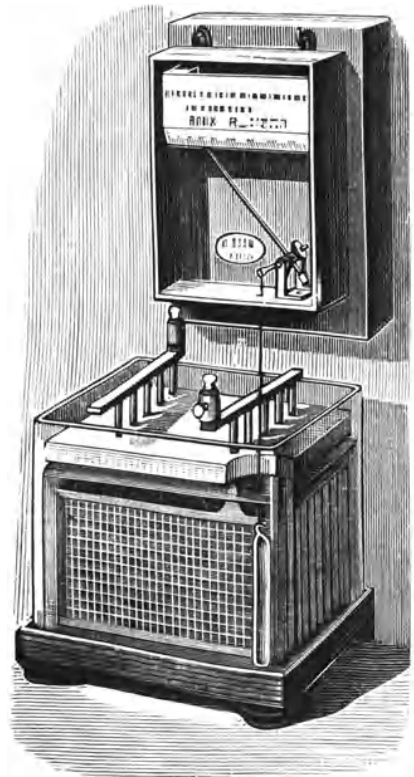


Fig. 124. Ladungsanzeiger für Akkumulatorenzellen.

Schwefelsäure aus der Flüssigkeit an die positive Elektrode und bildet wiederum Bleisulfat, während der Wasserstoff und das Blei der negativen Platte oxydiert werden, das erstere zu Wasser, das zweite zu Bleioxyd.

Die Veränderung des spezifischen Gewichtes gibt einen guten Gradmesser für das Fortschreiten der Ladung und Entladung ab, und man benutzt deshalb die Senkwaage, um zu erkennen, wie weit man mit beiden gehen darf.

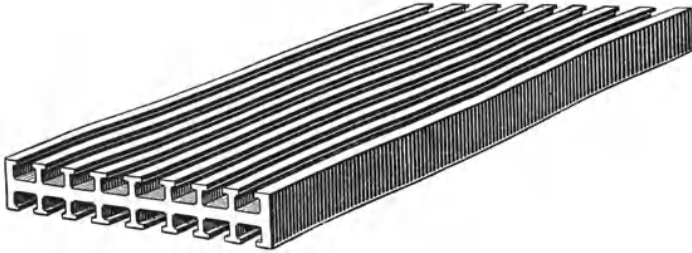


Fig. 125. Bleiplatte für den Rhotinsky-Akkumulator; Mittelplatte.

Wir wollen noch erwähnen, daß man versucht hat, die Senkwaage, an welcher man den Grad der Ladung und Entladung ablesen kann, mit einer Anzeigevorrichtung zu verbinden, welche unmittelbar anzeigt, wie weit Ladung oder Entladung vorgeschritten ist. Unsere Fig. 124 gibt eine Abbildung dieser Vorrichtung.

Haben die Akkumulatoren ihre volle Ladung erhalten, kann der Strom an den Elektroden keine weitere chemische Arbeit leisten, so tritt die Zersetzung der Flüssigkeit ein, es wird Wasserstoff und Sauerstoff entwickelt; die Flüssigkeit beginnt dann durch die zahlreichen kleinen Gasbläschen ein milchiges Aussehen zu erhalten und fängt an zu „kochen“. Die weiter aufgewendete Stromarbeit wird also mit den entweichenden Gasen verloren gehen, und man hat darum mit der Ladung aufzuhören.

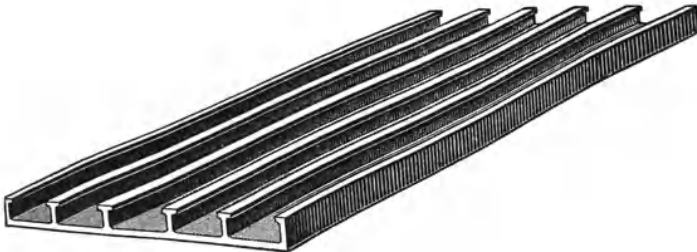


Fig. 126. Bleiplatte für den Rhotinsky-Akkumulator; Endplatte.

Beim Entladen darf die Entladung nicht zu weit getrieben werden, weil sich sonst zuviel Bleisulfat auf den positiven Platten bildet und die Wirksamkeit der Zelle erheblich beeinträchtigen würde. Eine solche Sulfatschicht hat ferner zur Folge, daß die Platten abblättern, indem die entstandene Sulfatschicht nicht mehr vollständig zerfällt und durch die Stromwirkung ihren Zusammenhang mit der unterliegenden Schicht verliert. Die herabfallenden Blättchen können sich nun zwischen die Platten setzen und die positive mit der negativen in Berührung bringen. Dann ist für die geladenen Platten ein Stromweg geschaffen, durch welchen sie sich entladen, so daß man also die Ladung ungenützt verliert.

Rhotinsky-Akkumulatoren. Diese schwer zu vermeidende Erscheinung hatte dem Elektriker der „Electriciteits-Maatschappij“, Kapitän de Rhotinsky, Veranlassung gegeben, die positiven und negativen Platten nicht parallel nebeneinander und senkrecht aufzustellen, sondern sie horizontal nebeneinander zu legen, so daß die abfallenden Stückchen keinen Kurzschluß verursachen konnten. Eine solche Lagerung der Elektroden hat aber ihre

Übelstände im Gefolge, und de Rhotinsky hat deshalb die ältere Anordnung mit senkrecht nebeneinander gestellten Platten wieder aufgenommen.

Zur Aufnahme der wirkenden Masse benutzt de Rhotinsky nicht ein Gitter wie die „E. P. S. Co.“, sondern gibt den Platten an beiden Seiten T-förmige Längsrippen, die mit ihren Vorsprüngen die in die Rinnen eingebrachte Masse festhalten. Fig. 125 zeigt eine solche Platte, welche an beiden Seiten Masse trägt; Fig. 126 zeigt eine Endplatte, welche nur nach einer Seite hin in Wirkung tritt, und nur auf dieser mit Füllmasse versehen wird. Da sich die positiven Platten während der Entladung dehnen, so stellt Rhotinsky seine Platten aus mehreren Stücken zusammen (Fig. 127), um etwaige Ungleichmäßigkeiten in der Dehnung auszugleichen, und die Streckung der Platten thunlichst über die ganze Oberfläche erfolgen zu lassen, so daß sich die Platten nicht krümmen.

Die Zusammenstellung der Platten zu einer Zelle zeigt Fig. 128. Zunächst sehen wir an den Rändern der Platten Vorsprünge angegossen, mit denen sie auf Glasplatten, welche in die Glasgefäße senkrecht eingesetzt werden, ruhen. Um die Elektroden voneinander getrennt zu halten, ist um das Ende jeder Platte ein starkes Gummiband gelegt, an welches sich das freie Ende der nächsten Platte anlegt.

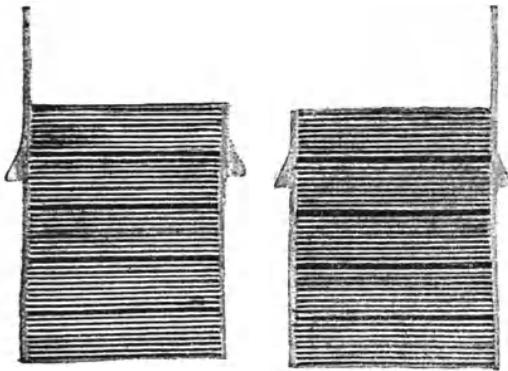


Fig. 127. Rhotinsky-Elektroden.

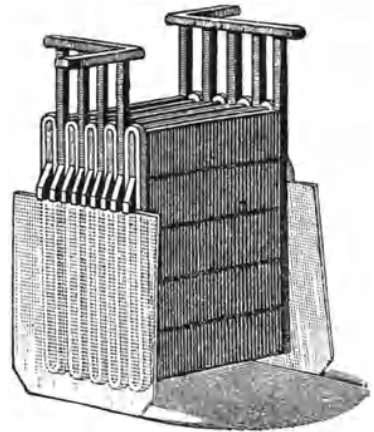


Fig. 128. Zusammenstellung von Rhotinsky-Elektroden zu einer Zelle.

Die Ableitungstreifen der Platten sind nach ihrer Zusammengehörigkeit durch starke, angelötete Bleistreifen verbunden, und diese Ableitungstreifen stehen nun mit dem entsprechenden Streifen der nächsten Zelle in leitender Verbindung.

Die Tudor-Akkumulatoren. Wir brauchen wohl kaum zu sagen, daß die Zahl der verschiedenen Akkumulatoren-Typen bereits in die Hunderte gestiegen ist, und es würde den Rahmen dieser Darstellung weit überschreiten, wenn wir eine auch nur halbwegs vollständige Beschreibung aller verschiedenen Konstruktionen und Abänderungen der Grundtypen geben wollten. Wir haben uns vielmehr darauf zu beschränken, die charakteristischsten und die zur Zeit verbreitetsten Typen aufzuführen, und an ihnen die Vorgänge im Akkumulator, und die Konstruktionsprinzipien zu erläutern. Deswegen vermögen wir auch nicht auf Akkumulatoren einzugehen, welche ein andres Metall für die chemische Einwirkung als Blei benutzen. Man hat es versucht, was hier noch nebenbei bemerkt werden soll, Kupfer und Zink, sowie auch andre Materialien für die Aufspeicherung des Stromes zu benutzen, allein abgesehen von dem zum Teil geringen Erfolg bei Verwendung solcher Stoffe, haben derartige Akkumulatoren bis jetzt eine größere Verwendung in der Technik nicht gefunden. Wir sind deshalb berechtigt, sie an dieser Stelle zu übergehen. Es soll nicht damit gesagt sein, daß man später bessere Akkumulatoren als diejenigen aus Blei wird herstellen können; vorerst entbehren wir aber Stoffe, welche sich wie das Blei zur Aufspeicherung der elektrischen Energie eignen.

Wir kommen jetzt zu einem Akkumulator, welcher in den letzten Jahren eine außerordentliche Verbreitung gefunden und in Deutschland die Anwendung der Akkumulatoren außerordentlich gefördert hat, zu dem Akkumulator der Gebrüder Tudor aus Luxemburg, welche sich jahrelang mit der Verbesserung ihres Akkumulators beschäftigt haben. Sie fanden — um die kurze industrielle Geschichte dieses „Sammlers“, so heißt der Akkumulator auf deutsch, zu erzählen — in der Firma Müller & Einbeck in Hagen in Westfalen eine Fabrik, welche die fabrikmäßige Herstellung des Akkumulators übernahm, und es glückte den Unternehmern, denselben, dank seiner guten Eigenschaften, in steigendem Maße zur Einführung zu bringen. Im Jahre 1890 wurde die Firma unter Führung der Firmen Siemens & Halske und Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in eine Aktiengesellschaft „Akkumulatorenfabrik A.-G. in Hagen“ umgewandelt.

Die Gebr. Tudor hatten für ihren Akkumulator auf das Plantésche Verfahren zurückgegriffen, das trotz seines langwierigen Formierungsprozesses von manchen Akkumulatorentechnikern dem Faureschen vorgezogen wird, und benutzten als Elektroden gerippte Bleiplatten. Um jedoch dem Akkumulator von vornherein eine gewisse Aufnahmefähigkeit mitzugeben, welche sich bei dem Planté-Verfahren erst allmählich zu voller Höhe steigert,

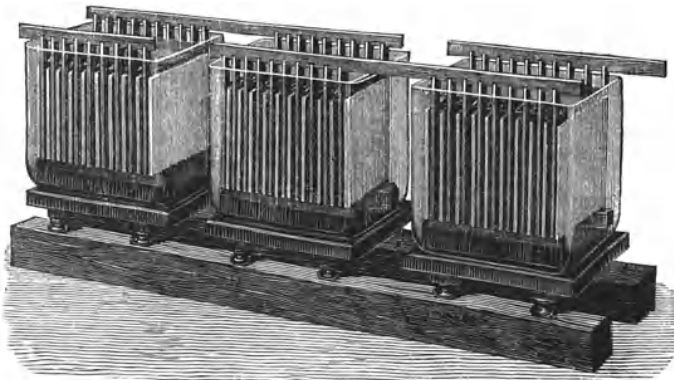


Fig. 129. Zellen der „Akkumulatorenfabrik A.-G. in Hagen i. W.“

erhalten die Tudor-Akkumulatoren einen Überzug mit Faure-Masse, welcher zunächst die aktive Masse darstellt, allmählich aber mit fortschreitender Bildung von aktiver Masse in dem Bleikörper, wie sie sich durch den Gebrauch der Batterie entwickelt, abblättert und schließlich die Bleielektrode mit ihrer nach dem Plantéschen Verfahren gebildeten Masse zurückerkält.

Um dem Leser ein Bild von dem übrigens recht einfachen Fabrikationsverfahren für die Herstellung der Akkumulatoren zu geben, sei hier kurz geschildert, wie diese Herstellung in der Hagener Fabrik erfolgt. Die Elektrodenplatten werden in eisernen Formen gegossen und werden dann nach erfolgter Reinigung mit der Füllung beziehungsweise mit dem Überzuge versehen. Zur Füllung der negativen Platten wird aus einer Mischung von Mennige und Bleiglätte unter Anfeuchtung mit verdünnter Schwefelsäure ein bildsamer Teig hergestellt und derselbe durch Einsmieren mit einem Spatel vom Arbeiter in die Bleigitter gebracht.

Die positiven Platten werden dann formiert und zu diesem Zwecke in größerer Anzahl in Formierungszellen eingesetzt, in denen sie für mehrere Monate der Einwirkung des Stromes ausgesetzt bleiben. Die negativen Platten bedürfen keiner Formation, da diese sich ohnehin bei der ersten Ladung der Batterie, für welche eine Ladungszeit von 30—40 Stunden beansprucht wird, vollzieht.

Die auf diese Weise erzeugten Elektroden werden dann einzeln in Verpackung an den Bestimmungsort geschickt, und zwar die positiven Platten im geladenen, die negativen im

ungeladenen Zustande. Für die ersteren ist die Ladung notwendig, weil sie, ungeladen in die Schwefelsäure eingebracht, sich mit Bleisulphat bedecken würden; die Nichtladung der negativen Platte ist dadurch bedingt, daß eine geladene negative Platte, die also mit Wasserstoff gesättigt ist, an der freien Luft Sauerstoff aufnimmt, so daß der in ihr enthaltene Wasserstoff, zum Teil auch sich das fein verteilte Blei oxydiert, wobei sich die Platte erhitzt. An Ort und Stelle werden dann die Elektroden durch den Monteur zu Elementen zusammengestellt, und die zugehörigen Platten durch verlötete Bleistreifen miteinander verbunden. Ein Bild von drei zu einer Batterie verbundenen Elementen des Systemes Tudor gibt unsre Fig. 129. Um die Aufstellung der Elektrodenplatten in den Glasgefäßen zu zeigen, geben wir in Fig. 130 eine schematische Darstellung des von der Gesellschaft beobachteten Verfahrens. Auf dem Boden des Glases sind zu beiden Seiten Holzleisten gelegt, in deren äußersten Nuten Glasplatten stehen; dieselben tragen auf ihren oberen Kanten die Bleiplatten, welche zu diesem Zwecke entsprechende Vorsprünge aufgegossen erhalten. Um die Elektroden in sicherer und richtiger Entfernung voneinander zu halten, sind zwischen je zwei Platten drei Glasstäbe gesteckt, von denen die äußeren mit ihren Füßen in den zweiten inneren Nuten der vorerwähnten Holzleisten ruhen, während für die mittleren Stäbe noch eine dritte Nutenleiste in der Mitte des Bodens der Glasgefäße liegt.

Die Glasgefäße werden zunächst auf Holzunterfüße, welche für eine gute Unterlage des Glasgefäßes mit Glasmehl oder einem andern passenden Stoffe bedeckt sind, gestellt.

Die Aufstellung der Akkumulatoren erfolgt zumeist in besonderen und abgeschlossenen Räumen, weil die sich entwickelnden sauren Dämpfe belästigend und eventuell schädigend wirken. Da sich gelegentlich auch explosive Gase entwickeln, so wird der Raum durch eine Abzugsöffnung oder ähnliches gut ventiliert. Für die sichere Aufstellung der Zellen dient entweder eine gemauerte Bank oder ein kräftiges Holzgestell, in welchem man die Gläser in übereinander liegenden Fächern aufstellt. Da für die richtige Behandlung der Batterie die Besichtigung derselben notwendig ist, müssen die Zellen so aufgestellt sein, daß man seitlich in sie hineinsehen kann.

Mit Rücksicht darauf, daß häufig Zellen nebeneinander zu stehen kommen, welche in der Reihe, in der sie zu einer Batterie zusammengeschaltet sind, weit auseinander stehen und darum eine größere Spannungsdifferenz haben, können ihre feuchten Glaswände und der feuchte Untergrund, auf welchem sie stehen, einen genügenden Stromweg für Ableitungen bilden. Man stellt die Zellen deswegen häufig auf kleine passend geformte Porzellanfüße, welche dem Strom den Weg verlegen, indem sie für ihn eine unbegehbare Zone (vgl. was im nächsten Kapitel über Isolatoren gesagt ist) schaffen.

Da die Spannung der Batterie mit abnehmender Ladung sinkt, so ist es notwendig, die Abnahme der Spannung durch Zuschaltung weiterer Zellen wieder auf die normale Höhe zu bringen. Jede Batterie enthält deswegen einige Zellen mehr, als bei voller Ladung benutzt werden, und man verbindet diese Zusatzzellen in geeigneter Weise mit einem Schaltapparat, welcher das Zuschalten bis zur Erreichung der normalen Spannung gestattet. Die Akkumulatorenbatterie erfordert aber noch weitere Schaltungsänderungen für ihren Betrieb, und wir wollen dieselben mit dem eben erwähnten Zuschalter später im Zusammenhange mit andern Teilen der Beleuchtungsanlagen erläutern.

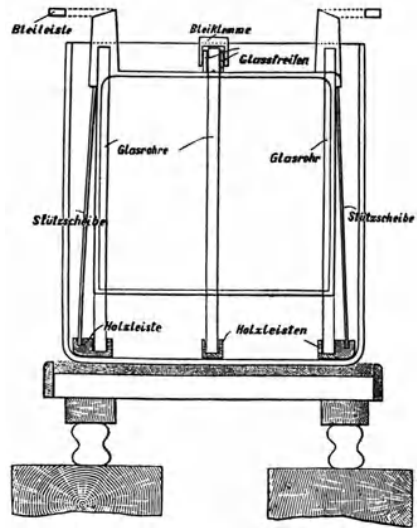


Fig. 130. Aufbau der Zellen der „Akkumulatorenfabrik A. & G. in Sagen i. W.“

Ladung und Entladung der Akkumulatoren. Wenn zwei Akkumulatorenplatten nur das geringste Maß Ladung haben, so wirkt zwischen ihnen eine elektromotorische Kraft, welche derjenigen des Ladestromes entgegengesetzt ist. Würde der Spannungsunterschied des Ladestromes an den Polen des Akkumulators nur gerade so groß sein als die elektromotorische Kraft des Akkumulators, so würde kein Strom durch die Zelle hindurch gehen, erst der Überschuss der elektromotorischen Kraft des Ladestromes über die der Zelle kann einen ladenden Strom erzeugen, welcher nach dem Ohmschen Gesetz gleich sein wird dem Verhältnis jenes Überschusses zum Widerstand der Zelle. Wir ersehen daraus, daß die Spannung des ladenden Stromes stets größer sein muß als die der zu ladenden Zellen. Die elektromotorische Kraft der Zellen steigt mit dem Laden, und soll der Ladestrom auf fester Stromstärke erhalten werden, so ist es notwendig, die elektromotorische Kraft der Maschine zu erhöhen.

Die elektromotorische Kraft eines Akkumulators steigt bei der Ladung von 2,05 auf 2,7 Volt und sinkt bei der Entladung von 1,9 auf 1,8 Volt. Würde man noch weiter entladen, so würde die Spannung rasch sinken. Man läßt aber stets einen Rest Ladung in den Zellen, weil eine vollständige Entladung ihnen schädlich ist.

Man wird es nun vielleicht für zweckmäßig halten, die Ladenspannung und also damit auch die Stärke des Ladestromes zu erhöhen, um rascher laden zu können. Allein die raschere Ladung ist kein Vorteil für die Zellen, und wenn man zu starke Ladeströme anwendet, ein Nachteil für dieselben, weil dadurch statt der Bildung der energietragenden Stoffe das Entstehen schädlicher Verbindungen und Vorgänge gefördert wird. Das Gleiche gilt auch für das Entladen; auch hier sind wir auf ein Höchstmaß des zu entnehmenden Stromes angewiesen und können nicht ohne Schaden für die Batterie die Ladung in beliebig kurzer Zeit herausnehmen. Die Umbildung der verschiedenen Stoffe bei Ladung wie Entladung verlangt, wenn sie unter den Bedingungen des thunlich kleinsten Verlustes und der Erhaltung der Batterie geschehen soll, ihre Zeit. Die Gründe hierfür können wir an dieser Stelle nicht gut entwickeln, aber der Leser weiß ja, daß auch bei chemischen Vorgängen häufig das alte Wort: „Gut Ding will Weile haben“ seine Geltung hat.

Diese Beschränkung auf ein Höchstmaß bei der Stromentnahme ist zuweilen störend. Wir werden später sehen, daß man die Akkumulatoren zum Betriebe von Straßenbahnmagen benutzt hat, und hier haben dieselben, wenn Steigungen zu überwinden sind, oder der Wagen anfährt, eine erheblich größere Arbeit als bei der Bewegung auf ebener Strecke zu leisten. Sie müssen darum für solche Mehrleistungen einen stärkeren Strom hergeben und werden daher überanstrengt. Die Akkumulatorentechniker sind daher bemüht, die Akkumulatoren auch für raschere Entladung herzustellen und haben auf diesem Wege bereits manche Erfolge erzielt.

Da die Platten der Akkumulatoren für einen bestimmten Lade- wie Entladepol bestimmt sind, so ist es wichtig, daß der Ladestrom stets in der richtigen Richtung durch die Zellen geht; eine Verwechslung der Pole würde eine sehr unangenehme Wirkung auf die Batterie haben und die Formierung derselben in bedenklicher Weise zerstören. Da man nicht immer sofort weiß, welchen Pol der Maschinen- oder Batterieleitung man vor sich hat, so stellt man dieselben vorher durch einen Polprüfungsapparat oder durch Polreagenzpapier fest. Das letztere, ein chemisch präpariertes Papier, zeigt, wenn man es anfeuchtet und die Enden einer stromgebenden Leitung in geringer Entfernung voneinander auf dasselbe setzt, durch einen roten Fleck, der an dem Ende der mit dem negativen Pole verbundenen Leitung entsteht, sofort die Lage der Pole an. Man kann auf diese Weise die Pole einer Dynamomaschine wie auch einer Akkumulatorenzelle oder Batterie, welche ja stets einen Rest Ladung hat, schnell bestimmen.

Noch einige Worte über den Nutzeffekt der Akkumulatoren. Es wird von vornherein verständlich erscheinen, daß nicht alle elektrische Energie, welche den Akkumulatoren beim Laden zugeführt wird, bei der Entladung wiedergewonnen wird. Der Betrieb mit Akkumulatorenstrom ist also teurer als der mit direktem Maschinenstrom. Nun muß die Frage Interesse gewinnen, wie groß der Verlust an Energie bei der Aufspeicherung ist. Unter

sehr sorgfältiger Ladung und Entladung hat man diesen Verlust auf weniger als zehn Prozent gebracht, so daß die Akkumulatoren über neunzig Prozent Nutzeffekt haben. Aber in dem gewöhnlichen Betriebe kann eine solche Sorgfalt nicht angewendet werden und der Nutzeffekt sinkt auf und unter achtzig Prozent. Bei richtiger Behandlung einer Batterie erzielt man ungefähr achtzig Prozent Nutzeffekt. Rechnet man die Kosten der Wartung und der Erhaltung der Batterie, sowie die Amortisation der Anlagekosten hinzu, so dürfte sich der Strom aus Akkumulatoren in seinen Kosten auf das $1\frac{1}{2}$ fache des direkten Maschinenstromes stellen. Man wird daher während der Zeit, in welcher die Mehrzahl der Lampen brennt, mit Vorteil den Maschinenstrom, während der Stunden, in denen nur wenige Lampen gebrannt werden, dagegen die Akkumulatorenbatterie benutzen, weil für die Speisung derselben der für größere Leistungen berechnete Maschinenbetrieb unvorteilhaft ist.

Wir haben natürlich auch noch den Vorteil in Anschlag zu bringen, daß die Akkumulatorenbatterie in jeder Tages- und Nachtzeit ohne weiteres in Funktion treten, und man mit ihr stets und ohne Umstände Licht haben kann, daß sie auch, wenn der Maschinenbetrieb eine Störung erleidet, für ihn einspringt, und man durch sie unliebsamer Störungen überhoben bleibt. Gerade diese Vorteile haben wesentlich zur Einführung der Akkumulatoren beigetragen.

Die Leitungen.

Die Fortleitung der elektrischen Energie. Die Isolation. Die nackten Leitungen. Die Isolatoren. Die Leitung. Die Verbindungen. Die Leitungsträger. Der Leitungsbau. Die unterirdischen Luftleitungen. Die umkleideten Leitungen. Der Zweck und Arten der Umkleidung. Die Anspannung der Drähte. Die Gutfapercha- und Kautschuk-Bullen. Bleikabel. Die Schutzjüllen.



Die Fortleitung der elektrischen Energie. Zu den hervorragendsten Eigenschaften des elektrischen Stromes gehört seine außerordentliche Fähigkeit, sich auf weit entfernte Orte leiten zu lassen, und in dieser Beziehung steht er jeder andern Energieform, was Sicherheit, Einfachheit und Weite der Übertragung betrifft, weit voran. Wir können ja auch die andern Energieformen leiten, wie z. B. die mechanische Energie mit Hilfe des Treibriemens oder eines endlosen Seiles oder für größere Entfernungen durch Druckluft oder Druckwasser, welche durch Röhren gepreßt werden, aber diese Übertragungen sind der elektrischen Leitung, sei es wegen ihrer geringeren Leistungsfähigkeit, sei es wegen der größeren Anlagekosten, unterlegen. Wärme vermögen wir auf kleinere Entfernungen hin mittels Dampf- oder Heißluftleitungen zu übertragen, aber auch hier zeigt sich, nur in noch höherem Maße wie bei der mechanischen Energie, daß diese Leitungen der elektrischen Übertragung weit nachstehen. Die Strahlung der Wärme und des Lichtes, welche auch eine räumliche Übertragung von Energie ist, läßt sich, trotzdem sie ganz außerordentliche Entfernung mit der Geschwindigkeit der Elektrizität zu überbrücken vermag, technisch kaum verwenden, und die einzige Verwendung, welche in dieser Richtung jemals gemacht, soll der gute Archimedes verschuldet haben, welcher die feindliche Flotte von der Stadtmauer von Syrakus aus mittels Hohlspiegel in Brand steckte. Vielleicht ist dies aber eines der vielen Geschichtchen in der Geschichte, die mehr nett als wahr sind.

Neben der Übertragungsgeschwindigkeit und der erreichbaren Übertragungsentfernung bei der elektrischen Energieleitung bestehen noch andre Vorzüge, welche auch bei geringeren Entfernungen andern Übertragungen gegenüber zur Geltung kommen. Der Strom geht durch einen Draht und es ist ihm gleichgültig, welche Krümmungen und Biegungen derselbe macht. Der Draht selbst schickt sich williger als jedes andre Leitungsmittel, sagen wir z. B. als ein Rohr, in jede Krümmung, und kriecht mit Leichtigkeit durch ein enges Loch, durch einen Kanal mit den verzwicktesten Windungen. Seine Biegsamkeit gestattet es, die Vorrichtung, zu welcher der Strom geführt wird, zu bewegen, ja der Strom verlangt nicht einmal, daß die Teile seines Weges in fester mechanischer Verbindung sind, wenn nur immer die elektrische Verbindung gesichert bleibt, und er läßt sich willig von der Erzeugungstätte zu einem fahrenden Wagen oder einer andern bewegten Vorrichtung führen.

Wir unterlassen es, die weiteren Vorzüge der elektrischen Übertragung durch Leitung aufzuzählen, und machen nur noch auf einen Punkt aufmerksam, welcher mit der außerordentlichen Übertragungsfähigkeit der elektrischen Energie eng zusammen hängt, nämlich auf die Verteilungsfähigkeit des Stromes. Die an einer Zentralstelle erzeugte elektrische Energie läßt sich aus den Leitungen durch Abzweigungen in jedem Maße teilen und so vermag man den Strom einer beliebigen Zahl von Verbrauchsstellen zuzuführen. In gewissem Maße läßt sich dies auch durch das Gas erzielen, welches man ebenfalls als eine Art Energieleitung betrachten darf. Allein die elektrische Übertragung entwickelt sich in einem solchen Grade, daß in absehbarer Zeit das Gebiet, welches man mit Gas speisen kann, verschwindend klein gegen die Gebiete sein wird, über welche man den Strom hin verteilen kann. Die Zeit erscheint nicht mehr allzu fern, in welcher kraftfruchtbare Länder wie die Schweiz, ein allgemeines, sich über das ganze Land verbreitendes Leitungsnetz aus ihren zahlreichen Wasserkraften speisen und hoch auf die Berge und tief in die Täler, in Städte und in einsame Schluchten den Strom zur Verwendung für die verschiedenartigsten Zwecke schicken werden. Eine gleiche Energieverteilung läßt sich mit andern, bis jetzt bekannten Energieformen nicht erzielen.

Die Isolation. Die außerordentliche Willigkeit, mit welcher der Strom den Leitungsweg bezieht, bildet in gewisser Beziehung einen Nachteil, denn der Strom geht jeden Weg, den er für seinen Kreislauf gangbar findet, und nicht immer sind seine Wege die von uns gewünschten. Wir müssen deswegen Sorge tragen, dem Strom jeden Abweg unmöglich zu machen, ihn auf den von uns gewollten Weg zu zwingen, und dies bedeutet zu einem großen Teil die Technik der elektrischen Leitung, welche uns in diesem Kapitel beschäftigen wird.

Die elektrische Energie kann sich räumlich auf zwei Arten verbreiten, durch Strahlung und durch Strömung oder Fortleitung; sie verhält sich darin wie die Wärme. Was die erstere Übertragungsform, welche erst vor wenigen Jahren durch Prof. Herz entdeckt worden ist, angeht, so haben wir uns mit ihr nicht zu beschäftigen, da sie — wir sehen ab von den verwandten Induktionserscheinungen — nur eine ganz beschränkte technische Verwendung bisher gefunden hat. (Wir werden später eine solche Verwendung bei dem Telegraphieren zwischen einem Telegraphenamate und einem fahrenden Eisenbahnzuge kennen lernen, was hier kurz erwähnt sein mag.) Für uns steht demnach an dieser Stelle nur die Übertragung der Energie durch den fortgeleiteten Strom in Frage. Wie der Leser nun weiß, kann sich strömende elektrische Energie durch manche Stoffe verhältnismäßig sehr leicht, durch andre dagegen fast gar nicht bewegen. Stoffe der ersteren Art bezeichnen wir als Leiter des Stromes, die der andern als Nichtleiter. Wollen wir nun dem Strom einen festen Weg anweisen, so stellen wir diesen Weg aus einem leitenden Stoffe her und tragen dafür Sorge, daß dieser Weg auf seiner ganzen Strecke mit nichtleitenden Stoffen umgeben ist, gerade so wie wir einen Wasserstrom durch eine Röhre mit festen und undurchdringlichen Wandungen leiten. Man heißt diese Begrenzung des Stromes die Isolierung desselben und die nichtleitenden Materialien werden mit Rücksicht auf eine solche Verwendung isolierende Stoffe, oder auch Isolatoren genannt; der letztere Ausdruck hat eine zweite, engere Bedeutung, indem man gewisse Vorrichtungen, welche dem Zwecke der Isolierung dienen, mit dieser Benennung bezeichnet.

Ein guter Isolator für den Strom ist die Luft. Soweit ein Draht ganz von Luft umgeben ist, kann der Strom nicht aus ihm austreten. Aber diese vorzügliche elektrische Eigenschaft der Luft wird nicht durch ihre mechanische unterstützt; wir können den Draht nicht in Luft allein legen, sie trägt ihn nicht. Wir sind daher gezwungen, dem Drahte die nötigen Stützpunkte zu geben, und damit wird die Frage der Isolierung eine verwickeltere, denn wir müssen für eine Isolierung an den Stützpunkten Sorge tragen, und nun handelt es sich darum, wo diese Stützpunkte liegen. Sie können sich an einzelnen Stellen des Leitungsweges bezw. des Drahtes befinden und sie können sich über die ganze Länge des Drahtes hin erstrecken. Wir wollen dies an Beispielen erläutern. Unsere Telegraphendrähte führen durch die Luft und werden durch Stangen, die etwa von 100 zu 100 Metern aufgestellt sind, getragen. Hier hat die im übrigen durch Luft isolierte Leitung einzelne

Stützpunkte und wir haben also nur Sorge zu tragen, daß die Drähte dort, wo sie an den Stangen befestigt sind, isoliert werden. Wenn wir dagegen die Drähte unserer Elektromagneten auf einen Kern wickeln, dann berührten sie auf der ganzen Strecke hin die Unterlage; dabei ergeben sich aber noch andre Verhältnisse, denn die Drähte berühren nicht nur ihre Unterlage, sondern unter Umständen auch sich selbst in den einzelnen Windungen. In solchen Fällen ist für die gegenseitige Isolierung der Drahtteile Sorge zu tragen und man wird sie deshalb an diesen Stellen durch einen Stoff isolieren müssen, welcher sie zuverlässig voneinander trennt und Berührungen verhindert. Wir werden infolgedessen zwei Hauptarten der Isolierungen unterscheiden; bei der ersten sind nur einzelne Stützpunkte zu isolieren, weil im übrigen die Luft die Isolierung übernimmt; im zweiten Falle dagegen haben wir nur das Auskunftsmittel, den Draht auf seiner ganzen Länge hin mit einer isolierenden Hülle von genügender mechanischer Festigkeit zu umgeben, um ihn überall gegen leitende Berührungen zu schützen. Demnach unterscheiden wir nackte und umkleidete Leitungen.

* * *

Die nackten Leitungen.

Die Isolatoren. Als Gauß und Weber in Göttingen die erste Telegraphenanlage errichteten, benutzten sie eine Luftleitung, bei welcher ein Kupferdraht auf Stangen über die Dächer geführt worden war. Sie mußten aber bald einsehen, und ihre Nach-



Fig. 131. Cooke's Isolator.



Fig. 132 a. Walker's Isolator.

folger machten alsbald die gleiche Erfahrung, daß die Stangen, wenn sie naß wurden, dem Strome einen Nebenweg von einer Leitung zur andern ermöglichten, und je länger die Leitung war, je mehr Nebenwege der Strom auf der Strecke fand, desto schwächer wurde der übrig bleibende Teil des Stromes, welcher die Endstelle erreichte. Man war daher genötigt, den Draht an der Befestigungsstelle von der Stange zu isolieren. Anfänglich waren diese Isolationsvorrichtungen sehr primitiv. Bei den ersten Telegraphenanlagen legte man die Drähte in Einschnitte, die man schräg in die Telegraphenstangen eingefügt hatte, oder befestigte den Draht unmittelbar an den Stangen; um die nötige Isolation gegen die Stange zu schaffen, legte man Filz, gefirnitztes Zeug oder dergl. unter den Draht, und als dies auch nichts half, umwickelte man den Draht an der Befestigungsstelle mit gefirnitztem Band oder Gummistreifen. Natürlich nützte dies auch nur wenig, denn wenn auch durch die Isolation kein Strom gehen konnte, so ging er doch über sie hinweg, weil die sich auf der isolierenden Hülle niederschlagende Feuchtigkeit vom Draht bis zur Stange reichte und somit dem Strom eine Brücke schuf. Man setzte nun die Bandumwicklung durch Glas-, Porzellan- oder Thonröhren. So wendeten Wheatstone und Cooke, welche die erste englische Telegraphenlinie erbauten und für dieselbe anfangs unterirdische Leitung, später aber oberirdische benutzten, röhrenförmige Isolatoren von glasiertem Thon an, welche in Fig. 131 abgebildet sind. Auch diese Vorrichtungen verhindern nicht das Entstehen einer Feuchtigkeitsschicht, welche sich vom Draht bis zur Stange ausbreitet. Etwas besser waren schon die in Fig. 132 abgebildeten Isolatoren von Walker, die ebenfalls aus glasiertem Thon bestanden. Hier liegt zwischen Draht und äußerer Oberfläche eine Innenfläche, welche vom Regen nicht so leicht erreicht wird, aber immerhin durch Betauung in feuchter Atmosphäre naß werden kann.

Die Erkenntnis, daß es notwendig sei, einen Teil der Fläche des Isolators unter allen Umständen gegen Feuchtwerden zu schützen, so daß zwischen Draht und Stange eine

vollständig geschlossene trockene Zone kommt, führte die Telegraphentechniker dahin, den Isolator durch ein Schutzbach zu schützen. Ein Beispiel für eine solche Anordnung bietet der Isolator von Clark, den Fig. 133 darstellt. Hier ist der aus Steingut hergestellte Isolator mit seinem dicken Fuß an einem Querholz der Stange befestigt und zwischen Fuß und Holz ein Schutzbach aus Blech eingefügt, welches den Fuß trocken erhält. Aber auch bei diesem Isolator konnte sich ein feuchter Niederschlag durch Kondensation bilden, und es blieb auch diese Konstruktion ungenügend.

Ende der vierziger Jahre ging man nun dazu über, das Schutzbach unter den Körper, an welchem der Draht befestigt ist, zu legen und Körper wie Dach aus einem Stück und demselben isolierenden Material zu machen. Es entstand der Glockenisolator, der in verbesserter Form noch heute angewendet wird. Bereits 1848 hatte Werner Siemens einen solchen Isolator angegeben, und als man 1852 in Preußen die unterirdischen Leitungen wegen mancher Mängel aufgab und zu oberirdischen überging, nahm man solche Glockenisolatoren aus Porzellan in Verwendung, deren damalige Form Fig. 134 wiedergibt. Die eiserne Stütze wird mit Schwefel im oberen Teil der Höhlung der Glocke eingegossen. Die Leitung liegt im Einschnitte des Kopfes und wird durch Draht daran befestigt.

Solche Porzellanisolatoren wurden mit der Zeit allgemein eingeführt, wobei Form, Abmessungen und Material vielfach abgeändert wurden. In England benutzte man glasierten Thon, in Amerika wendet man noch heute einen Isolator aus Glas an, während bei uns dieses Material nur vorübergehend Verwendung gefunden hat.

Der Glockenisolator war zweifellos ein erheblicher Fortschritt, weil er Einfachheit mit größerer mechanischer wie elektrischer Sicherheit verband. Aber dennoch traten auch bei dieser einfachen Glocke Stromverbindungen zwischen Hin- und Rückleitung — „Nebenschlüsse“ — auf, weil sich aus der feuchten Luft Wasser sowie Ruß und Staub an der inneren Wandung der Glocke niederschlug und einen Nebenweg für den Strom bildete. Man sah sich daher genötigt, die trockene Zone thunlichst groß zu machen, und erreichte dies, indem man die Glocke zu einer Doppelglocke (Fig. 135) umgestaltete und die Hohlräume derselben möglichst tief und eng machte, was den Luftwechsel in denselben erschwerte. Es können daher nicht größere Mengen Feuchtigkeit an den Innenwänden zur Ablagerung kommen, die trockene Zone bleibt erhalten.

Eine erste Form solcher Doppelglocken hatte bereits 1848 Ricardo angegeben. Dann konstruierte Clark in England einen derartigen Isolator, der 1856 patentiert wurde, und endlich brachte v. Chauvin, der damalige Leiter des preussischen Telegraphenwesens, die Doppelglocke als Isolator für die preussischen Linien in Vorschlag. Diese Form wurde einige Jahre später angenommen und wird jetzt in Europa durchweg benutzt. Amerika wendet, wie schon gesagt, noch heute einfache Glocken und zwar aus Glas an, welche auf einen Holzpflock geschraubt werden, der seinerseits senkrecht auf einem Querarm der Stange sitzt; das dortige trockene Klima erlaubt eine solche Isolation, für uns wäre sie unverwendbar.

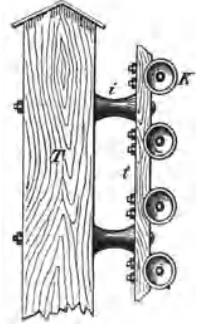


Fig. 132 b.
Befeichtigung der Walter'schen Isolatoren.

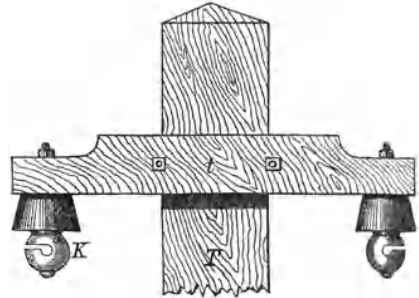


Fig. 133. Clark's Isolator.

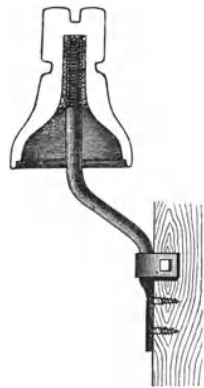


Fig. 134.
Älterer Glockenisolator.

Die spezielle Form, welche man diesen Glocken gibt, ist verschieden. Fast jede Telegraphen- und Eisenbahnverwaltung hat ein anderes Modell, das von den andern in bezug auf die Abmessungen abweicht, im Prinzip sind sie aber alle gleich. Das von uns abgebildete Modell ist das der deutschen Telegraphenverwaltung.

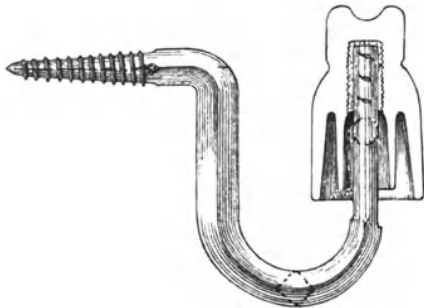


Fig. 185. Die Doppelglocke; im Längsschnitt.

Wenn nun die Doppelglocken auch für die Telegraphenströme, die eine geringe Spannung haben, genügen, so haben sie sich bei den Leitungen mit den hoch gespannten Strömen der Neuzeit als ungenügend erwiesen. Das geringe Maß Feuchtigkeit, das sich doch stets auf der inneren Wandung befindet, sowie auch Staub- und Rußablagerungen, bieten den hochgespannten Strömen einen genügenden Leitungsweg, um Stromübergänge entstehen zu lassen, welche zu störenden oder gar gefährdenden Wirkungen Anlaß geben können. Um nun eine zuverlässig leitungs-freie Stelle auf der Innenwand der Glocke zu schaffen, haben Johnson & Phillips, eine englische Firma, den Rand einer einfachen Glocke (Fig. 136) nach innen umgebogen, so daß ein ringförmiger Kanal entsteht. Dieser Kanal wird mit Öl (Kohlenwasserstoff) gefüllt. Da sich auf der Oberfläche keine Wasserhaut bilden kann, es selbst aber eines der besten Isolierungsmittel ist, so ist damit eine für den Strom unbegehrbare Zone zwischen Außen- und Innenwand geschaffen. Isolatoren dieser Art haben sich vortrefflich bewährt; aber als man mit den Spannungen der Ströme noch höher ging, zeigte es sich, daß der einfache Örling noch nicht genügend war, und deshalb entschlossen sich die Unternehmer der bekannten Lauffener Kraftübertragungsanlage, statt des einfachen einen mehrfachen Örling anzubringen. Einen solchen Isolator im Schnitt bilden wir in Fig. 137 ab.

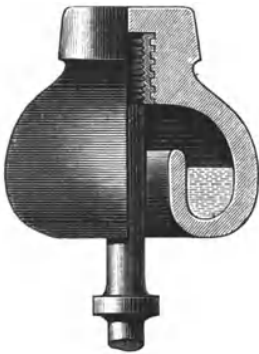


Fig. 136. Ölisolator.

Die Leitung. Wir kommen nun zu dem eigentlichen stromführenden Teil der oberirdischen Leitungen, zu dem Draht, wie man ihn in den oberirdischen Linien verwendet. Der Querschnitt desselben wird von der Stärke des zu führenden Stromes und von dem Widerstande, den der Leiter haben soll, abhängen. Aber neben den elektrischen Bedingungen treten auch mechanische als maßgebende auf, die Berücksichtigung verlangen, und so weist der an sich höchst einfache Leiter eine große Verschiedenheit in Material wie Abmessungen auf.

Wir wollen zunächst die Drähte der ältesten und verbreitetsten Luftleitungen, die der Telegraphen, betrachten. Anfänglich nahm man für diese Leitungen Eisendraht, der zum Schutz gegen das Rosten verzinkt war; nach kurzer Zeit ging man aber zu dem Kupferdraht über, welcher besser leitet und darum dünner gewählt werden kann, zudem nicht dem Rosten ausgesetzt ist. Leider zeigte derselbe aber sehr bald eine üble Eigenschaft nach der moralischen Seite hin, er wurde als bequem zu erlangendes Diebstahlgut oft auf lange Strecken hin gemauert, und wo er nicht durch ein solches Enteignungsverfahren schon beizeiten abgenommen wurde, zeigte er eine mit der Zeit auftretende unliebsame Dehnung. Man kam daher wieder auf den verzinkten Eisendraht zurück, welcher jetzt in überwiegendem Maße bei den Telegraphenanlagen in Anwendung ist; doch benutzte man neben ihm und insbesondere bei großen Spannweiten, wo es beispielsweise die Überschreitung von Schluchten, Flüssen zc. gilt, auch Stahldraht. In neuerer Zeit hat man in Amerika einen Verbunddraht (Compound-Draht) angewendet, welcher aus einer Stahlseele



Fig. 137. Ölisolator mit mehreren Örlingen.

man neben ihm und insbesondere bei großen Spannweiten, wo es beispielsweise die Überschreitung von Schluchten, Flüssen zc. gilt, auch Stahldraht. In neuerer Zeit hat man in Amerika einen Verbunddraht (Compound-Draht) angewendet, welcher aus einer Stahlseele

mit einem Kupfermantel besteht. Dieser Draht vereinigt die guten Eigenschaften des Kupferdrahtes mit denen des Stahldrahtes, gestattet Durchmesser und relatives Gewicht des Drahtes zu vermindern und die überschrittenen Spannungen zu vergrößern. Noch neuer sind die Hart-Kupferdrähte, welche aus Legierungen von Kupfer mit Phosphor, Silicium und Chrom bestehen. Dieses Material hat nahezu die gleiche Leitungsfähigkeit wie Kupfer, dagegen eine erheblich größere Festigkeit, mit welcher es sich der des Stahles nähert. Drähte dieser Art sind namentlich bei Fernsprechanlagen in Verwendung gekommen, teils weil sie in Stadtanlagen die Aufstellung leichter Träger gestatten, teils weil bei sehr langen Fernsprechnlinien — nennen wir als Beispiel die Verbindung Paris-London — das Eisen und der Stahldraht nicht befähigt sind, die Stromwellen des Fernsprechapparates zu übertragen; darüber später beim Telephonwesen.

Die Leitungen für Starkströme. Für oberirdische Starkstromleitungen wendet man in der Hauptsache nur Kupferdraht an, und zwar bis 5 oder 6 mm einfachen Draht, bei stärkeren Leitungen dagegen Kupferseile, weil sich die dickeren Drähte kaum behandeln lassen. In einzelnen Fällen hat man auch für Zuleitungen zu Bogenlampen Eisendraht benutzt. Wir werden später sehen, daß die Schaltung der Bogenlampen in gewissen Fällen die Einfügung eines Widerstandes von gewisser Größe erheischt, und um diesen in die Leitung zu legen, nahm man das schlechter leitende Eisen. Den gleichen Zweck hätte man auch durch Verwendung eines entsprechend dünnen Kupferdrahtes erreichen können, allein hier lag die Gefahr einer größeren Erhitzung des dünnen Drahtes vor, die man durch Anwendung dickerer Eisendrähte vermied.

Im übrigen weist die oberirdische Luftleitung für stärkere Ströme keine wesentlichen Abweichungen von den oberirdischen Telegraphenleitungen auf; wir können darum das, was für die letzteren gesagt wird, auch für die ersteren gelten lassen. Etwas wesentlich Neues erhalten wir aber in den unterirdischen Luftleitungen für starke Ströme, auf die wir später zu sprechen kommen.

Die Verbindungen. Da es nicht möglich ist, den Draht für die ganze Leitungsstrecke in einem Stück zu legen, so wird es nötig, die einzelnen Drahtstücke miteinander zu verbinden, und hierbei muß man für eine Verbindung Sorge tragen, welche elektrisch wie mechanisch sicher ist. Im Anfang des Telegraphenbaues wendete man hierfür Verbindungsmuffen an, d. h. Messingstückchen, welche eine durchgehende Bohrung besaßen; in diese steckte man die zu verbindenden Drahtenden von entgegengesetzten Seiten ein und lötete sie fest. Weil nun aber derartige Verbindungen bei der schwingenden Bewegung, in welche die Drähte unter Einwirkung des Windes geraten, bald locker wurden und zu Brüchen oder Leitungsunterbrechungen Anlaß gaben, so wendete man später die sogenannte Würgelötfstelle an, welche in Fig. 138 dargestellt ist. Der in dieser Weise zusammengedrehte Draht wird gut verlötet und damit eine sichere elektrische Verbindung erzielt. Neuerdings wendet man eine verbesserte Verbindung an, die als englische bezeichnet wird. Ihre Herstellung und endliche Form wird Fig. 139 erkennen lassen.

Die Leitungsträger. Die Leitungen, welche in entsprechender Höhe über den Boden hinweg geführt werden sollen, müssen an geeigneten Trägern befestigt sein. Ist der Weg frei, führt er z. B. längs einer Chaussee, eines Eisenbahndammes oder über freies Feld, so stellt man in angemessenen Zwischenräumen Stangen auf, an denen die Isolatoren befestigt sind und die Leitungen tragen. Leitungsanlagen dieser Art sind allbekannt und die „Flucht der ragenden Stangen“ mit den weißen Porzellanpfosten und



Fig. 138. Würgelötfstelle.

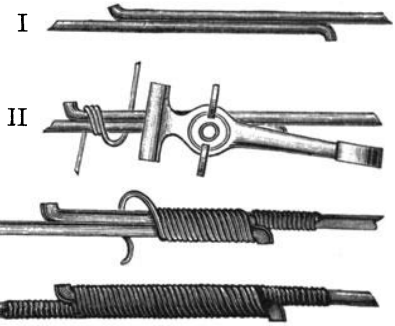


Fig. 139. Die englische Verbindung und ihre Herstellung.

den endlosen summenden Drähten, die beliebte Ruheplätze für Vögel geworden sind, verkörpert für die meisten Menschen, was sie sich unter „Telegraph“ vorstellen.

Zumeist werden für diese Stangen solche aus Holz, und zwar bei uns von Kiefern, Tannen und verwandten Holzarten genommen. Da die Stange der Feuchtigkeit ausgesetzt ist, welche die Fäulnis der Stangen begünstigt, so wendet man zur Verlängerung ihrer Lebensdauer Konservierungsverfahren an, welche in einer Tränkung der Stange mit Kupfervitriollösung oder kreosothaltigem Teeröl bestehen. Für die Tränkung mit Kupfervitriollösung wird die Lösung am Stammende der Stange eingepreßt, durchzieht

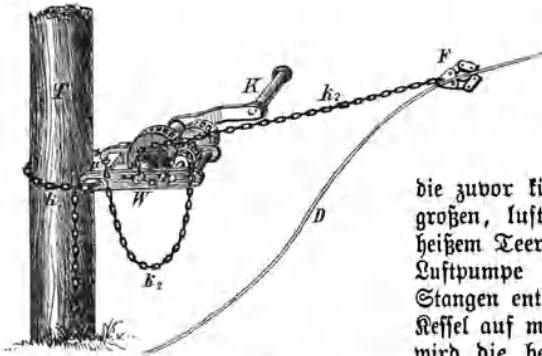


Fig. 140. Winde zum Spannen der Telegraphenbrähte.

die feinen Kanäle der Stange und tritt am dünnen Ende der Stange, am Kopfende, wieder aus. Die so mit der Lösung gefüllten Stangen läßt man an der Luft trocknen, so daß das Kupfervitriol in ihnen zurückbleibt. Bei der Kreosotierung werden

die zuvor künstlich ausgetrockneten Hölzer in einen großen, luftdicht verschließbaren Kessel, der mit heißem Teeröl gefüllt ist, gebracht und durch eine Luftpumpe die Luft aus den Hohlräumen der Stangen entfernt, worauf man dann den Druck im Kessel auf mehrere Atmosphären erhöht. Hierdurch wird die heiße Flüssigkeit, in welcher die Hölzer liegen, in die Hohlräume des Holzes gepreßt und füllt dieselben aus. Die Wirkung beider Tränkungs-

flüssigkeiten beruht darauf, daß sie die Mikroorganismen, durch welche die Fäulnis hervorgerufen wird, vernichten.

In selteneren Fällen hat man statt hölzerner Stangen solche von Eisen verwendet, insbesondere hat man, abgesehen von gelegentlichen Anwendungen, solche Träger mehrfach zur Führung der Leitungen in den Straßen der Städte benutzt, wo die gefälligere und leichtere Form, welche man ihnen geben kann, hauptsächlich bestimmend für die Anwendung derselben gewesen ist. In Amsterdam hat man beispielsweise hohe eiserne Gittermasten für die Telephonleitung in den Straßen aufgestellt, und die Querträger derselben ornamental

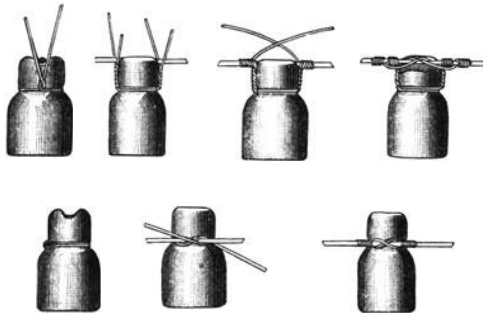


Fig. 141. Festbindung des Leitungsdrahtes auf bzw. an den Isolatoren.

zu gestalten versucht; sehr schön sehen sie aber doch nicht aus. Eine etwas bessere ästhetische Wirkung hat man mit eisernen Trägern in Wien erzielt, aber auch hier dienen die Drähte keineswegs zur Verschönerung der Straßen; Schönheit und technische Zweckmäßigkeit lassen sich manchmal schwer vereinigen, und eine Telegraphenleitung zu einem Kunstgebilde umzugestalten, das hat noch niemand fertig bekommen.

Der Leitungsbau. Die Stangen werden zunächst mit den benötigten Isolatoren besetzt, indem man das wagerechte, mit einem Holzschraubengewinde versehene Ende der eisernen Stützen in die Stange einschraubt, und dann zu $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ ihrer Länge, welche zwischen 7 m und 10 m beträgt, in die Erde eingegraben, und wenn nötig, durch Verankerung oder Streben, verstärkt. Nun kann das Legen der Leitungen beginnen. Der Draht wird längs der Baustraße ausgerollt und vorerst in die Isolatorenstützen gehoben. Alsdann wird der Draht streckenweise ausgespannt und befestigt. Zu diesem Zwecke wird an einer Stange, welche als nächste hinter der vorzunehmenden Strecke liegt, eine Winde (Fig. 140) befestigt, mit welcher eine Kette aufgewunden werden kann. Am Ende dieser Kette sitzt eine Art Zange,

die Froschklaue, so genannt, weil ihre Hebel den Hinterbeinen eines Frosches ähneln; diese faßt den Draht, der durch das Anziehen der Winde gereckt und gespannt wird. Der Draht wird nun zuerst einmal angezogen, um die kleinen Ungleichheiten, Knicke u. s. w. zu beseitigen und dann auf bezw. an die Isolatoren gelegt. Ist die Leitungsstrecke gerade, so legt man den Draht auf den Isolator, in die Einkerbung des Kopfes; bildet dagegen die Leitung an einer Stange einen Winkel, so legt man hier die Leitungen seitlich an den Isolator, in die Halsnute desselben, und zwar stets so, daß der Isolator innerhalb des Winkels (richtiger gesagt: des kleineren der beiden Winkel, den die Leitungsstücke an dieser Stelle miteinander machen) zu liegen kommt und den Zug des Drahtes aufnimmt. Ist dies geschehen, so wird der Draht angepannt. Wie man weiß, läßt sich ein horizontal ausgepannter Draht nie in eine gerade Linie ziehen, er wird stets in der Mitte tiefer hängen als an den Endstellen. Das Maß der Senkung von der Befestigungsstelle zu der am tiefsten herabhängenden bezeichnet man als den Durchhang des Drahtes, und es bestehen Regeln, nach



Fig. 142 a. Froschklaue mit einem Kniehebel.

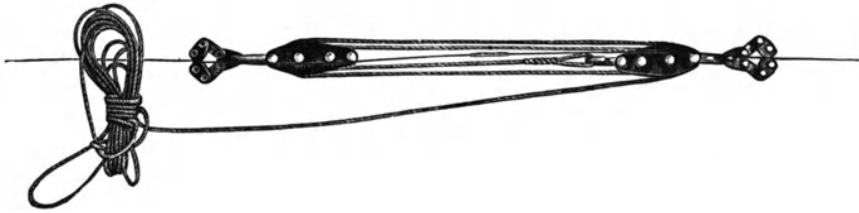


Fig. 142 b. Flaschenzug zum Ausspannen der Drähte; die Froschklaunen haben zwei Kniehebel.

welchen man den Durchhang jeweilig zu bemessen hat. Durch das Anziehen der Winde wird dieser Durchhang bei den angespannten Drahtstrecken reguliert und dann der Draht an der Stange, welche vor der Winde liegt, am Isolator festgebunden. Man nimmt nun in gleicher Weise eine weitere Strecke vor und geht so von Strecke zu Strecke weiter. Auf den fertiggestellten Strecken wird nun der Draht an allen Isolatoren festgebunden, für welchen Zweck ein dünnerer verzinnter Eisendraht um Leitungsdraht und Isolator geschlungen wird. Fig. 141 zeigt, wie diese Bindungen hergestellt werden.

Bei kleineren Leitungsanlagen, so namentlich, wenn es gilt, kürzere Luftleitungsstrecken für elektrische Beleuchtungsanlagen herzustellen, bedient man sich nicht der oben abgebildeten Spannwinde, sondern eines einfacheren, besser tragbaren Instrumentes, eines Flaschenzuges, an dessen einem Kloben die Froschklaue (Fig. 142 a) befestigt ist, während die andre einen Haken oder Ring zur Befestigung des Flaschenzuges an einem festen Stützpunkt trägt. In unserer Abbildung (Fig. 142 b) ist der Flaschenzug allerdings mit zwei Klauen ausgerüstet, weil er zwei Drahtenden zusammenzuführen hat; das ist ein Ausnahmefall, welchem wir in der Abbildung den Vorzug gegeben haben, um die mehrseitige Verwendung des Instrumentes erkennen zu lassen. Der Leser wird sich danach leicht vorstellen können, wie der Flaschenzug bei einseitiger Anspannung mit festem Stützpunkt gebraucht wird. Die Klemmvorrichtung in Fig. 142 a unterscheidet sich im Prinzip nicht von der Froschklaue in Fig. 142 b, nur daß die letztere zwei, die erste Vorrichtung nur einen Kniehebel hat.

Wo die Leitung längs Häusern oder an Mauern entlang geführt wird, befestigt man eiserne Traggestelle von der Form wie in Fig. 143 und ähnliche Vorrichtungen im Mauerwerk.

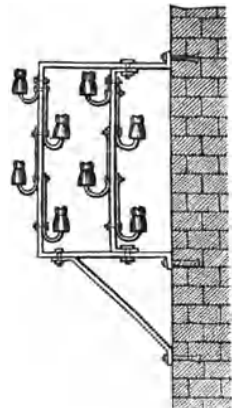


Fig. 143. Mauerträger.

Die unterirdischen Luftleitungen. Die starken Ströme der Elektrizitätswerke werden meist auf unterirdischen Leitungen fortgeleitet, zum Teil weil oberirdische Anbringung der starken Leitungen kaum thunlich wäre, dann aber auch, weil unsere Stadtverwaltungen die Befestigung der Straßen mit Leitungstangen nicht zulassen. Solche unterirdische Starkstromleitungen müssen mit Rücksicht darauf, daß die feuchte Erde ein Leiter

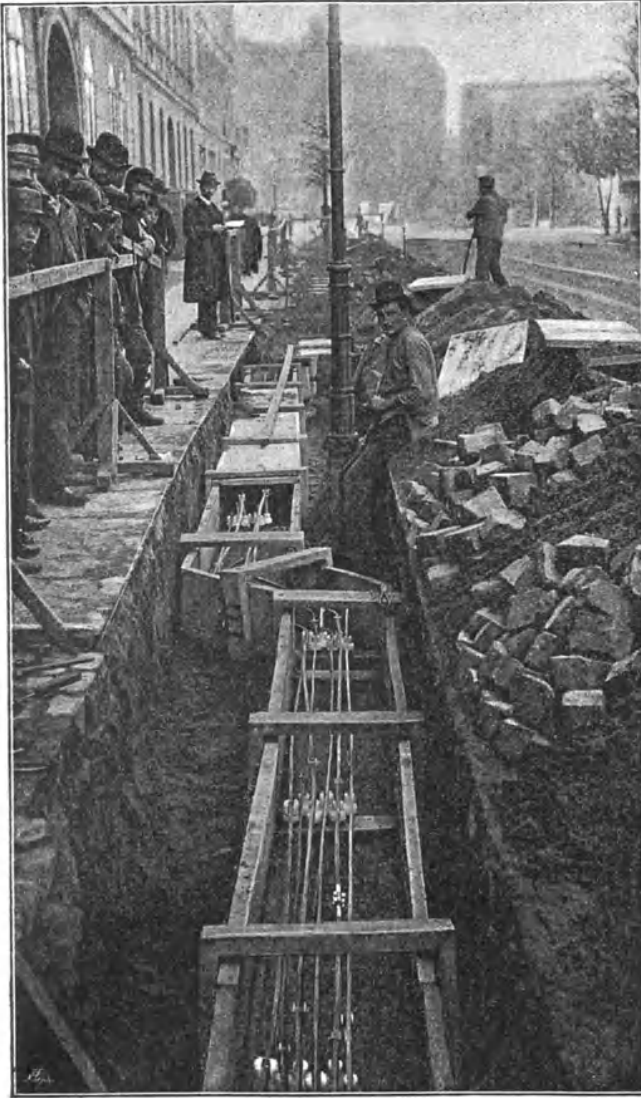


Fig. 144. Unterirdische Luftleitung in Zementkanälen; System der „Berliner Elektrizitätswerke“.

ist, sehr gut isoliert sein. Wie wir nun auf den späteren Seiten sehen werden, verwendet man für diesen Zweck Kabel, Leitungen, bei denen die Kupferleitung vollständig in ein dichtes isolierendes Kleid eingehüllt ist. Die Kosten für solche Kabel sind ziemlich beträchtlich, und entsteht ein Fehler, so muß das fehlerhafte Stück herausgenommen und durch ein andres intaktes ersetzt werden. Das herausgenommene Stück ist bis auf den Metallwert des Kupfers entwertet. Man hat nun versucht, an Stelle der Kabel unterirdische Luftleitungen anzuwenden, welche in verschlossenen Kanälen liegen; solche Kanäle sind leicht zu öffnen und eine etwa schadhafte Leitung kann leicht nachgesehen, ausgetauscht und ohne größere Verluste ersetzt werden. Solange man aus solchen Kanälen das Wasser fern halten kann, ist die Isolation der Leitungen eine genügende, und so sind mehrfach Versuche gemacht worden, derartige Leitungen anzuwenden. Die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ in Berlin hatte einen Teil des Leitungsnetzes der „Berliner Elektrizitätswerke“, ihrer Tochtergesellschaft, mit unterirdischen Luftleitungen ausgeführt, und Leitungen gleicher Konstruktion sind beim „Städtischen Elektrizitätswerke“ in Königsberg i. Pr. in Anwendung gekommen. Man hat bei denselben die Leitungen in Kanäle gelegt, welche aus einer \square = Rinne mit flachem Deckel bestehen und nach Art der Monnierbauten in Zement ausgeführt sind. Am Boden der Rinnen sind von $1\frac{1}{2}$ m zu $1\frac{1}{2}$ m Eisenstäbe angebracht, auf denen die eisernen Stützen der Porzellanisolatoren

tätswerke“, ihrer Tochtergesellschaft, mit unterirdischen Luftleitungen ausgeführt, und Leitungen gleicher Konstruktion sind beim „Städtischen Elektrizitätswerke“ in Königsberg i. Pr. in Anwendung gekommen. Man hat bei denselben die Leitungen in Kanäle gelegt, welche aus einer \square = Rinne mit flachem Deckel bestehen und nach Art der Monnierbauten in Zement ausgeführt sind. Am Boden der Rinnen sind von $1\frac{1}{2}$ m zu $1\frac{1}{2}$ m Eisenstäbe angebracht, auf denen die eisernen Stützen der Porzellanisolatoren

stehen. Die Isolatoren sind Doppelglocken mit verlängertem Kopf, der einen tiefen Einschnitt hat, und in diese Einschnitte legt man nun die stromführenden Kupferstangen, die durch geeignete Klemmen zu einer fortlaufenden Leitung verbunden sind. Unsere beistehende Abbildung (Fig. 144) zeigt den Bau und die Konstruktion dieser Leitungen. Die Zementkästen haben sich aber nicht bewährt, und darum hat man versucht, den Kanal mit dickeren Wänden und aus isolierendem Material herzustellen; eine derartige Konstruktion läßt unsre Fig. 145 erkennen, welche das Prinzip dieser unterirdischen Luftleitungen erläutern wird.

Die umkleideten Leitungen.

Zweck und Arten der Umkleidung. In dem Falle, daß die Leitung nicht durch die Luft führt und also nur an den Stützpunkten sicher isoliert werden muß, sondern auf einer Unterlage aufliegt oder in anderer Weise auf der ganzen Länge mit einem Körper in Berührung ist, pflegt man die Leitung auf der ganzen Strecke hin mit einer isolierenden Hülle zu umgeben. Der Draht ist dann sicher eingeschlossen, und bei Berührung mit andern Leitern bleibt er von diesen stets sicher elektrisch getrennt. Eine solche vollständige Umkleidung des Drahtes verteuert ihn naturgemäß erheblich, bleibt aber in den gedachten Fällen das einzige Mittel, den Stromweg zu sichern.

Die Umhüllung des Drahtes wird in sehr verschiedener Weise hergestellt, sowohl was die elektrischen wie auch die mechanischen Verhältnisse angeht. In erster Reihe wird in Frage kommen, ob die Leitung der Wirkung von Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Solange eine umkleidete Leitung sicher im Trodnen liegt, genügt zur Isolation bei den gebräuchlichen niedrigeren Spannungen, bis hundert oder zweihundert Volt, eine ganz dünne isolierende Schicht, welche, wie wir sehen, am einfachsten aus Gespinnstfaser hergestellt wird. Diese geringe Bemessung der Dicke der Hülle ist von wesentlicher Bedeutung, namentlich wo es gilt, Drähte in Spulen aufzuwickeln und sie dabei in ihren einzelnen Windungen außer Berührung zu halten. In solchen Fällen ist es fast stets erforderlich, in dem zur Verfügung stehenden Raum möglichst viel Draht unterzubringen, und es macht dabei etwas aus, ob die Hülle ein Zwanzigstel oder ein Zehntel oder zwei Zehntel vom Durchmesser des Drahtes in Anspruch nimmt, weil dementsprechend auch der zu bewickelnde Raum durch die Umkleidung fortgenommen wird, also im Verhältnis mehr oder weniger Windungen aufgebracht werden können. In solchen Fällen ist es von wesentlicher Bedeutung, daß die Umkleidung thunlichst kleine Wandstärke mit thunlichst größter Sicherheit verbindet, und diese Aufgabe erheischt von dem Fabrikanten ein großes Maß Geschick und Erfahrung.

Sobald der Draht der Einwirkung von Feuchtigkeit ausgesetzt ist, beansprucht er zur Sicherung der Stromleitung einen Schutz gegen das Eindringen des Wassers in die Hülle, und während in dem vorerwähnten Falle unbedenklich kleine Lusträume und -Kanäle

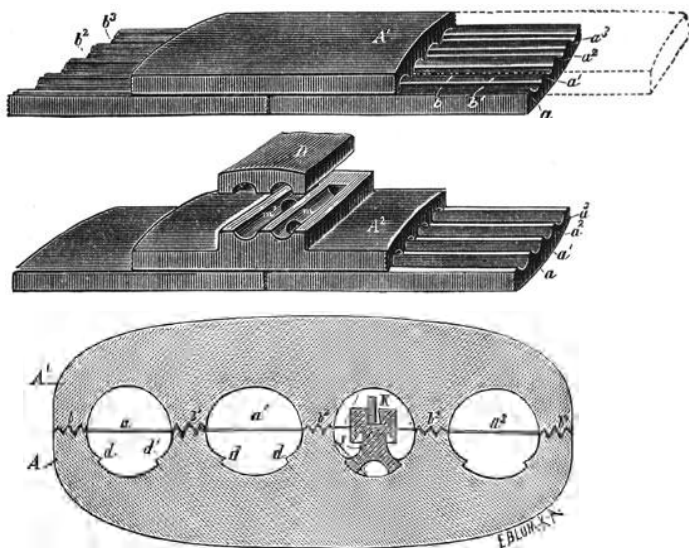


Fig. 145. Unterirdische Luftleitung mit starkem Schutzkörper.

bestehen bleiben können, würden sie in diesem Falle Anlaß geben, daß die auf der Oberfläche der Hülle vorhandene Feuchtigkeit durch die Kapillarwirkung der feinen Risse und Spalten in die Hülle und an den Draht dringt. Damit wären aber Stromwege vom Draht nach der Außenseite geschaffen und die Summe dieser zahlreichen, über die ganze Strecke hin verteilten Kanälchen könnte gegebenenfalls schon eine beträchtliche Stromführung über unerwünschte Nebenwege bewirken; dazu kommt noch, daß der Strom, wenn er einmal an einer Stelle in einem dünnen Stromfaden durchgebrochen ist, durch die zerstörenden Wirkungen, welche dabei auftreten, seinen Weg erweitert und auf diese Weise gefährdende Nebenschlüsse entstehen.

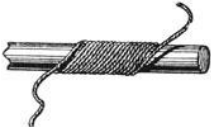


Fig. 146. Umwicklung eines Drahtes mit einem Faden zur Herstellung einer isolierenden Hülle.

Unter diesen Umständen ist somit in erster Reihe geboten, gegen das Eindringen von Feuchtigkeit Sorge zu tragen, die Hülle also wasserdicht zu machen. Wie dies zu erreichen, das hängt in erster Reihe von dem Maß Feuchtigkeit ab, das an den Draht dringen kann. Ein andres ist es, ob eine Leitung auf einer trockenen Zimmerwand liegt, auf welcher sich aber immerhin noch etwas Wasser niederschlägt, und ein andres, ob der Draht auf einer Kellerwand, oder in Erde oder gar in Wasser liegt. Es kommt die weitere Komplikation hinzu, daß die Feuchtigkeit die Hülle angreifen kann und letztere daher durch einen weiteren

Schutz gegen solche Einwirkung gesichert werden muß.

Nächst der Feuchtigkeit sind mechanische Einwirkungen auf die Leitung in Rücksicht zu ziehen, welche die Hülle beschädigen können. Wenn ein Licht- oder Telegraphenkabel in Erde oder in Wasser gelegt wird, dann wird es beim Legen nicht mit Handschuhen angefaßt und die spitzen Steine und die scharfen Sandkörner des Erdbettes geben keine Samunterlage ab, auf welcher das Kabel sanft und sicher ruht. Da heißt es denn, die Isolation noch weiter durch ein festes Kleid gegen Schaden schützen, und so muß denn der stromführende Draht mit manchen Hüllen bedeckt werden, von denen die eine die andre unter ihr liegende zu schützen hat.

In ähnlicher Weise erfordert auch der Draht, welcher den Strom für elektrische Beleuchtung in ein Haus führt, eine Sicherung gegen mechanische Störungen. Frei an der Wand des Zimmers liegend, bleibt er gegen allerhand Einwirkungen, sei es auch nur gegen den Stoß des Besens, der die Spinnweben absetzt, zu sichern; denn eine Beschädigung der Isolation der Drähte könnte sonst eine recht unerfreuliche Brandwirkung hervorrufen; in dieser Beziehung ist mit dem Strom nicht zu spaßen. Der Draht wird daher unter sicherer Verdeckung zu führen sein und man erreicht dadurch auch den weiteren Vorteil, daß der an sich wenig schöne Draht derart verkleidet werden kann, daß er das Auge nicht beleidigt.

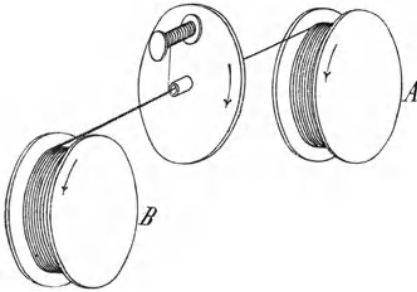


Fig. 147. Prinzip der Umspinnmaschinen.

Dieser kurze Überblick wird genügen, den Leser erkennen zu lassen, wie vielförmig sich die Technik der Drahtumhüllung gestalten muß, und wir wollen nun daran gehen, die einzelnen Verfahren zur Herstellung solcher Leitungen zu beschreiben.

Die Umspinnung der Drähte. Die einfachste Umhüllung der Drähte zum Zweck der Isolation besteht darin, daß ein Faden in dicht aneinander liegenden Windungen um den Draht gewickelt wird (Fig. 146). Der Draht erhält dadurch eine anliegende Hülle, welche ihn, auch wenn er gebogen wird, dicht umschließt. Den auf diese Weise isolierten Draht heißt man „umsponnenen Draht“, eine Bezeichnung, die nicht ganz richtig, aber allgemein angenommen worden ist.

Zur Erzielung einer solchen Umwicklung können wir den Draht sich um seine Längsachse drehen lassen, wobei er den Faden aufwickeln würde, oder — und so geschieht es

wohl ausnahmslos — wir führen den Faden um den Draht und umwickeln diesen. Zu diesem Zwecke läßt man eine Spule, auf welcher der umzuspinnende Faden aufgewickelt ist, um den Draht laufen, welcher sich der fortschreitenden Bewickelung entsprechend fortbewegt, indem er von einer Spule A abgewickelt und auf eine andre B aufgewickelt wird

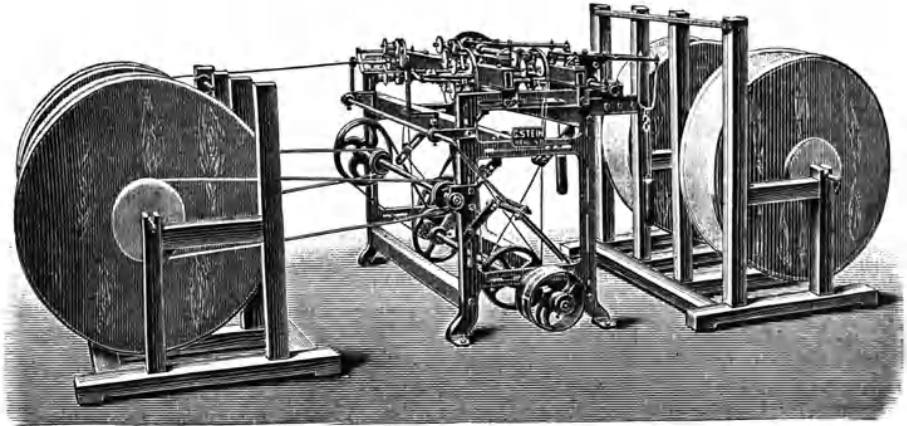


Fig. 148. Umspinnmaschine von G. Stein.

(Fig. 147). Die umlaufende Fadenspule sitzt auf einer Scheibe, deren Welle durchbohrt ist, so daß der Draht durch die Bohrung gehen kann. Dies ist das einfache Prinzip, welches bei den Maschinen zur Umspinnung der Drähte angewendet wird; die Ausführung der Maschinen

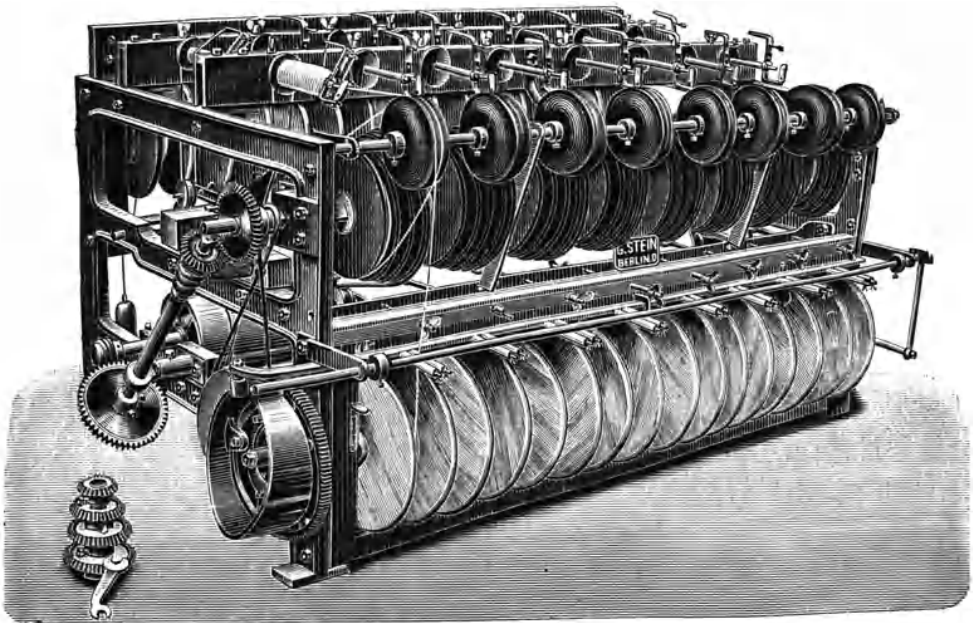


Fig. 149. Umspinnmaschine von G. Stein zur gleichseitigen Bessinnung von acht dünneren Drähten.

erfolgt in verschiedener Weise. Wir werden hier einige Maschinen der Firma G. Stein in Berlin beschreiben, welche solche Umspinnungsmaschinen als Spezialität baut.

Unsre Fig. 148 stellt eine solche Maschine zur Umspinnung dickerer Drähte dar. Zu beiden Seiten derselben sind die Drahttrommeln, von denen die rechts stehenden die

nackten Drähte enthalten, während die durch Riemenantrieb bewegten links stehenden den umspinnenen Draht aufwickeln. Der Draht wird nun durch die in der Mitte zwischen den Trommeln stehende Besspinmaschine geführt, welche gleichzeitig zwei Drähte besspinnen kann und zwar jeden mit zwei übereinander liegenden Lagen. Zu diesem Zwecke geht der Draht, nachdem er durch die hintere Spule umwickelt worden ist, durch einen zweiten Umwicklungsapparat, den wir an der vorderen Seite der Maschine sehen. Die hintere und die vordere Spule laufen im entgegengesetzten Sinne um den Draht, so daß sich also die Windungen der inneren und der äußeren Lage kreuzen und eine dichtere und sicherere Bedeckung erzeugen.



Fig. 150. Umwicklung des Drahtes mit Band.

Eine etwas andre Anordnung zeigt die Maschine Fig. 149, welche zur gleichzeitigen Umspinnung von acht dünneren Drähten dient. Die Spule läuft hier nicht exzentrisch, sondern konzentrisch um den Draht, aber ihr Faden führt über einen kleinen, senkrecht auf der Welle sitzenden Arm, der ihn um den Draht wickelt. Bei dieser Anordnung kann die für die Anspannung des Fadens notwendige Bremsung der Spule auch während des Ganges der Maschine leicht abgeändert werden.

Zur Umwicklung der Drähte bedient man sich nicht nur des Fadens, sondern in manchen Fällen auch eines Bandes aus gewebten Stoffen, das gegebenenfalls mit isolierenden und wasserfesten Materialien getränkt wird. Eine solche Umhüllung (Fig. 150)



Fig. 151. Umklöppelte Leitung.

bietet insofern einen Vorteil, als hier die Ränder der Bandwindungen übereinander greifen und einen dichteren Verschluss erzielen lassen, als ihn die nebeneinander gelegten Fadenwindungen gewähren. Auf der andern Seite zeigt die Bandbewicklung den Nachteil, daß sie dem bedeckten Draht nicht die ebenmäßige Oberfläche der Fadenbesspinnung gibt. Man wird sich ihrer deshalb nur dort bedienen, wo der Draht nicht dicht aufgewickelt, sondern auf gestreckten Leitungswegen, z. B. bei Hausleitungen etc., geführt wird.

Aber auch die Bandbewicklung genügt für manche Fälle nicht, weil alle Bewicklungen die Neigung haben, sich weiter aufzuwickeln, wenn die Hülle an einer Stelle entfernt worden ist. Um diesem Übelstand zu begegnen, umflücht man die Drähte, d. h. es werden zwei mehrsträhnige Umwicklungen in entgegengesetzter Windungsrichtung um den Draht gelegt und die Strähne der einen Windung mit denjenigen der andern verflochten. Fig. 151 läßt diese Umsflechtung oder Umklöppelung, wie sie meistens bezeichnet wird, erkennen.

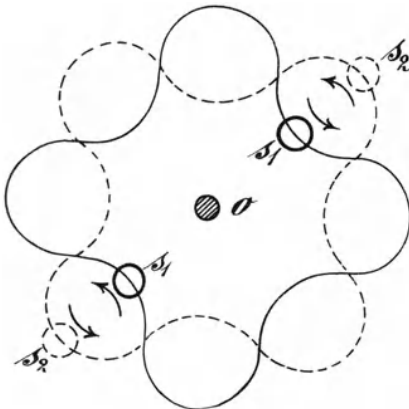


Fig. 152 a. Das Prinzip der Umklöppelmaschinen.

Die Maschine, welche den Draht in dieser Weise bescleht, hat also zwei Arbeitsvorgänge zu bewirken, die Umlegung der beiden mehrsträhnigen Stränge und die Verflechtung der einzelnen Strähne. Der Vorgang wird also dadurch verwickelt, daß die Spulen des einen Stranges denen des andern entgegenlaufen müssen. Um dies zu erreichen, gibt man den Spulen bei ihren Umläufen um den Draht solche Wege, daß jeweils, wenn zwei Spulen aneinander vorbeigehen, ihre Strähne miteinander verflochten werden. So gehen die in Fig. 152 a mit vollem Strich gezeichneten Spulen s^1 auf dem in gleicher Weise gezeichneten Wege im Sinne des Uhrzeigers um den Draht o , von welchem wir nur den Querschnitt zeichnen können. Die andern Spulen gehen im entgegengesetzten Sinne auf der gestrichelt gezeichneten Kurve. Es ist nun ersichtlich, daß, wenn zwei Spulen aneinander vorbeigehen, sie ihre Fäden verflochten werden, und zwar wird der Faden einer Spule, welcher bei der Verflechtung mit dem einer andern

oben zu liegen kam, bei der nächsten Spule unter deren Faden gelegt werden. Es kommt also nur darauf an, den Spulen die beiden verschlungenen Wege zu geben, auf denen sie sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit zu bewegen haben. Das ist keine schwierige mechanische Aufgabe und wird durch Führung der Spulenträger in passend ausgeschnittenen Führungsschlitzen bewirkt. Auf die konstruktiven Einzelheiten haben wir hier nicht näher einzugehen, wir geben aber beistehend die Abbildung einer solchen amerikanischen Umklöppelmaschine, welche zur gleichzeitigen Umklöppelung zweier Hüllen dient (Fig. 152 b).

Die Umwicklungs- und Flechtmaschinen, welche wir hier vorgeführt haben, verarbeiten ein sehr nachgiebiges Material, Seide, Baumwolle, Jute, Hanf zc. Bei den großen Kabeln ist aber zur Bewehrung derselben durch Umspinnung mit verzinktem Eisendraht und durch Umwicklung mit millimeterstarkem Eisenband der Kern mit einer festen Schutzhülle umgeben, welche den schweren mechanischen Angriffen gewachsen ist. Der Form nach ist Eisendraht und Eisenband nichts anders als ein Seidenfaden, ein Baumwollenband, und so werden sich die Maschinen, welche mit diesen Stoffen die Kabel zu umgeben haben, im Prinzip von den geschilderten nicht unterscheiden. Aber da Eisendrähte und Bänder nicht so gefügig sind wie Fäden und Bändchen aus Seide und Baumwolle, so muß man zu ihrer Bezwingung die Umspinnmaschinen sehr viel kräftiger und robuster bauen.

Als Material für die Umspinnung der Drähte dient bei sehr feinen Drähten Seide, deren feine Fäden eine dichte, aber dünne Bedeckung ermöglichen. Man muß wissen, daß in der Elektrotechnik gelegentlich Kupferdrähte zur Verwendung kommen, welche nur ein zwanzigstel Millimeter Durchmesser haben; die sichere und möglichst dünne Bedeckung solcher Drähte wäre mit einem andern Stoffe als Seide nicht zu erreichen. Für dickere Drähte von 0,5 Millimeter aufwärts benutzt man Fäden aus Baumwolle, welche jedoch die unangenehme Eigenschaft haben, Feuchtigkeit anzuziehen. Um diesem Übelstand zu begegnen und dem bedeckten Draht eine gegen Feuchtigkeit dichtere Hülle zu verschaffen, trinkt man die Drähte mit Wachs, wenn dies der Verwendung derselben entspricht, so z. B. für Leitungen der Haus-telegraphen, soweit sie auf trockenen Wänden liegen. Es soll hierfür reines gelbes Bienenwachs benutzt werden, weil dieses den Einflüssen der Luft am besten widersteht. Sehr häufig wird aber an Stelle desselben das billigere Erdwachs, Ozokerit, ein fester Kohlenwasserstoff, welcher hauptsächlich in Galizien gewonnen wird, benutzt; zwar ist die Isolationsfähigkeit des Ozokerites eine ausgezeichnete, aber es bröckelt leichter aus dem Gewebe aus, wenn es ausgetrocknet ist, als Bienenwachs, und der Draht ist dann an

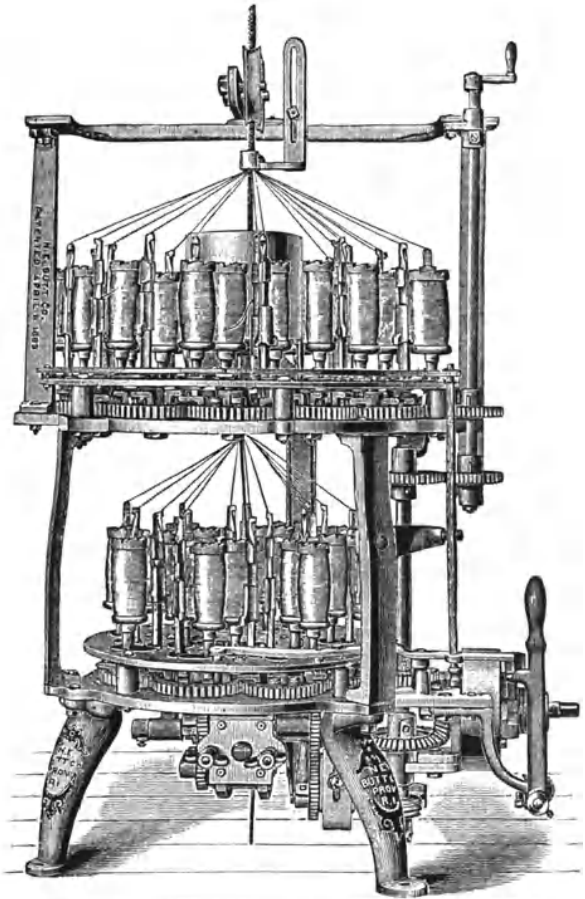


Fig. 152 b. Umklöppelmaschine für zwei geklöppelte Hüllen.

solchen Stellen der eindringenden Feuchtigkeit zugänglich geworden. Außer diesen Tränkstoffen werden bei Drähten auch andre Stoffe angewendet, so Paraffin, Asphalt, Teer u. s. w., welche wir gelegentlich zu erwähnen haben.

Eine sehr gute Umspinnung erheischen die Dynamomaschinen für ihre Drähte. Ein Fehler in der Schutzhülle verursacht, daß wenn Stellen mit größeren Spannungsunterschieden in Berührung kommen, „Kurzschluß“ in der Spule entsteht; es geht dann der Strom auf einem solchen Nebenweg über, wobei er genügend Wärme entwickelt, um die Spule in sehr kurzer Zeit zu zerstören. Es kommt hier hinzu, daß die Drähte in dem bewegten Anker nicht immer so fest und sicher eingelagert werden können, daß bei ihnen kleine Bewegungen ausgeschlossen bleiben, und hierdurch können sich die Drähte, wenn ihre Hülle nicht gut ist, durchscheuen und so eine Berührung zweier Windungen herbeiführen. Ein solches Ereignis hat aber der Elektrotechniker ebenso zu fürchten, wie etwa der Maschinentechner das höchst unerfreuliche Heißlaufen der Lager, und es ist darum erklärlich, daß er alle Sorgfalt aufwendet, um derartige unliebsame Ereignisse thunlichst unmöglich zu machen.

Die Guttapercha- und Kautschukhülle.

Die Umspinnung der Drähte im Verein mit einer guten Tränkung sichert die Leitung zwar gegen mäßige Feuchtigkeit, sobald die letztere aber einen gewissen Grad übersteigt

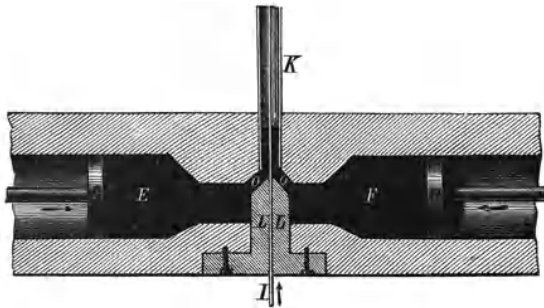


Fig. 153 Prinzip der Guttaperchabedeckungsmaschine.

und sich zur Masse ausbildet, nützen selbst dicke Umspinnungen und Bewickelungen mit ihren Tränkungen wenig. Es wird dann notwendig, den Draht mit einer durchaus wasserdichten, gut isolierenden Hülle zu umkleiden, und eine solche gibt uns die Guttapercha, welche erwärmt zu einem bildsamen, zähen Teig wird und sich um die Drähte pressen läßt. Unsrer Fig. 153 zeigt, wie diese Pressen im Prinzip gestaltet sind. Zwei Cylinder EF nehmen die weiche Guttapercha auf, welche mittels zweier Stempel durch das Rohr K in einem runden Stränge ausgepreßt wird. Zentrisch mit dem Rohr befindet sich an der unteren Cylinderwand ein durchbohrter Einsatz L, durch welchen der zu bedeckende Draht geführt wird. Der Draht füllt die Bohrung von L aus; dagegen ist das Rohr K, durch welches der Draht genau zentrisch weiter geht, um so viel stärker, als die aufzutragende Guttaperchahülle ausmacht. Indem der Draht nun langsam durch die Bohrungen geführt wird, pressen die Stempel die weiche Masse aus, welche mit dem Draht vereinigt aus der Mündung des Rohres K austritt und denselben auf diese Weise umhüllt. Der Draht wird vor dem Eintreten in den Cylinder mit einer febrigen, tearartigen Masse — Chatterton-Compound — bedeckt, damit die ihn umgebende Guttapercha besser anhaftet. Das Verfahren ist prinzipiell sehr einfach, in der Ausführung gestaltet es sich aber dadurch schwierig, da auf die Zusammensetzung und Behandlung der Guttapercha Rücksicht genommen werden muß, um ein tadelloses Fabrikat zu erzielen. Durch die unglückliche Schlanderei, die in der elektrotechnischen Industrie, wie schlimmer in keiner andern, leider Platz gegriffen hat, ist auch hier die Fabrikation vielfach verbilligt und verschlechtert worden, indem man die Guttapercha zum Teil durch Surrogate ersetzt hat. Von solchen Drähten ist selbstverständlich eine große Sicherheit nicht zu erwarten, und wo es, wie bei den großen Unterseekabeln, auf größte Zuverlässigkeit ankommt, kann man nur die beste Guttapercha anwenden; Sparsamkeit würde hier sonst teuer zu stehen kommen.

und sich zur Masse ausbildet, nützen selbst dicke Umspinnungen und Bewickelungen mit ihren Tränkungen wenig. Es wird dann notwendig, den Draht mit einer durchaus wasserdichten, gut isolierenden Hülle zu umkleiden, und eine solche gibt uns die Guttapercha, welche erwärmt zu einem bildsamen, zähen Teig wird und sich um die Drähte pressen läßt. Unsrer Fig. 153 zeigt, wie diese Pressen

Die Guttapercha ist der eingetrodnete Saft verschiedener Baumarten, die bei Singapore, auf der Insel Borneo und auf Malakka wachsen. Das Produkt der verschiedenen Bäume und Länder ist verschieden; die Fabrikanten können daher Mischungen von verschiedenen Sorten anwenden, in denen die Eigenschaften einzelner Bestandteile sich ergänzen. An der Luft oxydiert die Guttapercha und trocknet aus; in Wasser dagegen wird sie nicht angegriffen und hält unbegrenzte Zeit. Man kann deswegen die Guttapercha nicht gut für Leitungen anwenden, bei denen sie trocken und unbedeckt liegt. Dagegen ist sie das geschätzte Isolationsmittel für Unterseekabel und alle Leitungen, welche, wie beispielsweise die unterirdischen Leitungen, im Feuchten liegen. Das Isolationsvermögen der Guttapercha

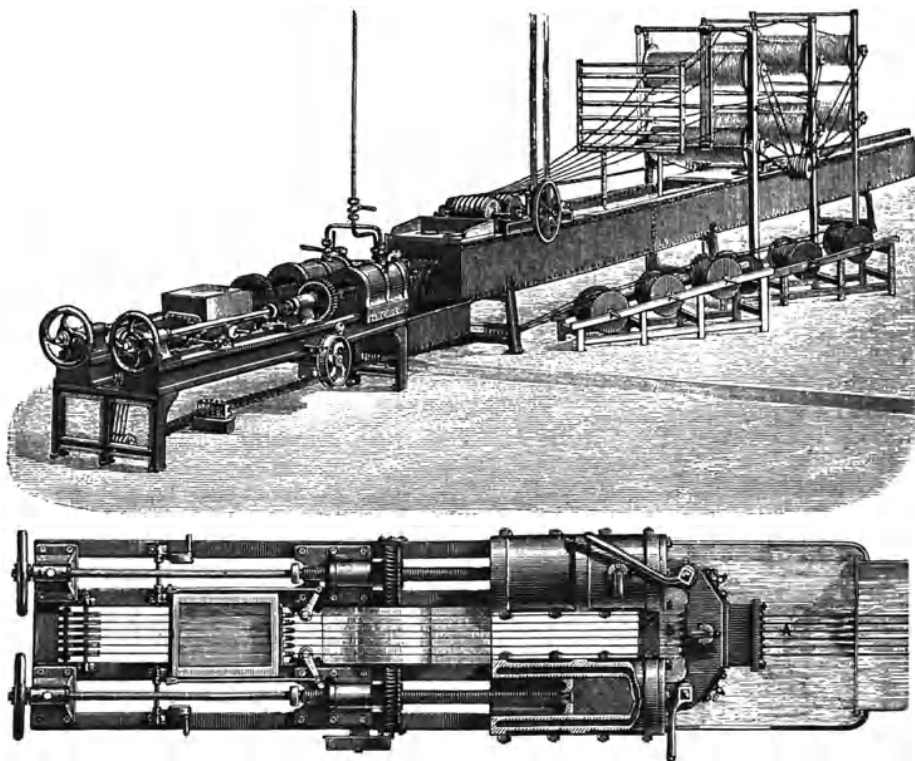


Fig. 154. Bedeckungsmaschine zur Herstellung von Guttaperchahüllen.

ist ein sehr hohes, und diese Eigenschaften, verbunden mit ihrer Bildsamkeit im warmen Zustande haben ihr die große Bedeutung für die Elektrotechnik verschafft.

Bevor die Guttapercha auf die Drähte gebracht werden kann, wird der Rohstoff gereinigt und dann in Knetmaschinen bearbeitet. Das in Streifen geschnittene Material kommt dann unmittelbar vor der Verwendung noch einmal in eine Knetmaschine, um unter Erwärmung erweicht und plastisch gemacht zu werden, und wird alsdann in die Cylinder der Bedeckungsmaschine, deren Prinzip wir vorhin angegeben haben, gebracht. Eine perspektivische Ansicht einer solchen Drahtbedeckungsmaschine gibt unsere Fig. 154. Bei derselben wird der Guttaperchateig mittels zweier Presscylinder, welche durch Dampf heiß gehalten werden, in einen Kasten gepreßt, in welchen die nackten Drähte von links her eintreten, um ihn auf der rechten Seite bedeckt zu verlassen. Jeder der beiden Cylinder kann durch einen Hahn gegen den Kasten abgesperrt werden und hierdurch ist ermöglicht, daß während der eine Cylinder arbeitet, der andre mit neuer Masse beschickt wird, die Maschine also ununterbrochen in Thätigkeit bleibt.

Die so bedeckten Drähte gehen nun zunächst durch ein Wasserbad, in welchem sich die noch warme Guttaperchahülle abkühlt und Festigkeit gewinnt, und werden dann zu Spulen aufgewickelt. Den nackten Draht sehen wir ebenfalls auf Spulen gewickelt zur Seite der Maschine stehen. Von diesen Spulen aus geht er in Führungen zunächst nach dem linken Ende der Maschine und wird dann durch einen Kasten geleitet, der mit flüssigem Chatterton-Compound gefüllt ist, so daß er einen Überzug von dieser Masse erhält. Unsere Abbildung zeigt, daß die abgebildete Maschine gleichzeitig sechs Drähte mit Guttapercha bedecken kann.

Wie die Drähte, so werden auch die Drahtlizen, über die wir später sprechen, bedeckt, und in gleicher Weise werden auch eine zweite und dritte Guttaperchahülle auf die bereits bedeckten Drähte gebracht.

Ein anderer Stoff, welcher für die wasserdichte Bedeckung der Drähte dient, ist das Kautschuk, welches aber nicht in bildsamer Form auf die Drähte gebracht werden kann, weil es bei Erwärmung zwar halbflüssig wird, aber nicht wieder zu einer festen, biegsamen Masse erstarrt. Man ist deswegen genötigt, es in seinem gewöhnlichen Zustande auf den Draht zu bringen, und es unterstützt dieses Verfahren durch eine wertvolle Eigenschaft; zwei Kautschukflächen kleben nämlich fest zusammen, wenn man sie unter Druck vereinigt.

Um das Kautschuk für industrielle Zwecke verwenden zu können, muß es vulkanisiert werden, d. h. es wird ihm durch Einkneten und nachheriges Erwärmen eine gewisse Menge Schwefel einverleibt, mit welchem es eine chemische Verbindung eingeht. Als vulkanisierte Masse widersteht das Kautschuk sehr viel besser der Oxydation, der Einwirkung des Wassers und der Wärme zc. als im rohen Zustande.

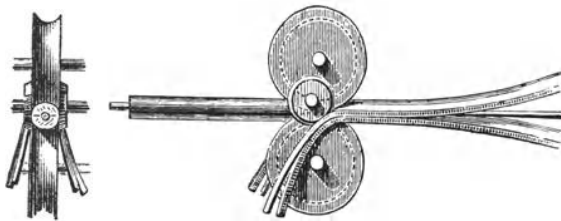


Fig. 155. Maschine zur Bedeckung von Drähten mit einer Kautschukhülle.

Zur Bedeckung von Drähten mit diesem Stoffe wendete man anfänglich das Verfahren an, daß man Kautschukband um den Draht wickelte, wobei der eine Rand jeder Windung über den anliegenden der vorhergehenden zu liegen kam. Etwas anders verfuhr Siemens Brothers in London, indem sie auf und unter den Draht je ein Kautschukband legten und das Ganze durch eine kleine, in Fig. 155 abgebildete Vorrichtung laufen ließen. Die Kreismesser dieser Vorrichtung schneiden die überstehenden Ränder der Bänder ab, und die beiden Rollen legen die Bänder um den Draht, wobei die frischen, gut klebenden Schnittflächen fest aneinander gedrückt werden.

Wegen seiner schwierigeren Behandlung findet das Kautschuk sehr viel weniger Anwendung zur Umkleidung von Leitungen als die Guttapercha. Die besten Kautschukleitungen sind die von Hooper in England, welcher den Draht zunächst mit zwei in entgegengesetztem Sinne aufgewickelten Lagen Band von nicht vulkanisiertem Kautschuk bedeckt, hierüber ein Band von einem mit Zinkoxyd vermischten Kautschuk legt, darauf nach dem eben geschilderten Verfahren von Siemens Brothers zwei vulkanisierte Kautschukbänder auflegt und den so mit vier Lagen bedeckten Draht mit Leinenband umwickelt.

Leitkabel. Die mit Guttapercha bedeckten Leitungen sind vorzüglich, solange die Guttaperchahülle unbeschädigt ist. Wie schon gesagt, hält sich die Guttapercha in der Feuchtigkeit sehr gut, wenn aber trocken gehalten, wird sie bald brüchig, und auch die in Wasser liegende Guttapercha erleidet von Organismen Angriffe, wenn sie nicht durch eine Schutzhülle verdeckt ist. Dazu kommt, was wesentlich mißspricht, daß der Preis der Guttapercha immer mehr steigt, und wenn dieser Punkt bei den großen Unterseekabeln nicht von entscheidender Bedeutung ist, so wird doch die Kostenfrage, wenn es sich um elektrische Anlagen z. B. für Beleuchtungszwecke handelt, eine sehr wesentliche. Durch den Aufschwung, den die elektrische Beleuchtung mit Anfang des vorigen Jahrzehntes nahm, sahen sich die Fabrikanten elektrischer Leitungen vor die Frage gestellt, ob sich nicht Leitungen herstellen ließen, welche in bezug auf Sicherheit die Guttaperchaleitungen erreichten, in der Herstellung aber wesentlich billiger kämen. Eine gut umklöppelte Leitung, deren

Gewebe mit einem zuverlässig isolierenden Stoffe getränkt ist, kann den gestellten Ansprüchen genügen. Aber es macht sich hier der Nachteil geltend, daß solche Hüllen, wenn frei liegend, dem Eindringen der Feuchtigkeit nicht auf die Dauer Widerstand leisten. Es galt also zunächst, der isolierenden Hülle eine Schutzhülle zu geben, welche die Feuchtigkeit dauernd von der isolierenden Hülle fernhält und selbst gegen die oxydierende Einwirkung des Wassers geschützt ist. Als Material hierfür bot sich das Blei dar, das für Wasserleitungsrohren schon seit zwei Jahrtausenden benutzt worden ist und sich vortrefflich bewährt hat. Sind doch in Pompeji solche Bleirohren aufgefunden worden, welche noch heute vollständig erhalten sind und wieder ihrem alten Zweck dienen könnten. Um nun dieses Metall für den gedachten Zweck nutzbar zu machen, wurden über die umklöppelten Leitungen, nachdem ihre Hüllen mit Paraffin u. s. w. getränkt waren, Bleirohren von 50 bis 60 Meter Länge geschoben und die einzelnen Rohrstücke durch Lötung verbunden. Dann wurde das Rohr mit seinem Inhalt durch ein Ziehseifen gezogen, so daß sich die Bleihülle streckte und dicht an den Kern anlegte.

Solche Bleifabel bewährten sich nicht. Abgesehen von dem umständlichen Verfahren, welches das Einziehen der Leitungen in die Bleirohre bedeutet, und von der Schwierigkeit, die Lötungen gut und ohne Beschädigung der Isolation herzustellen, blieb noch ein sehr wesentlicher Mangel bestehen. Es war nämlich nicht zu vermeiden, daß die Leitung beim Einziehen der Luft ausgesetzt wurde und sich infolgedessen eine Schicht Feuchtigkeit auf der Oberfläche derselben niederschlug. Ebenso konnte man die innere Wand des Bleirohres nicht von Feuchtigkeit freihalten, und so wurde eine wenn auch geringe Menge Wasser in das Bleifabel eingeschlossen, das allmählich durch die isolierende Hülle drang und die Isolation an einzelnen Stellen aufhob.

Diesen Mangel beseitigte Dr. Borel in Verbindung mit Berthoud, beide in Cortaillod in der Schweiz, indem sie die Bleihülle in der Weise herstellten, daß dieselbe um die isolierte Leitung wie die Guttapercha um den Draht (vergl. Fig. 153) gepreßt wird. Ein solches Verfahren gewährt nicht nur den Vorteil, daß das Blei mit sicherer Vermeidung des Einschließens von Feuchtigkeit auf die Leitung gebracht wird, sondern es ermöglicht auch die Herstellung erheblich längerer Bleibedeckungen ohne jede Lötstelle.

Die Firma Berthoud, Borel & Co., welche zuerst die Fabrication solcher Bleifabel unternommen hatte, verfuhr bei der Herstellung solcher Leitungen in folgender Weise. Die umklöppelte Leitung wurde zunächst in geschmolzene Tränkungsmaße von 180 ° C. gebracht. Durch die Wärme wurde die Luft aus den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Fäden wie auch die Feuchtigkeit im Innern und auf der Oberfläche der Leitung ausgetrieben, und die Tränkungsmaße drang in die Hülle ein. Darauf wurde die noch heiße Leitung in die Bleipresse gebracht, die im Prinzip mit der in Fig. 153 dargestellten Vorrichtung identisch ist, nur daß entsprechend dem aufzuwendenden gewaltigen Druck, unter welchem das Blei wie eine bildsame Masse in Bewegung kommt, die Abmessungen sehr viel größere sind und zur Erzielung der Druckwirkung der Kolben, welcher auf das Blei drückt, mit einer hydraulischen Presse verbunden ist. Die noch heiß in die Presse gebrachte Leitung blieb nur ganze kurze Zeit der Luft ausgesetzt, und so konnte sich auf ihrer Oberfläche keine Feuchtigkeit sammeln, das Wasser blieb sicher aus der Leitung ausgeschlossen.

Ein anderer Fehler, den die älteren Bleifabel gezeigt hatten, bestand darin, daß in den Bleirohren feine, oft mikroskopisch kleine Löcher entstanden, welche dem Außenwasser Zutritt in die Leitung verschafften. Um dies zu vermeiden, mußte thunlichst reines Blei angewendet werden, weil solche Löcher in erster Reihe durch fremde Bestandteile, Sandkörner u. in dem Bleimantel erzeugt wurden. Die Schweizer Firma wendete aber zur vollständigen Beseitigung dieser Fehlerquelle noch ein andres Verfahren an, indem sie nämlich über den ersten Bleimantel einen zweiten legte. Ein Loch im äußeren oder inneren Bleimantel würde daher dem Wasser noch nicht Zugang in das Innere verschaffen, es müßten sonst zufällig gerade zwei Fehlerstellen in beiden Mänteln zusammentreffen, was naturgemäß nur außerordentlich selten vorkommen kann. Um noch etwa durch den äußeren Mantel eingedrungenes Wasser daran zu hindern, sich zwischen beiden Mänteln

weiter zu bewegen, erhielt der innere Bleimantel vor dem Umpressen mit dem zweiten einen Überzug von Ghatterton Compound.

Die Schutzhüllen. Der in seiner Isolation und gegen Feuchtigkeit geschützte Draht bedarf noch weiterer Schutzhüllen, um gegen chemische und mechanische Einflüsse gesichert zu werden. Bei den Lichtleitungen in den Häusern genügt hier die später zu beschreibende Einlegung in Holzleisten und bei Schwachstromanlage, für Haustelegraphen und Telephonapparate darf man den Draht auch ganz unbedeckt lassen, wenn Beschädigungen desselben durch Stöße z. als ausgeschlossen erscheinen können. Aber bei den unterirdischen Leitungen und den Unterseekabeln ist eine starke Bewehrung der Leitung unumgänglich notwendig.

Den Guttapercha-Adern der Seekabel gibt man zunächst eine weiche Hülle aus Hanf oder Jute, welches Material in zwei oder mehr Lagen um die Ader gewickelt wird; es wird entweder vor dem Aufbringen einige Tage in Gerbrühe gelegt oder nach bewirkter Bedeckung mit Teer getränkt. Werden mehrere Guttapercha-Adern in einem Kabel vereinigt, wie dies z. B. bei den unterirdischen Telegraphenleitungen des Deutschen Reiches der Fall ist, so werden die Adern zuvor miteinander verseilt, wobei man eine derselben als Seele legt und die andern darum wickelt, oder eine Hanfschnur als Seele benutzt. Um die in die weiche Hülle eingebettete Leitung werden nun 7 bis 10 und mehr Eisendrähte in dichte Spiralwindungen gewickelt, welche einen festen Panzer bilden. Dies ist der einfachste Fall der Bewehrung, der für viele Fälle nicht ausreicht. Wir werden später bei der Beschreibung einiger See- und Landkabel für telegraphische Zwecke und Starkstromleitung sehen, daß man um die Hanfhülle zunächst eine weitere dünnere Bewehrung aus Metallblech gelegt, über diese eine zweite Hanfhülle gewickelt, dann das Ganze mit Eisendraht bewehrt und diese Bewehrung zum Schutz gegen das Wasser mit einem weiteren geteerten Hanfkleide umgeben hat. Der Leser mag daraus entnehmen, welche Herstellungskosten solche Kabel erfordern. Dabei hat man noch zu berücksichtigen, daß bei der Fabrikation eine fortwährende Überwachung stattfindet, daß jeder Zentimeter von jeder Leitung, von jeder Hülle sorgfältig untersucht, die Adern und die ganze Leitung vielfachen Kontrollmessungen unterworfen werden, daß sich in ihnen also außer im Material und seiner Bearbeitung noch eine große Summe geistiger Arbeit verkörpert, welche im fertigen Kabel nicht mehr zu sehen ist, aber die Kosten trotzdem erheblich erhöht.

Die weiteren Teile der Leitungsanlagen, welche für die Verbindung und Unterbrechung des Stromweges, für Abzweigungen u. s. w. dienen, wollen wir einzeln in den weiteren Kapiteln besprechen, weil sie sich für die verschiedenen Gebiete der Elektrotechnik verschieden gestalten und besser in den Rahmen der Darstellung der Einzelgebiete passen. In gleicher Weise sollen auch die Besonderheiten, welche die Leitungen für verschiedene Zwecke aufweisen, und die Herstellung der Leitungsanlagen für besondere Zwecke an jenen Stellen erwähnt werden, da sich thatsächlich die Leitungstechnik bereits in Sondergebiete gespalten hat, die zum Teil durch scharf erkennbare Grenzlinien getrennt werden.

Das elektrische Licht.

Die Warmwirkung des elektrischen Stromes. Das Bogenlicht. Der Lichtbogen. Die älteren Regulatoren für elektrisches Licht. Teilung des elektrischen Lichtes. Die elektrischen Kerzen. Die Kontaktglühlampen. Die Differentiallampen. Die Differentiallampen mit Kuppelung. Die Differentiallampen ohne Kuppelung. Bogenlampen mit einseitiger Bewegung. Bogenlampen für Parallelschaltung. Die Schutzgehäuse der Bogenlampen. Aufhängung und Anbringung der Bogenlampen. Die Fabrikation der Beleuchtungskohle. Die Glühlampe. Entwicklungsgeschichte der Glühlampe. Die Herstellung des Kohlenfadens. Die Befestigung des Fadens. Die Glasbirne. Die Entleerung der Lampe. Das Fertigmachen der Lampe. Die Glühlampenfassung. Glühlampenträger. Schalen und Schirme. Ökonomie und Lebensdauer der Glühlampe.



Die Warmwirkung des elektrischen Stromes. Wir betreten nunmehr das Gebiet der Anwendung des elektrischen Stromes, ein Gebiet, welches sich schon heute weit über die Technik erstreckt und mehr und mehr mit seinen Ausläufern in neue Gebiete eindringt, für welche man vor fünfzig Jahren kaum geahnt hätte, daß sie mit der Elektrizität in Beziehung treten würden. Auf diesem Eroberungszuge hat die Elektrizität noch nicht Halt gemacht, vielmehr erweitert sie ihr Reich nach allen Seiten hin mit steigender Geschwindigkeit, und es ist kein Zweifel, daß wenn erst die noch entgegenstehenden Hindernisse in der Stromerzeugung beseitigt sein werden, die Elektrizität in alle Gewerbe, in jede technische Thätigkeit eindringen wird. Wir werden dies zum Schluß unsres Buches darthun, zunächst aber wollen wir das Gebiet, welches die Elektrizität bereits erobert hat, und seine Provinzen näher kennen lernen.

Die Elektrizität an sich ist für uns vollständig unverwendbar, wir bedürfen ihrer nicht wie der Wärme, ohne welche wir nicht leben können, nicht wie des Lichtes, das wir zum Sehen gebrauchen, nicht wie der mechanischen Energie, ohne welche wir bewegungslos wären; vielmehr bilden die Wirkungen des elektrischen Stromes, in denen sich die elektrische Energie in eine andre von uns benötigte Energieform verwandelt, jene Vorgänge, welche wir aus der Elektrizität nutzbar gewinnen können. Dieser Umstand verleiht der elektrischen Energie, soweit ihre Anwendung in Frage kommt, einen eigenartigen Charakter, den einer Zwischenform, welche aus andern Energieformen erzeugt wird, um wieder in solche zurückverwandelt zu werden. Scheinbar hat also die Elektrizität eine untergeordnete Bedeutung, allein bei näherer Betrachtung erkennt man, daß diese Anwendung der Zwischenform einen außerordentlichen Fortschritt darstellt.

Dies liegt darin begründet, daß die Elektrizität mit Leichtigkeit in jede andre Energieform verwandelt werden kann, daß sie uns diese verlangten Formen in größter Wirkungsfähigkeit und unter unsrer vollen Herrschaft gibt und endlich die

Übertragung, Verteilung und Einwirkung der Energie in solchem Maße ermöglicht, daß ihr darin keine andre bekannte Form gleichgesetzt werden kann. Die Elektrizität stellt uns deswegen jede andre Energieart und jede in der besten Form dar, und so gewinnt sie den Charakter der Universalität, welche ihr die große und bezeichnende Bedeutung gibt. Das muß man festhalten, wenn man die einstige Bedeutung der Elektrizität in der Technik verstehen will, und man darf sich nicht dadurch irre machen lassen, daß heute die Elektrizität wegen der noch bestehenden Mängel in der Erzeugung nur zum kleineren, wir möchten sagen zum kleinsten Teile für die Technik nutzbar gemacht worden ist. Die Zeit wird kommen, wo jene Mängel beseitigt sein werden und dann ist auch die Zeit der Herrschaft der Elektrizität gekommen — es sei denn, daß eine andre bessere Energieform, die uns bis heute verborgen geblieben ist, aufgefunden werden sollte.

Also die Wirkungen des elektrischen Stromes sind es, für welche wir die elektrische Energie erzeugen, welche wir in Benutzung nehmen wollen. Sehen wir uns an, welche Wirkungen der Strom erzeugen kann. Da „Wirkung“ gleichbedeutend mit Verwandlung in eine andre Energieform ist, so übersehen wir sofort, welche Wirkungen der Strom überhaupt haben kann. Wärme, Licht, magnetische, chemische, mechanische Energie, das sind die fünf Hauptgruppen, in denen die Wirkungen des Stromes unterzubringen sind, und wir haben nur noch die Frage zu erheben, ob der Strom auch alle jene Energieformen zu erzeugen vermag, eine Frage, die wir hier kurz mit Ja! beantworten.

Zunächst interessiert uns die Wärmewirkung des Stromes, einestheils weil sie die allereinfachste ist, dann aber auch, weil ihre Verwendung bisher die größte Verbreitung erfahren hat, dies allerdings nicht unter Verwendung der erzeugten Wärme als solche, sondern durch ihr Nebenprodukt: Licht.

Wir sagten: Die Wärmewirkung des Stromes ist die einfachste Verwandlung der elektrischen Energie. In der That vollzieht sich dieselbe nicht unter gewissen Umständen, sondern der Strom erzeugt, wenn er einen Leiter durchströmt, ohne weiteres Wärme. Leider! denn lieber wäre es uns, wenn wir dieses nicht überall erwünschte Produkt nach unserm Willen fernhalten und dadurch unnötige Verluste vermeiden könnten. Aber dies ist — zur Zeit wenigstens — nicht möglich, und wir müssen die Verwandlung eines Teiles der fließenden elektrischen Energie in Wärme immer mit in den Kauf nehmen, wo wir Strom anwenden.

Das Maß Wärme, welches ein Strom in einer bestimmten Leiterstrecke während einer bestimmten Zeit entwickelt, hängt nun ab von der Stromstärke und dem Widerstand der Leiterstrecke und wächst im quadratischen Verhältnis mit der ersteren, im einfachen mit dem letzteren, ist also proportional $J^2 W$, wenn J die Stromstärke und W den Widerstand der Leitungstrecke bedeutet. Diese Abhängigkeit von dem Widerstande ist für uns sehr wertvoll, denn durch sie haben wir es in der Hand, die Wärmewirkung zu konzentrieren. Denken wir uns in eine lange Leitung, der wir durch passende Wahl des Durchmessers einen verhältnismäßig kleinen Widerstand gegeben haben, einen kurzen Leiter mit hohem Widerstand eingeschaltet, so wird der letztere verhältnismäßig viel, der erstere wenig Wärme aus dem Strom frei machen, und, während die lange Leitung durch den Strom nur wenig erwärmt wird, erhitzt sich der kurze Leiter zum Glühen. Ein typisches Beispiel gibt uns hierfür die Glühlampe.

Auf dieser „Konzentrierung der Wärmewirkung“ des Stromes beruhen alle Anwendungen dieser Wirkung, und wir werden daher stets in erster Reihe die Änderung der Widerstandsverhältnisse im Stromkreise, durch welche die Konzentrierung bewirkt wird, zu berücksichtigen haben, wenn wir jene Anwendungen schildern.

Diejenigen Wärmewirkungen, die uns jetzt zunächst beschäftigen sollen, sind die der hohen Konzentrierung, bei welcher ein Stück des Leiters durch den Strom so intensiv erhitzt wird, daß es zum Glühen kommt und Licht ausstrahlt.

Der Leser macht uns nun hier gleich eine Bemerkung. „Wie?“ sagt er, „die elektrische Energie kann in jede Energieform umgewandelt werden, und doch muß man sie erst zu Wärme machen, um Licht zu erhalten. Ist das die gerühmte Universalität der Elektrizität?“ Das ist eine etwas böshafte Frage, und wir müssen gestehen, daß die „gerühmte

Universalität“ zur Zeit nach dieser Seite hin noch ihre Grenzen hat. Wir müssen deshalb den Leser in dieser Beziehung auf die Zukunft vertrösten. Zur Zeit vermögen wir sichtbares Licht, solches, das unser Auge wahrnehmen kann, aus dem Strom nur unter gleichzeitiger Wärmeentwicklung zu erzeugen und wir müssen zugeben, daß der bei weitem größte Teil der Stromenergie bei solchen Umwandlungen nicht zu wahrnehmbarer Lichtenergie, sondern zu Wärme wird. Aber schon liegen Entdeckungen vor, welche uns erwarten lassen, daß wir früher oder später die Stromenergie zum größten Teile als sichtbare Strahlen gewinnen und damit dem Glühwürmchen, das schon längst im Besitze der Lichterzeugung ohne gleichzeitige Wärmeentwicklung ist, sein Geheimnis rauben werden. Also bis dahin freundliche Geduld, werter Leser.

* * *

Das Bogenlicht.

Der Lichtbogen. Bringt man die Enden zweier Drähte, welche mit einem genügend kräftigen Stromerzeuger verbunden sind, miteinander in Berührung, so daß der Strom kreisen kann, und hebt dann die Berührung auf, indem man die Enden der Drähte um einige Millimeter voneinander entfernt, so wird dadurch der Strom, trotz der trennenden Luftschicht zwischen beiden Enden, nicht unterbrochen, sondern geht von Drahtende zu Drahtende über, wobei er eine stark leuchtende kleine Flamme von intensiver Blau entwickelt. Dieser Stromübergang ist nicht zu verwechseln mit dem elektrischen Funken, welcher auch einen Stromdurchgang durch Luft darstellt, aber zu seiner Entstehung eine Spannung erfordert, welche ganz bedeutend höher liegt, als sie für den eben geschilderten Fall notwendig ist. Hier nämlich ist es nicht die Luft, welche den Stromübergang vermittelt, sondern die leitenden Dämpfe, welche durch Verflüchtigung des Drahtmetalles an den Enden entstehen, ermöglichen die Leitung von Spitze zu Spitze. Wird nämlich die Berührung aufgehoben, so wird in dem Augenblicke, wo gerade noch Berührung besteht, die kleine Stelle, an welcher der Strom von Draht zu Draht geht, einen ganz bedeutenden Widerstand haben, es wird also hier eine Wärmeentwicklung stattfinden, welche das Metall der Berührungsstellen derart erhitzt, daß es verdampft. Bei der nun folgenden Trennung ist die Luftzwischen-schicht schon mit solchem Metalldampf angefüllt, und der Strom kann übergehen. Nun leitet aber der Metalldampf sehr viel schlechter als das feste Metall und der Strom findet in der Übergangsstelle eine Leitungsstrecke von hohem Widerstand vor; er entwickelt also hier auf kleinem Raume eine große Wärmemenge, erzeugt also eine hohe Temperatur, welche genügt, um weiteres Metall zu verflüchtigen und den Luftweg für den Strom gangbar zu halten. Es kommt hinzu, daß die Metalldämpfe von dem Drahtende, welches mit dem positiven Pole verbunden ist, durch den Strom nach dem andern Ende mitgerissen werden, so daß also die Dämpfe verhältnismäßig eng zusammengehalten werden und einen sicheren Weg für den Strom abgeben.

Schöner und glänzender gestaltet sich die Erscheinung, wenn man statt der metallenen Drahtenden zwei zugespitzte Kohlenstäbchen benutzt, deren Spitzen man zuerst in Berührung bringt und darauf auf drei bis fünf Millimeter voneinander entfernt. Es entsteht dann eine Art Flammenstrom, der von der einen Spitze ausgeht, sich ausbreitet und nach der andern Spitze hin zusammenzieht. Obwohl nun diese Flamme nur eine geringe Größe hat — diejenige einer Kerze ist schon ein Riese dagegen — so strahlt sie doch ein so intensives Licht aus, daß man mit ungeschütztem Auge nicht oder nur mit Anstrengung und zu eigenem Schaden hineinschauen kann. Die Erklärung dieser mächtigen Lichtwirkung ist nicht weit zu suchen. Die Gase und Dämpfe, durch welche der Strom geht, werden weißglühend, da hier eine intensive Konzentration der Wärmewirkung infolge des hohen Widerstandes der durchflossenen Schicht stattfindet, und infolgedessen strahlt die glühende Luft Licht aus. Die Temperatur, welche sich im Innern dieser Flamme entwickelt, ist die höchste, welche wir erzeugen können, denn sie schmelzt und verflüchtigt alle Körper, welche in dieselben hineingebracht werden, mit Ausnahme des Kohlenstoffes, den man

bisher noch nicht zum Schmelzen gebracht hat; allein auch dieser wird wenigstens von den Kohlenspitzen aus verflüchtigt. Wir sehen nämlich, wenn wir die Flamme oder, wie wir sie nach ihrer bauchigen Gestalt nennen wollen, den Flammenbogen einige Zeit unterhalten haben, daß die eine Spitze und zwar diejenige, welche mit dem positiven Pole verbunden ist, zum Teil fortgebrannt und an ihrer Stelle eine kraterförmige Vertiefung in der Kohle entstanden ist, während sich die negative Kohlenspitze um ein Stückchen verlängert hat. Wir erklären dies dadurch, daß der Strom Kohlentheilchen aus der positiven Kohle herausgerissen und sie zum Teil auf der negativen Spitze niedergeschlagen hat.

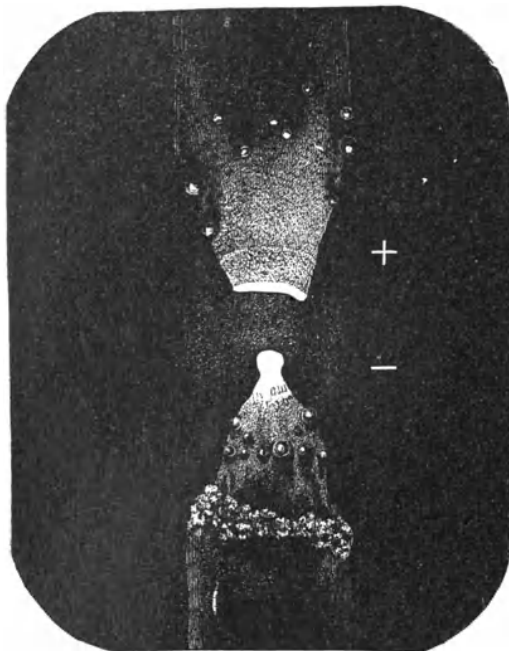


Fig. 156. Die glühenden Kohlenspitzen und der Lichtbogen.

Hiermit hängt zusammen, daß die positive Spitze stärker erhitzt wird als die negative, und die niedrigere Temperatur der letzteren ermöglicht es, daß sich der Kohlendampf auf ihr niederschlägt. Wir geben in Fig. 156 eine Abbildung der beiden Kohlenspitzen, nachdem sie längere Zeit den Flammenbogen unterhalten haben; diese Form behalten sie nun während der Dauer des Lichtbogens bei, verzehren sich aber allmählich, die positive Kohle in stärkerem, nahezu doppeltem Maße als die negative.

Da die Beobachtung der glühenden Kohlenspitzen mit ungeschütztem Auge kaum möglich ist, so bedient man sich, um Spitzen und Bogen zu beschauen, eines dunklen Glases, durch welches man auf den Flammenbogen sieht. Noch besser erkennt man die Vorgänge, wenn man den Lichtbogen durch eine Linse auf einen Schirm projiziert (Fig. 157), wodurch man ein Bild der glühenden Kohlenspitzen und des Lichtbogens erhält, wie es die voriae Natur erzeugt hatte

eines dunklen Glases, durch welches man auf den Flammenbogen sieht. Noch besser erkennt man die Vorgänge, wenn man den Lichtbogen durch eine Linse auf einen Schirm projiziert (Fig. 157), wodurch man ein Bild der glühenden Kohlenspitzen und des Lichtbogens erhält, wie es die voriae Natur erzeugt hatte

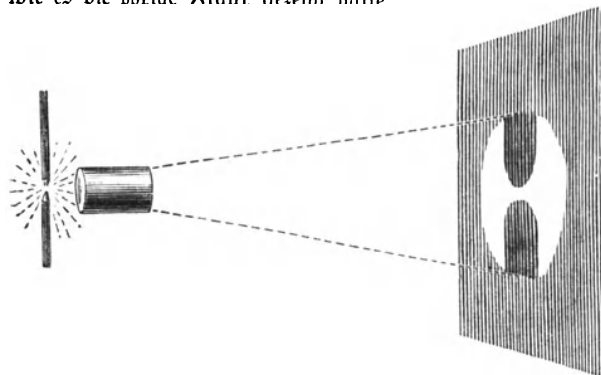


Fig. 157. Projektion des Lichtbogens auf einen Schirm.

Der Flammen- oder Lichtbogen, auch Voltascher Bogen genannt, wurde zuerst von Sir Humphry Davy im Jahre 1810 an seiner großen Batterie von 2000 Elementen beobachtet. Davy bediente sich zur Erzeugung desselben kleiner Spitzen aus Holzkohle, welche vorher in Feuer geglüht und dann in Quecksilber abgelöscht worden waren, um sie durch das eindringende Quecksilber besser leitend zu machen. Solche Kohlenspitzen verzehrten sich

aber sehr rasch und sind zur Erzeugung des Lichtbogens wenig geeignet. Erst einige Jahrzehnte später fand man eine besser geeignete Kohle in dem Rückstand, welcher sich an den Gasretorten abscheidet. An den glühenden Wänden derselben zersetzt sich nämlich das eben entstandene Leuchtgas, der Kohlenstoff desselben schlägt sich an der Wand nieder und bildet

dort einen sehr dichten und harten Körper, eben jenen Retortenschlackenrückstand. Die Ablagerung erreicht oft eine beträchtliche Dicke, sodaß man Platten von genügender Stärke gewinnt, um daraus Kohlenprismen für Elemente schneiden zu können. Das Material eignet sich nun auch, da es nur sehr schwer verbrennt und den Strom gut leitet, in hohem Maße zur Erzeugung des Lichtbogens. Allein für die Erzeugung eines rein weißen und ruhigen Lichtes genügt es nicht, wie wir später noch darthun wollen, und außerdem geben die aus den Retorten ausgebrochenen Stücke meist nur kurze Längen her, welche den Anforderungen an eine längere Brennzeit nicht entsprechen. Die geschnittene Kohle würde auch viel zu teuer werden. Nun hatte Bunfen gezeigt, wie man den Retortengraphit in Elementen durch eine künstlich hergestellte dichte Kohle ersetzen kann, und dieses Verfahren wurde auch für die Lichtkohlen angewendet, welche heute in dieser Weise hergestellt werden. Über die hierbei angewendeten Verfahren wollen wir weiter unten berichten.

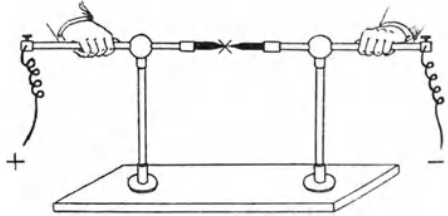


Fig. 158. Einfacher Handregulator.

Der Lichtbogen verzehrt die Kohlen allmählich: infolgedessen wird die Entfernung zwischen beiden Spitzen fortschreitend größer und erreicht eine Größe, bei welcher der Strom nicht mehr übergeleitet werden kann. Aber auch schon vorher bei kleinerer Entfernung ist der Bogen unruhig und das anfangs weiße und stetige Licht bläulich gefärbt und flackernd geworden. Wir sehen also, daß es zur dauernden Erzeugung des Flammenbogens nicht genügt, die Kohlenstippen nach der Berührung in feste Entfernung zu bringen, wir müssen sie auch darin erhalten, um das im Voltaschen Bogen erzeugte Licht praktisch anwenden zu können. Das führt uns auf unser nächstes Thema, zu den Vorrichtungen für die Erzeugung des Bogenlichtes.

Die älteren Regulatoren für Bogenlicht. Das einfachste Verfahren, die beiden Kohlenstippen in der richtigen Entfernung zu halten, besteht darin, daß wir einen Mechanismus zur Annäherung und Entfernung mit der Hand bethätigen. Die primitivste Form solcher Handregulatoren zeigt Fig. 158.

Zwei wagerechte metallene Arme sind drehbar auf senkrechten Ständern angebracht. Auf die einander zugewendeten Enden, an denen passende Klemmen sitzen, werden die Kohlenstippen gesteckt; die andern Enden sind mit den Stromerzeugern verbunden. Indem man nun die Arme mit den Händen ergreift, kann man durch Drehung derselben die Kohlenstippen einander nähern oder voneinander entfernen, und mit einiger Übung gelingt es leicht, den Lichtbogen in gewünschter Weise zu erhalten.

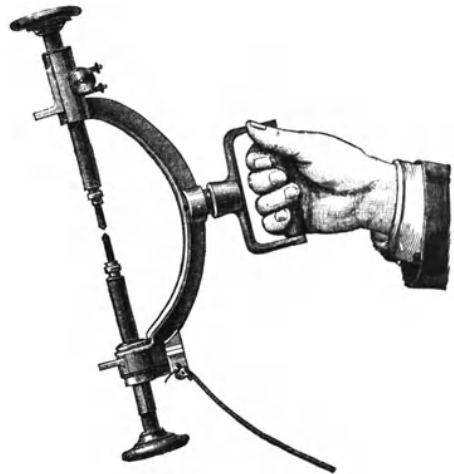


Fig. 159. Handregulator für Bogenlicht von Fein.

Es muß natürlich als ausgeschlossen betrachtet werden, elektrisches Bogenlicht für längere Zeit mit solchen Handregulatoren zu erzeugen, da homo sapiens *Linné* ein etwas zu teurer und nicht sonderlich guter Reguliermechanismus ist. Immerhin gibt es auch heute, wo wir im Besitz ausgezeichnete selbstthätiger Regulatoren sind, noch Fälle, in denen man den Handregulator anwendet, namentlich dort, wo elektrisches Bogenlicht für kurze Zeit und von wechselnden Punkten aus erzeugt werden soll. Ein Beispiel hierfür bieten die gelegentlichen Lichtwirkungen, welche die Bühne anwendet, und hierfür sind vielfach Handregulatoren in Gebrauch. Ein solcher von C. & E. Fein in Stuttgart ist

in Fig. 159 abgebildet; zur Annäherung und Entfernung der Kohlenspitzen dient ein Trieb, der in eine mit der oberen Kohle verbundenen Zahnstange eingreift.

Wir werden übrigens sehen, daß auch in den großen Scheinwerfern der Marine Handregulierung benutzt wird.

Es liegt nun nahe, die Annäherung der abbrennenden Kohlen durch ein Uhrwerk zu bewirken. Allein so ohne weiteres geht dies nicht, denn das Uhrwerk müßte ganz genau entsprechend dem Abbrande vorschieben; andernfalls würde die Entfernung der Spitzen mit der Zeit zu groß oder zu klein werden. Da sich der Abbrand aber nicht vorher genau bestimmen läßt, auch von Zufälligkeiten abhängt, so muß das Uhrwerk, soll es überhaupt für den Zweck brauchbar sein, derart mit dem Abbrand in Verbindung gesetzt werden, daß es die Kohlenspitzen nur dann vorschreibt, wenn der Abstand zu groß geworden ist, sobald aber die richtigen Stellungen gewonnen, mit seiner Thätigkeit einhält. Dies ist nun unschwer zu erreichen, und damit kommen wir zu den selbstthätigen Regulatoren für Bogenlicht.

Zum Verständniß dieser Vorrichtungen haben wir einige Erläuterungen des Verhaltens der Größen, Spannung, Widerstand und Stromstärke im Lichtbogen vorausszuschicken.

Man hat gefunden, daß die Spannung des Lichtbogens, also zwischen der positiven und negativen Spitze, von der Entfernung der beiden Spitzen abhängt, daß aber die Spannung bei einer bestimmten Entfernung nicht, wie man annehmen sollte und bei festen Leitern der Fall ist, mit der Stromstärke wächst, sondern für alle Stromstärken, welche den Lichtbogen bei der gegebenen Entfernung noch aufrecht erhalten kann, gleich bleibt. Dies würde mit dem Ohmschen Gesetz nicht zusammenstimmen, wenn wir nicht anzunehmen haben, daß mit wachsender Stromstärke der Widerstand des Lichtbogens sinkt und also das Gesetz auch hier in Gültigkeit bleibt. Dies ist nun nach den Beobachtungen in der That der Fall, und so können wir die feste Entfernung zweier Kohlenspitzen in der Weise aufrecht erhalten, daß wir die Spannung auf fester Höhe halten und, sobald diese mit der Vergrößerung der Entfernung der Spitzen wächst, unser Uhrwerk auslösen, welches nun die Spitzen einander nähert. Ist die normale Entfernung, die normale Spannung erreicht, so sperren wir unser Uhrwerk, und die Regulierung ist bewirkt. Wir werden sehen, daß wir diese Arbeit aber dem Strom übertragen können, der also dann selbstthätig das Uhrwerk auslöst und sperrt.

Statt auf feste Entfernung und Spannung zu regulieren, können wir auch die Stromstärke im Lichtbogen auf gegebener Höhe erhalten. Ist nämlich unser Regulierapparat mit einer Stromquelle verbunden, welche eine feste Spannung hat, so muß einer gegebenen Stromstärke auch ein bestimmter Widerstand des Apparates entsprechen. Die festen Leiter in demselben ändern ihren Widerstand nicht, also kann ihn auch, wenn durch den Apparat ein Strom von bestimmter Stärke geht, der Lichtbogen nicht ändern; damit wird aber auch die dritte Größe, die Spannung am Lichtbogen, und deshalb die Entfernung der Kohlenspitzen auf fester Höhe bleiben.

Es handelt sich nun darum, den Vorschub der Kohlenspitzen mit dem Augenblicke eintreten zu lassen, in welchem durch das Anwachsen der Entfernung der Kohlenspitzen die Spannung am Lichtbogen zu groß oder seine Stromstärke zu klein geworden ist. Der Strom muß dann das Uhrwerk auslösen; dieses wird dann die Kohlenspitzen einander nähern, und sobald die normale Spannung oder Stromstärke eingetreten ist, muß die Auslösung des Uhrwerkes aufgehoben werden. Der Gang desselben wird gesperrt und die Kohlenspitzen stehen wieder unbeweglich in normaler Entfernung einander gegenüber.

Das einfachste Beispiel eines solchen Regulierungsmechanismus erhalten wir, wenn wir die Regulierung auf feste Stromstärke betrachten. Der Leser hat sich nur vorzustellen, daß der Strom, welcher durch die Kohlenspitzen geht, auch noch durch einen Elektromagneten geführt wird. Der Elektromagnet zieht einen Anker an, den eine Feder von ihm abzureißen sucht. Ist der Strom in dem Elektromagneten stark genug, so überwiegt die Anziehung desselben die Gegenkraft der Feder; sobald aber der Strom, durch die wachsende Entfernung

der Kohlenspitzen, schwächer wird und unter eine gewisse Stromstärke sinkt, kann der Elektromagnet nicht mehr den Anker unter der Gegenwirkung der Feder festhalten, und die letztere reißt denselben ab. Diese Bewegung des Ankers, welche also von der Stromstärke abhängig ist, haben wir zu benutzen, um die Auslösung und Sperrung des Uhrwerkes zu bewirken.

Einen solchen Regulator stellen wir dem Leser in der Fig. 160 vor. Es ist dies die Foucault-Duboscq-Lampe, welche vor der Erfindung der Dynamomaschine vielfach zur Erzeugung des elektrischen Lichtes angewandt wurde und auch heute noch in elektrischen Projektionsapparaten benutzt wird. Bei derselben bewegt das in dem Kasten befindliche Uhrwerk beide Kohlenhalterstangen, und zwar derart, daß die Spitzen zusammengeführt werden. Die Bewegung der unteren Stange ist aber geringer als die der oberen, weil die obere Kohle, als positive, schneller abbrennt. Würden beide Kohlenspitzen jeweilig um die gleiche Strecke zusammengeschieben werden, so rückt der Lichtbogen mehr und mehr nach oben. Da er aber in der Verwendung dieser Lampe im Brennpunkt eines Spiegels oder einer Linse gehalten werden soll, ist die obere Kohle entsprechend ihrem Abbrande stets um ein größeres Stück nachzuschieben als die untere. Dieser Zweck wird einfach dadurch erreicht, daß die Zahnstangen, an welchen die Kohlenstäbe sitzen, durch zwei auf der gleichen Welle befestigte Triebe von verschiedenem Durchmesser bewegt werden. Unter dem Uhrwerk sieht man den Elektromagneten zur Auslösung des Uhrwerkes und ebenso auch die Abreißfeder, deren Spannung durch eine Anzugschraube reguliert werden kann. Es ist ersichtlich, daß die Spannung der Feder einer bestimmten Stromstärke in der Lampe entspricht, bei deren Unterschreitung sie die Anziehung des Elektromagneten überwindet und dadurch die Auslösung des Uhrwerkes herbeiführt. Geben wir der Feder durch die Stellschraube eine stärkere Spannung, so wird offenbar der Grad der Stromstärke, bei welchem der Anker abgerissen wird, erhöht und infolgedessen die Stromstärke, auf welche die Lampe reguliert, höher gesetzt werden. Vermindern wir die Spannung der Feder, so wird auch das Anziehen des Ankers durch den Elektromagneten und damit die Aufhebung des Fortschubes der Spitzen bei kleinerer Stromstärke erfolgen, die Lampe ist dann für eine geringere Stromstärke justiert. Dieser Einregulierung der Lampe durch Änderung der Spannkraft einer Feder, welche als Gegenkraft wirkt, werden wir noch oft bei den Bogenlampen begegnen, und sie ist insofern die bequemste, als man mit Hilfe der Anzugschraube den Grad der Spannkraft der Feder sehr fein abstimmen kann.

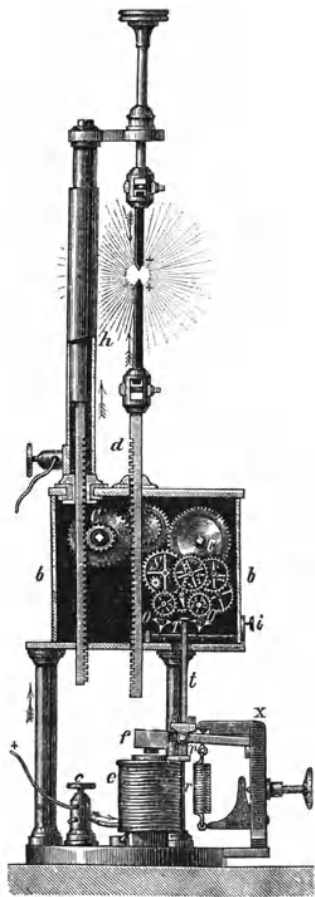


Fig. 160.
Foucault-Duboscq-Regulator.

Nun handelt es sich aber darum, die Kohlenspitzen zur Einleitung des Lichtbogens voneinander zu entfernen. Hierfür ist ein zweites Uhrwerk vorhanden, welches den Stangen der Kohlenspitzen die entgegengesetzte Bewegung wie das erstere erteilt, die Spitzen also voneinander entfernt. Sobald nun der Strom in die Lampe eingeleitet wird, geht er durch die einander berührenden Kohlenspitzen und hat in diesem Falle seine größte Stärke. Der Magnet zieht seinen Anker mit voller Kraft an, und dabei wird ein Hebel, der mit dem Anker verbunden ist, umgelegt. In seiner früheren Lage hatte dieser Hebel das Uhrwerk, welches die Spitzen voneinander bringt, gesperrt, das andre ausgelöst gelassen. Jetzt bewirkt sein Umlegen, daß das erstere gelöst, das zweite gesperrt wird, und nun bewegen sich die Kohlenspitzen voneinander, der Lichtbogen fängt an, sich zu entwickeln. Sobald dies geschieht, wächst der Widerstand im Lichtbogen, die Stromstärke vermindert sich, und bei fortschreitender Verminderung hebt sich der Anker

allmählich — durch eine kleine Vorrichtung ist Sorge getragen, daß er nicht plötzlich durch die Feder abgerissen wird, sondern für jede Stromstärke eine bestimmte Lage einnimmt. Hierdurch kommt der Hebel allmählich in eine Lage, in welcher er beide Uhrwerke sperret, und nun stehen die Spitzen mit fester Entfernung einander gegenüber. Sobald der Abbrand weiter fortschreitet, die Entfernung zwischen den Spitzen größer wird, sinkt die Stromstärke, und der Hebel löst das erste Uhrwerk aus, welches nunmehr die Spitzen wieder zusammenschiebt. Sollten die Spitzen zu nahe aneinander kommen, so tritt das zweite Uhrwerk in Funktion, und wir sehen, daß auf diese Weise der Regulator genau die Stromstärke erhält, auf welche er einreguliert ist.

Die Joucault-Duboscq-Lampe wurde von Serrin dahin abgeändert, daß er das eine Uhrwerk in Fortfall brachte; bei seiner Lampe wird die Gegeneinanderbewegung der Kohlenspitzen dadurch bewirkt, daß der Stange des oberen Kohlenhalters ein genügendes Gewicht gegeben wird, so daß sie, wenn ihre Bewegung freigegeben ist, von selbst niedersinkt und dadurch die mit ihr verbundene untere Stange zur Aufwärtsbewegung zwingt.

In der weiteren Ausbildung der Bogenlampenkonstruktionen wurde auch das Uhrwerk für die Entfernung der Kohlenspitzen voneinander beseitigt und statt dessen eine bewegende Wirkung des Stromes selbst in Anwendung gebracht. Das einfachste Beispiel einer solchen Lampe bietet uns die von Jaspas in Lüttich, welche Fig. 161 darstellt. An dem unteren Ende der oberen Kohlenhalterstange ist eine Schnur befestigt, welche über ein Rad läuft und an einer Stelle in der Nute desselben befestigt ist, sodaß sich das Rad dreht, wenn die Stange nach unten geschoben wird. Auf der Welle des Rades sitzt ein zweites kleineres Nutrad, um welches eine gleiche Schnur für die untere Kohlenhalterstange geschlungen ist. Man erkennt leicht, daß auf diese Weise die Bewegungen beider Stangen miteinander verbunden sind und die Abwärtsbewegung der oberen Stange eine entgegengesetzte Aufwärtsbewegung der andern zur Folge haben muß. Das untere Ende des unteren Kohlenträgers besteht aus Eisen und taucht in eine Drahtspule, welche vom Strom umflossen wird. Nun hat eine solche stromumflossene Spule das Bestreben, einen in sie zum Teil eintauchenden Eisenkern in sich hineinzuziehen. Wir übersehen nun leicht das Spiel, das in dieser Lampe vor sich geht. Die überwiegende Schwere der oberen Stange hat veranlaßt, daß bei Stromlosigkeit beide Spitzen bis zum Aufeinanderstoßen zusammengeschoben wurden. Jetzt tritt Strom in die Lampe. Sofort beginnt die Spule zu wirken, und da bei voller Stromstärke die Spulenwirkung das Mehrgewicht der oberen Stange überwiegt, zieht die Spule die untere Stange nach unten, die obere Stange folgt der Bewegung und geht infolge des geschilderten mechanischen Zusammenhanges beider Stangen nach oben. Der Lichtbogen entsteht. Die Spule zieht die Stangen noch immer weiter auseinander, aber nun nimmt der Widerstand des Lichtbogens zu, die Stromstärke also ab, und endlich ist eine Stellung der Kohlenspitzen erreicht, bei welcher sie nur noch so viel Strom übergehen lassen, daß die Spule, deren Wirkung mit verminderter Stromstärke abgenommen hat, gerade noch das Übergewicht der oberen Stange in der Wage hält. Damit ist die feste Stellung der Spitzen voneinander erzielt, und der Bogen brennt ruhig weiter, bis der Abbrand die Stromstärke so weit vermindert hat, daß die Spule das Gleichgewicht nicht mehr aufrecht erhalten kann. Sie läßt die untere Stange fahren, diese hebt sich, die Spitzen nähern sich, die Stromstärke wächst und bald herrscht wieder zwischen Übergewicht und Spulenwirkung Gleichgewicht.

Es muß nun aber eine Vorkehrung getroffen werden, um die Bewegungen der Stangen

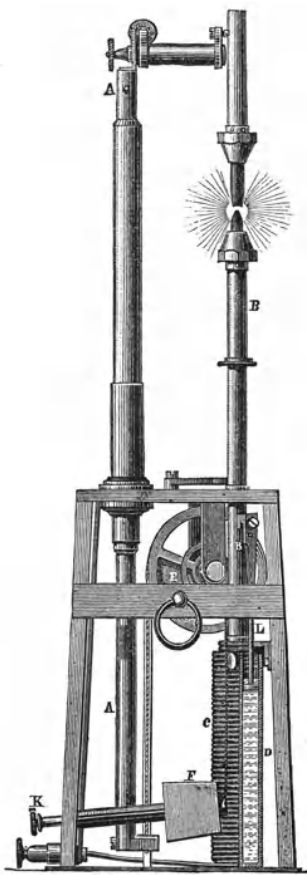


Fig. 161. Jaspas-Lampe.

sanft und langsam zu machen; andernfalls würden die Stangen um die Gleichgewichtslage hin und her zittern und das Licht unruhig werden. Zu diesem Zweck steht neben der Spule ein enger langer Cylinder, der mit Glycerin gefüllt ist; in ihm bewegt sich ein Kolben, welcher durch eine dünne Stange mit der unteren Kohlenhalterstange verbunden ist. Der Kolben trägt einige feine Durchbohrungen, durch welche bei seiner Nieder- wie Aufwärtsbewegung das Glycerin langsam über oder unter ihn gehen kann. Bewegen sich nun die Stangen, so bewegt sich auch der Kolben, allein derselbe läßt nur in dem Maße Bewegung zu, als sich Glycerin durch ihn hindurch bewegen kann, was wegen des geringen Durchmessers der Bohrungen verhältnismäßig nur langsam geschieht. Diese Glycerinbremse ist in Bogenlampen mehrfach angewendet worden, so in der Brush-Lampe. Wir dürfen aber sagen, daß sie für Bogenlampen zu heikel ist und leicht Störungen veranlaßt, weshalb sie in neueren Lampen kaum noch Verwendung findet.

Zur Zäpfer-Lampe erwähnen wir noch, daß ein Teil des Übergewichtes durch ein Gegengewicht ausgeglichen ist, welches unten an einem drehbaren Arme befestigt und durch eine Schnur mit der Welle in Verbindung gesetzt ist. Es dient zur Justierung der Lampe und für einen Ausgleich der nicht ganz gleichmäßigen Spulenwirkung; bezüglich des letzteren Punktes verweisen wir auf das, was wir bei der Krizil-Lampe zu sagen haben.

In etwas anderer Weise hat v. Hefner-Alteneck bei seiner ersten Lampe — nicht zu verwechseln mit seiner Differentillampe — die motorische Wirkung des Stromes zur Trennung der Kohlenspitzen benutzt. In dieser Lampe wird die Annäherung der Spitzen wie bei Zäpfer durch das Übergewicht der oberen Kohlenhalterstange erzielt. Zur entgegen gesetzten Bewegung dient ein Elektromagnet, welcher bei übernormaler Stromstärke seinem Anker eine rasch hin und her gehende Bewegung gibt. Diese wird auf eine Stoßklinke übertragen, welche auf ein Sperrrad wirkt und dasselbe in Bewegung setzt. Ein Näderwerk überträgt diese Bewegung auf die Zahnstangen der Kohlenhalter, und diese werden dadurch auseinander gebracht.

Sind bei der Stromeinleitung die Kohlenspitzen in Berührung, so wird der Elektromagnet, den wir unten im Gestell erblicken, und welcher in den Strom eingeleitet ist, erregt und zieht seinen Anker an.

Auf dem Winkelhebel des Ankers (Fig. 162) sitzt aber ein Platinplättchen, welches sich gegen einen an der unteren Klemmschraube befestigten Platinstift legt, sobald der Anker tief genug gezogen ist. Jetzt geht der Strom nicht mehr von der Klemmschraube durch den Magneten nach dem Gehäuse der Lampe und weiter zur oberen Stange, sondern unmittelbar von der Klemmschraube durch das Kontaktplättchen nach dem Winkelhebel und dem Gehäuse. Er umgeht den Magneten, dessen Stromweg erheblich länger ist, als der direkte. Die Folge ist, daß der stromlos gewordene Elektromagnet unter Gegenwirkung der am Winkelhebel befestigten Blattfeder seinen Anker fahren läßt, und dadurch wird das Kontaktplättchen des Winkelhebels von dem Kontaktstift der Klemme entfernt. Der Strom muß nun wieder durch den Elektromagneten gehen, und das Spiel beginnt von neuem. Ist nun der Strom so stark geworden, daß der Anker und mit ihm der Winkel über eine gewisse Grenze hinaus angezogen wird, bei welcher das Kontaktplättchen den Kontaktstift berührt und für den Strom eine Umgehung des Elektromagneten ermöglicht, so wird der Anker in rascher Folge angezogen und fahren gelassen; dadurch kommt die am Winkelhebel befestigte Stoßklinke in Thätigkeit, das Sperrrad und die mit ihm verbundenen andern Räder werden umgetrieben, die Zahnstangen bewegt, die Kohlenspitzen voneinander entfernt. Bald ist die Entfernung groß genug geworden, daß der Magnet seinen Anker nicht mehr so weit herüber ziehen kann, um das Kontaktplättchen bis an den Stift zu bringen, und die weitere Auseinanderbewegung der Kohlenspitzen hört auf; der Bogen brennt zwischen feststehenden Spitzen. Nun tritt der Abbrand ein; die Stromstärke sinkt, der Anker des Magneten entfernt sich noch weiter von diesem, und endlich tritt der Punkt ein, wo die Stoßklinke aus dem

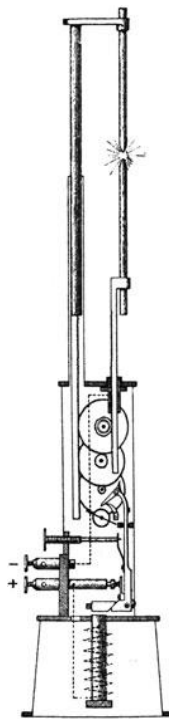


Fig. 162. Einzellichtlampe von v. Hefner-Alteneck.

Sperrrad heraustritt; nun ist der Mechanismus frei und das Übergewicht des oberen Kohlenhalters bringt die beiden Spitzen einander näher; alsbald tritt auch infolge der wachsenden Anziehung des Ankers die Klinke in das Sperrrad, und die weitere Annäherung der Kohlen ist gehemmt. Die für die Gegenkraft der Ankeranziehung vorhandene Blattfeder kann durch eine Regulierschraube zu größerer oder kleinerer Wirkung gebracht und dadurch die Justierung der Lampe erzielt werden.

Bei diesen drei hier beschriebenen Lampen, welche für feste Stromstärke regulieren, wollen wir es vorerst bewenden lassen. Der Leser wird erkannt haben, wie man den Strom zur selbstthätigen Regulierung des Lichtbogens verwenden kann, und zweifellos war es eine glückliche Idee, dem Strom selbst die Regulierungsarbeit zu übertragen. Wir werden aber bald sehen, daß es auch ganz einfache mechanische Mittel gibt, dies zu erzielen, und insbesondere werden wir dieselben bei den elektrischen Kerzen angewendet finden. Inzwischen haben wir aber die Mängel der Lampen, die wir eben kennen gelernt haben, ins Auge zu fassen. Wir werden erkennen, daß sie für eine elektrische Beleuchtung, wie wir sie heute kennen, nicht geeignet sind, und damit kommen wir zu einem Problem, das zu Ende der siebziger Jahre die Elektrotechniker lebhaft beschäftigte und endlich glücklich gelöst wurde, zum Problem der

Teilung des elektrischen Lichtes. Die eben beschriebenen Lampen sind sehr gut geeignet, wenn es sich nur um den Betrieb einer einzelnen Lampe handelt. Aber weit-

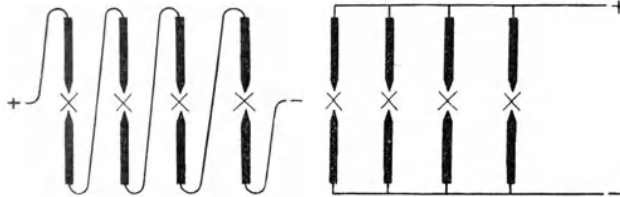


Fig. 163 A.
Reihenschaltung von Bogenlampen.

Fig. 163 B.
Parallelschaltung von Bogenlampen.

aus in den meisten Fällen verlangt man in einer elektrischen Beleuchtungsanlage mehrere Lampen, die man durch eine Maschine betreiben will, aufgestellt zu haben. Nun kann man mehrere solcher Lampen mit einer Stromquelle in doppelter Weise in Verbindung bringen. Man

kann sie — der Leser wolle sich erinnern, was wir von der Schaltung der Batterie gesagt haben, die analoge Verhältnisse bietet — entweder in Reihenschaltung oder in Parallelschaltung mit dem Stromerzeuger verbinden. So sehen wir in Fig. 163 A vier Paar Kohlenstäbe, deren Lichtbogen die eingezeichneten Kreuze darstellen, hintereinander geschaltet mit dem Stromerzeuger verbunden. In Fig. 163 B dagegen ist die Verbindung als Parallelschaltung dargestellt. Wir hatten nun früher gesagt, daß man auf feste Stromstärke regulieren lassen könne, wenn die Zuleitungen feste Spannung haben, und dies wird bei der Parallelschaltung der Bogenlampen, genügende Abmessung der Leitungen und des Stromerzeugers vorausgesetzt, der Fall sein. Es werden sich also die eben beschriebenen Lampen sehr wohl in Anlagen mit mehreren parallel geschalteten Lampen und einem Stromerzeuger eignen. Bis Anfang der achtziger Jahre war aber die Meinung der Elektrotechniker gegen die Parallelschaltung, teils weil sie darin eine Verschwendung an Leitungsmaterial erblickten, teils auch wohl deshalb, weil damals die Aufrechterhaltung der konstanten Klemmenspannung noch Schwierigkeiten bot. Vielleicht spielte auch eine einseitige Auffassung mit, wie sie die Geschichte der Technik und nicht nur diese allein oft gezeigt hat. Genug, man wollte damals elektrisches Licht aus einer Maschine mit einer durchgehenden Leitung, in welche alle Einzellichter hintereinander eingeschaltet waren, an mehreren, an vielen Stellen erzeugen können, und so entstand das Problem der Teilung des elektrischen Lichtes, das noch insofern verwickelter erschien, als man von der einen Maschine auch noch Lichter von verschiedener Stärke betreiben wollte. Fassen wir zunächst den letzteren Punkt ins Auge. Die Bogenlampen sind sehr mächtige Lichtquellen, und man kann ihre Wirkung gewaltig steigern, aber leider vermochte man nicht, sie nach unten hin abzustufen. Nun wäre es wohl niemand eingefallen, sich ein Untertium von Bogenlampe, welches 1000 Normalkerzen Lichtstärke hat, in seine Stube zu

hängen. Für solche Fälle verlangte man schwächere und billigere Lichtquellen, welche die Gas- und Petroleumlampen ersetzen konnten. Aber dies war dem Elektrotechniker jener Tage nicht möglich, und so sah er sich mit seinem Licht auf die Erhellung großer Säle, Bahnhofshallen, freier Plätze beschränkt, und das schöne, gewinnversprechende Gebiet der Hausbeleuchtung blieb ihm vorerst verschlossen. In der modernen Kultur ist aber die Aussicht auf Gewinn zur Mutter der Erfindung geworden und die Not zur Großmutter avanciert, und so ist es leicht zu erklären, daß nach dem Auftauchen des genannten Problems sich die Elektrotechniker von Deutschland, Frankreich, England, Amerika und andern Ländern eifrig bemühten, eine praktische Lösung desselben zu finden. Wir haben schon bei der Entwicklungsgeschichte der Transformatoren gesehen, daß mehrere Erfinder die induktive Stromabzweigung verwenden wollten, um elektrische Lichter von verschiedenen Leuchtkraften und in voller Unabhängigkeit voneinander herzustellen, und wir werden später sehen, daß das Problem noch manche Bestrebungen in andern Richtungen gezeitigt hat, jedenfalls hat es eine weitgehende Anregung ausgeübt.

Sehen wir vorerst von den Bestrebungen ab, welche auf die beliebige Abstufung der Lichtstärken ausgingen, so blieb von dem Problem noch der wichtige Teil übrig, der die Unabhängigkeit der Lichter voneinander betraf. Man wollte, wie gesagt, mehrere Lampen mit einer Maschine betreiben. Nun wollen wir vorerst zeigen, warum dies bei den auf feste Stromstärke regulierenden Lampen nicht möglich war, wenn sie hintereinander eingeschaltet wurden. Denken wir uns zwei der genannten Lampen in Reihenschaltung mit einer Stromquelle verbunden. Sie sollen vorerst beide normal brennen. Nunmehr brennt aber die eine Lampe etwas schneller ab als die andre, der Widerstand ihres Lichtbogens erhöht sich, die Stromstärke in dem Lampenkreis sinkt, beide Lampen fangen an zu regulieren, bis die normale Stromstärke erreicht worden ist. Jetzt ist zwar der Widerstand im ganzen Lampenstromkreis wieder der frühere, aber ist er noch gleichmäßig auf beide Lampen verteilt, wie bei Beginn? Nein, denn die eine Lampe brannte noch mit normaler Spitzenweite, während diese bei der zweiten schon überschritten war; die gleichzeitige Regulierung beider Lampen hatte aber in beiden Lampen die Spitzen zusammengeschoben, bis der Anfangswiderstand wieder erreicht war; in der vorher normal brennenden Lampe sind also die Spitzen unter die normale Entfernung gebracht, in der andern sind sie nicht bis zu derselben genähert worden. Die Lampen brennen jetzt ungleich. Wir sehen also, daß die Gesamtheit der Lampen den Gesamtwiderstand im Lampenkreis erhält, aber dieser konstante Gesamtwiderstand bedeutet nicht eine gleichmäßige Verteilung desselben auf die einzelnen Lampen, und deswegen wird auch die Spitzenweite in den einzelnen Lampen in verhältnismäßig großen Grenzen variieren. Die eine Lampe wird dunkel brennen, während bei einer andern der Bogen zu lang geworden ist.

Unter diesen Umständen konnte man somit die Lampen, welche nur die Stromstärke im Lampenstromkreis auf fester Höhe erhalten, nicht für Reihenschaltung verwenden. Es mußte noch ein Mittel gefunden werden, welches den Lampen ermöglicht, unabhängig von den andern Lampen entweder die Spitzenentfernung oder die Spannung an den Kohlen- spitzen oder den Widerstand des Lichtbogens auf fester Höhe zu halten. In diesem Fall erzeugt der Strom in jeder Lampe den gleichen Lichtbogen; denn da die Stromstärke in hintereinander geschalteten Lampen bei allen gleich ist, so entnimmt bei einer solchen Regulierung jede Lampe das gleiche Maß Betriebskraft aus dem Strom für sich, und wollen wir hier unser altes Bild anwenden, so haben wir zu sagen, daß der Strom an jeder Verbrauchsstelle zu einem gleichen Höhenunterschied des Gefälles durch die Regulier- vorrichtung gestaut wird, so daß jedes getriebene Mühlenrad — so heißt die elektrische Lampe in unsre Wasserkunst übersetzt — gleichen Anteil an der Gesamtbetriebskraft des Stromes erhält.

Von den drei genannten Möglichkeiten für die Regulierung scheint nun die erste, die Erhaltung einer unveränderlichen Entfernung der Kohlenspitzen, auf den ersten Blick die einfachste, auf den zweiten die schwierigste. Wie soll man die abbrennenden Spitzen stets in fester Entfernung voneinander halten? Man könnte sich ja denken, daß man hierfür die Kohlenspitzen auf zwei kleine Ringe (Fig. 164) von unverbrennlichem Material, die

durch Querstücke in fester Entfernung verbunden gehalten werden, stoßen läßt; damit würden sie stets gleich weit voneinander entfernt bleiben. Schön, nur ist es mit der Unverbrennlichkeit im Lichtbogen eine mißliche Sache, denn auch der widerstandsfähigste Stoff wird in der außerordentlichen Temperatur des Lichtbogens zerstört. Außerdem können die Kohlen mit ihren Spitzen mehr oder weniger weit durch die Ringöffnungen, denen eine gewisse Weite gelassen werden muß, hindurch treten, und bei der negativen Kohle kann der sich durch Anfaß bildende Ke gel erheblich in den freizulassenden Raum hineinwachsen. Endlich nimmt der Zwischenkörper Licht und Wärme weg und verringert die Lichtstärke der Lampe in bedenklicher Weise. Das scheinbar so einfache Verfahren erweist sich also als unbrauchbar.

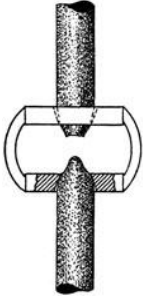


Fig. 164.
Die Erhaltung der festen Entfernung zweier Kohlenstippen durch einen unverbräunlichen Zwischenkörper.

Aber es gelang auf andre Weise, die feste Entfernung der Kohlenstippen auf mechanischem Wege, und zwar ohne jede Bewegung der Kohlenstäbe zu erzielen, und auf diesem Wege ist die erste Lösung des Teilungsproblems erzielt worden.

Die elektrischen Kerzen. Stellen wir zwei Kohlenstäbe nicht gegen-, sondern parallel nebeneinander und sorgen wir dafür, daß der Flammenbogen nur zwischen den äußersten Enden der Stäbe brennt, so haben wir die beiden Kohlenstippen in feste Entfernung gebracht. Denn mit dem Abbrand der Stäbe wird ihre Entfernung nicht geändert.

Diesen Gedanken verwirklichte der in Paris lebende Russe Jablochhoff in seiner elektrischen Kerze, mit welcher es ihm als dem ersten gelang, mehrere Lichtbogen in Reihenschaltung durch eine Maschine zu betreiben.

Diese Jablochhoff-Kerze besteht aus zwei Kohlenstäben (Fig. 165), welche durch eine zwischenliegende Gipschicht mechanisch zu einem Körper verbunden und gleichzeitig elektrisch voneinander isoliert sind. Diese Zwischenschicht hat aber noch einen andern Zweck. Da sie nur durch den Lichtbogen und so weit abgeschmolzen wird, als derselbe reicht, so hält sie den Lichtbogen stets an den äußeren Enden der Kohlenstäbe, und erst wenn sich durch den Abbrand der Kohlenstifte der Lichtbogen senkt, wird ein entsprechendes Stück der Gipslage fortgeschmolzen, so daß also stets die äußersten Enden der Stäbe um einige Millimeter frei bleiben und der Lichtbogen sich nur hier bilden kann.

Damit aber der Lichtbogen zu Beginn entstehen kann, sind die äußersten Spitzen der Kohlen durch ein schlechtleitendes, dünnes Stäbchen, das aus Kohlenpulver mit Bindemasse besteht und angefügt wird, verbunden. Der Strom brennt dieses Stäbchen beim Beginn fort, und damit ist die Lichtbogenbildung eingeleitet.

So war denn durch diese Erfindung eine erste Lösung der Teilung des elektrischen Lichtes gefunden, und es erregte großes Aufsehen, als 1877 die erste elektrische Straßenbeleuchtung mit solchen Kerzen in der Avenue de l'Opéra in Paris in Betrieb kam. Die große Ausstellung im folgenden Jahre bot zahlreichen Technikern und Geschäftsleuten Gelegenheit, diese Beleuchtung zu sehen, und es entwickelte sich aus dieser Anlage eine ausgedehnte geschäftliche Thätigkeit auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung. In gewissem Sinne darf

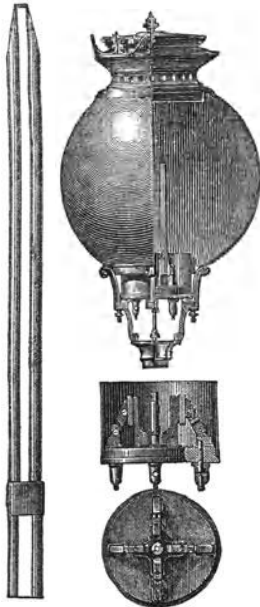


Fig. 165. Jablochhoff-Kerze.

man sagen, daß die Starkstromindustrie mit jenem Zeitpunkt ihren Anfang genommen hat.

Wenn nun heute die Jablochhoff-Kerze veraltet und nahezu verschwunden ist, so liegt das in verschiedenen Mängeln dieser Erfindung begründet. Zunächst haben wir darauf aufmerksam zu machen, daß die Kerzen mit Wechselstrom betrieben werden müssen. Denn der ungleiche Abbrand der positiven und negativen Kohle bedingt, wenn Gleichstrom

angewendet werden soll, eine verschiedene Dimensionierung beider Kohlenstäbe, um auf diese Weise einen gleichen linearen Abbrand zu erzielen; allein die Gleichmäßigkeit des Abbrandes ist nur schwierig durch verschiedene Abmessungen der Kohlen zu erreichen und würde durch unvermeidliche Nebenumstände in bedenklicher Weise gestört werden können. Zablockoff speiste deshalb seine Kerzen mit Wechselstrom, so daß beide Kohlen in raschem Wechsel ihre Polarität vertauschten und der Abbrand bei gleichmäßiger Dicke der Kohlenstäbe gleich wurde. Dieser Verwendung des Wechselstromes entsprang, wie wir schon Seite 71 gesagt haben, die Konstruktion der Wechselstrommaschine von Gramme. Der Wechselstrombetrieb war aber damals wegen der benötigten zweiten Dynamomaschine zur Erregung der Elektromagnete umständlicher als der Gleichstrombetrieb, und man hatte nicht unrecht, wenn man eine solche Beschränkung auf eine Stromart als einen Mangel der Erfindung bezeichnete. Doch dieser Umstand war mehr nebensächlicher Natur. Mehr Bedeutung hatte aber die verhältnismäßig kurze Brenndauer der Kerze, die nur zwei Stunden betrug. Man mußte also, um eine etwa achtstündige Brenndauer zu erzielen, vier Kerzen in eine Lampe stecken (vergl. Fig. 165) und dafür Sorge tragen, daß ein selbstthätiger Umschalter die herabgebrannte Kerze durch eine neue ersetzte. Endlich war es ein bedeutlicher Mangel des Systems, daß das Verlöschen einer Kerze eine Unterbrechung des ganzen Stromkreises und damit das Verlöschen aller in den betreffenden Stromkreis eingeschalteten Kerzen hervorrief.

Die Soleillampe. Einige Jahre nach der Zablockoff-Kerze tauchte eine Vogenlampe auf, bei welcher die Kohlenstäbe einander gegenüberstehen und durch einen unverbrennlichen Zwischentörper, also in der Art, wie wir es bei Fig. 164 andeuteten, in fester Entfernung gehalten werden. Es ist dies die Soleillampe von Leroux. Ein Marmorblock (Fig. 166) ist in einem passenden Gestell befestigt. Seitlich an demselben sind zwei halbkugelförmige Aushöhungen, welche durch einen engeren runden Kanal verbunden sind. Von unten her ist eine weite, konische Ausbuchtung bis an den Kanal geführt. In den halbkugelförmigen Aushöhungen liegen die abgerundeten Köpfe der beiden Kohlenstangen und werden durch Federwirkung gegen die Wandungen gedrückt. Die eine Kohle ist zentrisch durchbohrt und durch diese Bohrung schiebt sich ein dünnes Kohlenstäbchen, welches durch den engen Kanal des Marmorblockes bis an die andre Kohle tritt. Sobald nun der Strom durch die Kohlen geleitet wird, zieht eine elektromagnetische Vorrichtung das dünne Kohlenstäbchen in die durchbohrte Kohle zurück und damit entsteht zwischen beiden Kohlenspitzen ein Flammenbogen. Derselbe erhitzt den Marmorblock zur Weißglut, und das Licht desselben wie auch des Flammenbogens tritt durch die untere Öffnung heraus. Die abbrennenden Kohlen werden durch die Federn stets bis an die Wandungen der Aushöhungen herangeschoben, bleiben also mit ihren Spitzen stets in fester Entfernung voneinander.

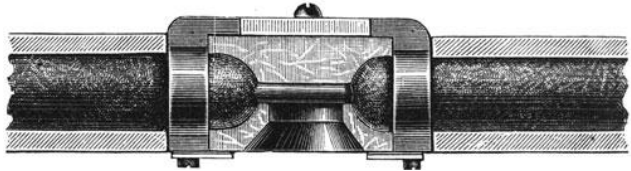


Fig. 166. Soleillampe.

Das Licht der Lampe ist außerordentlich ruhig und gelblich wie Sonnenlicht — daher der Name: Sonnenlampe — gefärbt, nicht grünlich, wie es sonst bei Vogenlicht ist. Die Ursache hiervon sind die zahlreichen roten Strahlen, welche der glühende Marmorblock ausstrahlt. Die große Einfachheit der Lampe, ihre Unempfindlichkeit gegen Stromschwankungen und ihre lange Brenndauer würden sie empfehlen, wenn nicht die Betriebskosten erheblich höhere als bei der gewöhnlichen Vogenlampe wären. Zur Zeit ist sie wohl kaum noch in Gebrauch, aber niemand vermag zu sagen, ob sie nicht gelegentlich in verbesserter Form wieder auftaucht. Wir möchten es fast glauben, denn die Erfinder haben die Idee noch nicht aufgegeben, eine Vogenlampe ohne elektrischen Reguliermechanismus herzustellen.

Die Kontakt-Glühlampen. Neben den Bestrebungen, die Vogenlampen für Reihenschaltung brauchbar zu machen, liefen andre nebenher, welche mit dieser Fähigkeit auch noch

die Möglichkeit einer Verminderung der Lichtstärke und entsprechend des Stromverbrauches zum Ziele hatten. Infolgedessen entstanden elektrische Lampen, welche halb den Bogen-, halb den später zu beschreibenden Glühlampen angehören, die Kontakt-Glühlampen. Leitet man einen Strom durch zwei dünne Kohlenstäbchen, die sich mit ihren zugespitzten Enden berühren, so kommen die Spitzen in Folge der Konzentration der Stromwirkung an der Berührungsstelle in lebhaftes Glühen, und man kann diese Wirkung zur Erzeugung kleiner Lichtquellen verwenden. Werdermann hatte nun gezeigt, daß es vorteilhaft sei, den Querschnitt der negativen Elektrode gegen den der positiven erheblich zu vergrößern, weil in diesem Falle die erstere fast gar nicht erhitzt wird und sich nicht abnutzt, während die

positive Spitze in lebhaftes Weißglut gerät und ein ruhiges helles Licht ausstrahlt. Nach diesen Prinzipien sind verschiedene Lampen konstruiert und auch in beschränkter Benutzung genommen worden. Das Erscheinen der Glühlampe ließ aber alle Lampen dieser Art rasch verschwinden und man sieht sie nur noch in Laboratorien als Demonstrationsapparate. Eine derartige sehr einfache Konstruktion ist die von Fein in Stuttgart, welche in Fig. 167 abgebildet ist. In der Röhre R, welche mit Wasser gefüllt ist, befindet sich der Schwimmer W, welcher durch den Aufdruck des Wassers das auf ihm sitzende dünne Kohlenstäbchen nach oben zu schieben strebt. Das obere Ende des Stäbchens geht durch eine Platinhülse, welche als Führung und für die Stromzuführung dient, und stößt mit seiner Spitze an das Kupferrädchen, welches mit dem zweiten Pol des Stromerzeugers verbunden ist. Infolge des Übergangswiderstandes zwischen Kohlen Spitze und Kupferrädchen wird die erstere durch den Strom weißglühend und strahlt Licht aus. Entsprechend dem Verbrauch des Kohlenstäbchens wird dasselbe nachgeschoben, da es durch den Schwimmer ständig an die Kupferscheibe gedrückt wird. Nutzt sich die letztere an der Berührungsstelle ab, so kann man sie um ein Stück drehen und einen unbeschädigten Teil des Randes mit dem Kohlenstäbchen in Berührung kommen.

Die weiteren Konstruktionen dürfen wir, nachdem wir an obigen einfachen Apparat das Prinzip der Kontaktglühlampen erläutert haben, wegen ihrer mangelnden Verwendung übergehen, bemerken nur noch, daß H. Pieper als vor einigen Jahren noch einmal versucht hat, die Kontaktglühlampe lebensfähig zu machen, ohne damit einen Erfolg erzielt zu haben.

Die Differentillampen. Kurze Zeit nach Jabluchoff gelang es v. Hefner-Alteneck, eine Regulatorlampe zu konstruieren, bei welcher die Kohlenstäbe in Gegenüberstellung entsprechend dem Abbrände zusammengeschoben werden, ohne daß hierbei die eine Lampe von der andern abhängig wird. Dies erreichte der Erfinder dadurch, daß er die Lampe auf einen stets gleichen Widerstand im Lichtbogen regulieren ließ. Wird bei solchen Lampen die Stromstärke der Betriebsmaschine auf fester Höhe erhalten,

so wird auch jede Lampe eine feste Spannung am Lichtbogen, einen festen Abstand der Kohlenspitzen voneinander haben.

Um dies zu erreichen, ist die Lampe derart eingerichtet, daß sie die Kohlen mit wachsender Spannung einander zu nähern, bei wachsender Stromstärke voneinander zu entfernen strebt. Werden die Kohlenspitzen einander genähert, so nimmt die Spannung ab, also auch die Kraft, welche sie zusammenreibt. Mit fortschreitender Annäherung der Kohlen muß eine Stellung eintreten, bei welcher die Spannung am Lichtbogen so weit gesunken ist, daß sie der Gegenkraft, welche von der Stromstärke abhängig ist, das Gleichgewicht hält. Wären die Kohlen von vornherein in einer Entfernung gewesen, die kleiner als die bei der Gleichgewichtsstellung ist, so hätte die Wirkung der Stromstärke das Übergewicht gehabt und die Kohlen soweit auseinander geschoben, bis die Spannungswirkung bis zum Ausgleich der ersteren gemachsen wäre.



Fig. 167.
Kontaktglühlampe von Fein.

Wir wollen das Gesagte an einem einfachen Mechanismus erläutern, der uns in verbesserter Form später wieder begegnen wird.

Die eine Kohlenspitze Fig. 168 sei unbeweglich befestigt. Die andre sitze auf einer Eisenstange. Um diese Stange liegen zwei Spulen, von denen die hintere aus dickem Draht gewunden ist. Durch diese Spule geht der Hauptstrom, d. h. derselbe, der den Lichtbogen erzeugt; zu diesem Zwecke ist das eine Ende der Spule mit dem positiven Pole des Stromerzeugers, das andre mit der eisernen Stange verbunden. Der Strom geht also durch die Spule zur beweglichen Kohlenspitze, von dieser durch den Lichtbogen zur festen Spitze und fließt von dieser zum Stromerzeuger. Die vordere Spule ist mit dünnem Draht in vielen Lagen bewickelt; das eine Ende ihrer Wickelung ist mit der beweglichen Kohlenspitze, das andre mit der festen verbunden. Je größer nun die Spannung am Lichtbogen, d. h. zwischen beiden Kohlenspitzen, oder was dasselbe, an den Enden des Drahtes der zweitgenannten Spule, desto stärker wird auch der Strom sein, der durch diesen Nebenschluß geht. Nun haben wir schon früher gesagt (S. 142), daß eine stromdurchflossene Spule einen durch sie beweglich hindurchgehenden Eisenkern in sich hineinzieht. Die Hauptstromquelle, die hintere, wird also den Stab nach rechts, die Nebenschlußspule ihn nach links zu ziehen suchen.

Nun denken wir uns, die Kohlen berühren sich und es werde Strom eingeleitet. Da zwischen den Kohlenspitzen in diesem Moment nur ein verschwindender Widerstand, also auch kaum eine Spannung herrscht, so ist der Strom in der Nebenschlußspule nahezu null, eine Wirkung dieser Spule auf den Eisenkern also nicht vorhanden, und sie muß es zulassen, daß die Hauptstromspule den Eisenstab nach rechts zieht. Dadurch kommen die Kohlenspitzen voneinander, ein Lichtbogen entsteht und mit wachsender Entfernung der Spitzen wächst die Spannung am Lichtbogen. Die Wirkung der Nebenschlußspule steigt, und endlich tritt der Punkt ein, an welchem die Wirkung dieser Spule derjenigen der andern gleich ist. Nun kann die Hauptstromspule den Eisenstab nicht weiter nach rechts ziehen; er steht ruhig. Bald aber hat der Abbrand die Entfernung der Kohlenspitzen vergrößert und die Spannung am Lichtbogen ist gestiegen, mit ihr die Wirkung der Nebenschlußspule, welche nunmehr diejenige der Hauptstromspule überwiegt und daher den Eisenstab so weit nach links zieht, bis die Spannung so weit gesunken ist, daß beide Spulenwirkungen gleich sind.

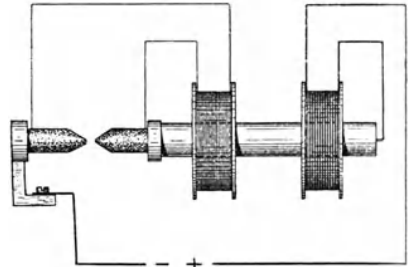


Fig. 168. Prinzip der Differentiallampe.

Diese Anwendung zweier Spulen, der Hauptstrom- und der Nebenschlußspule, deren Wirkungen einander entgegengerichtet sind, hat der Lampe den Namen Differentiallampe verschafft, der nicht ganz bezeichnend ist. Solange die Stromstärke stets als konstant betrachtet werden kann, wird auch die Wirkung der Hauptstromspule konstant sein, sie vertritt also eine konstante Gegenkraft und könnte durch ein Zuggewicht ersetzt werden. Ändert sich aber die Stromstärke, so wird sich auch die Stellung der Kohlenspitzen ändern, bei welcher Gleichgewicht zwischen beiden Spulenwirkungen herrscht; da nun die Spulenwirkungen wachsen wie die Stromstärken in ihren Drähten, diese aber bei der Hauptstromspule der Stärke des Hauptstromes, bei der andern der Spannung am Lichtbogen proportional sind, so wird unsre Lampe stets so regulieren, daß Hauptstromstärke und Spannung bei Gleichgewicht in ein festes Verhältnis kommen. Da nun weiter das Verhältnis der Spannung zur Stromstärke nach dem Ohmschen Gesetze gleich dem Widerstande des Leiters ist, deren Spannung und Stromstärke in Frage kommt, hier also der Lichtbogen, so ist jenes feste Verhältnis gleichbedeutend mit einem bestimmten Widerstand, auf welchen die Gesamtwirkung der beiden Spulen den Lichtbogen einstellen wird.

Hätten wir die Hauptstromspule durch ein Zuggewicht ersetzt, so würde nicht ein fester Widerstand im Lichtbogen, sondern nur eine feste Spannung an demselben erzielt.

Nach diese Regulierungsart kann für hintereinander geschaltete Lampen benutzt werden, eignet sich aber nur unter gewissen Bedingungen. Im allgemeinen ist die Regulierung auf festen Widerstand, also die Mitanwendung der Hauptstromspule vorzuziehen. Die letztere hat auch noch einen andern nicht unwichtigen Zweck. Sie zieht die Kohlen bei Beginn zur Bildung des Lichtbogens auseinander.

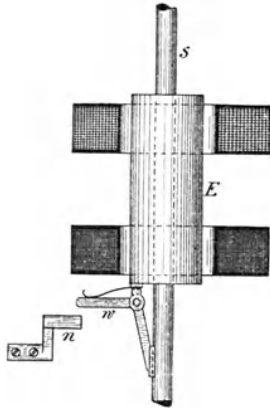


Fig. 169. Prinzip der Kuppelung.

Ein Beispiel der ersteren Gruppe gab unser typisches Bild Fig. 168. Ein ähnliches wollen wir hier für die zweite Gruppe hinzeichnen. Ein kurzer Eisenkern E, Fig. 169, den Gegengewichte schwebend erhalten, wird durch die beiden Spulen entsprechend den geschilderten Verhältnissen hin und her bewegt. Er ist durchbohrt und durch ihn hindurch führt leicht gleitend die Kohlenhalterstange s. Unten an dem Eisenkern sitzt ein Winkelhebel w, dessen unterer Winkel durch eine Feder an die Stange s gedrückt wird. Auf diese Weise sind Stange und Eisenkern verbunden, und so kann nun die beschriebene Regulierung auf festen Widerstand stattfinden. Je mehr nun die Kohlen abbrennen, desto tiefer muß der Eisenkern

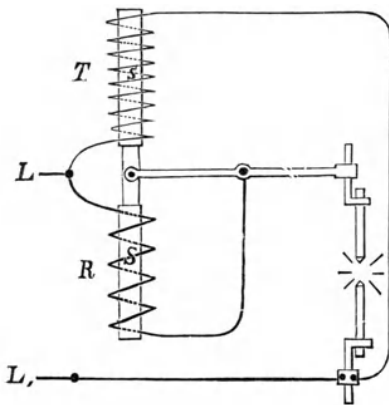


Fig. 170. Prinzip der v. Hefner-Alteneck'schen Differentiallampe.

wir hätten sie folgerichtig nach den Lampen der andern Gruppe zu behandeln. Allein schon die erste Differentiallampe ist eine solche mit Kuppelung gewesen, und um den historischen Weg unsrer Darstellung beizubehalten, geben wir der zweiten Gruppe den Vorzug.

Diese erste Bogenlampe, mittels welcher die Teilung des elektrischen Lichtes ermöglicht wurde, ist von v. Hefner-Alteneck im Jahre 1878 erfunden und zum erstenmale 1879 bei der Beleuchtung der Passage in Berlin während der Berliner Gewerbe-

Die Differentiallampen mit Kuppelung. Nachdem wir die Prinzipien der Differentiallampe erfannt haben, wird es uns leicht sein, die verschiedenen Konstruktionen zu verstehen. Wir können nun zunächst in konstruktiver Hinsicht zwei Gruppen unterscheiden. Bei der einen wird die Kohlenhalterstange ihrer ganzen Länge nach durch die beiden Spulen bewegt, bei der andern dagegen wird die Wirkung der Spulen sich nur auf kurze Bewegungen der Stange erstrecken, nur auf die regulierende Bewegung, während der eigentliche Nachschub dadurch bewirkt wird, daß die Stange vom Reguliermechanismus losgekuppelt wird, infolge ihrer Schwere nachfällt, und wenn sie mit ihrer Kohlenspitze wieder in die Strecke gelangt ist, innerhalb welcher reguliert wird, wiederum in feste Verbindung mit dem Reguliermechanismus tritt.

Ein Beispiel der ersteren Gruppe gab unser typisches Bild Fig. 168. Ein ähnliches wollen wir hier für die zweite Gruppe hinzeichnen. Ein kurzer Eisenkern E, Fig. 169, den Gegengewichte schwebend erhalten, wird durch die beiden Spulen entsprechend den geschilderten Verhältnissen hin und her bewegt. Er ist durchbohrt und durch ihn hindurch führt leicht gleitend die Kohlenhalterstange s. Unten an dem Eisenkern sitzt ein Winkelhebel w, dessen unterer Winkel durch eine Feder an die Stange s gedrückt wird. Auf diese Weise sind Stange und Eisenkern verbunden, und so kann nun die beschriebene Regulierung auf festen Widerstand stattfinden. Je mehr nun die Kohlen abbrennen, desto tiefer muß der Eisenkern sinken, um den Lichtbogen im festen Widerstand zu erhalten. Endlich wird er so weit gesunken sein, daß der obere Arm des Winkelhebels w an den Anschlag n stößt, und wenn nun der Eisenkern noch ein wenig sinkt, wird der Winkelhebel von der Stange s abgedrückt und diese kann frei fallen; die Stange ist losgekuppelt. Dadurch wird der Lichtbogen kürzer, die Spannung sinkt, der Eisenkern wird von der Hauptstromspule emporgezogen. Der obere Arm des Winkelhebels verläßt den Anschlag, der andre drückt wieder gegen die Stange, und diese ist mit dem Kern wieder gekuppelt. Eine solche Kuppelung wäre vergleichsweise roh und sie ist hier nur beschrieben worden, um an einem einfachen Beispiele zu zeigen, wie die Kuppelung funktioniert.

Man sieht, daß die Lampen mit Auslösungen kompliziertere Mechanismen sind und

Ausstellung in Anwendung gebracht; es ist dies die erste Anlage gewesen, in welcher mehrere Bogenlampen gleichzeitig von einer Maschine betrieben wurden.

Die Anordnung dieser Lampe unterscheidet sich in einer Kleinigkeit von der typischen Form, welche wir früher gegeben haben. Der Leser ersieht aus der Abbildung Fig. 170, daß der von den beiden Spulen bewegte Eisenkern durch einen Hebel mit der oberen Kohle verbunden ist. Die Schaltung der Spulen ist die gleiche, wie sie früher angegeben wurde.

Wir wollen nun sehen, wie die Kohlenhalterstange mit dem Hebel gekuppelt ist. Die obere Kohle sitzt an einer Zahnstange, Fig. 171, welche in den Trieb eines Sperrrades greift. Die Achse dieser beiden Räder ist auf einer Stange gelagert, welche an dem Hebel durch ein Gelenk befestigt ist. Solange das Sperrrad sich frei bewegen kann, ist auch die Bewegung der Zahnstange frei und sie kann sich unter Drehung des Triebes und des Sperrrades frei hin und her bewegen. In das Sperrrad greift aber eine Hemmung ein, welche bei Drehung des Sperrrades in eine Schaufelbewegung versetzt wird, und da an dieser Hemmung ein Pendel befestigt ist, so kann die Bewegung des Rades und somit der Zahnstange nur in einem verlangsamten Tempo erfolgen; dadurch wird das langsame Niedergleiten der Zahnstange bei Entkuppelung erzielt. Wird nun aber das Pendel durch eine Vorrichtung festgehalten, so kann das Sperrrad sich nicht drehen, die Stange nicht niedergleiten; sie ist mit dem Rade und somit mit dem Hebel und dem Eisenkern gekuppelt. Die Vorrichtung, welche das Pendel festhält, ist nicht ganz genau in unserer Abbildung zu erkennen. Es wird ja auch genügen, wenn wir sagen, daß das Pendel durch einen Hebel gebremst ist, welcher bei einer gewissen tiefsten Stelle abgehoben wird, so daß das Pendel und mit ihm die Zahnstange freie Bewegung erhält.

Die Vorgänge in der Lampe gestalten sich nun folgendermaßen. Die Lampe sei zunächst stromlos. Durch das Übergewicht des Kohlenhalters wird der Eisenkern in die obere Spule hineingehoben. Der an dem andern Arm des Hebels hängende Mechanismus sinkt nieder, und zwar so weit, daß der Bremshebel von dem Pendel abgehoben wird, die Stange also frei sinken kann, wobei sie durch das Sperrrad das Pendel hin und her bewegt. Sie sinkt so weit, bis die obere Kohle auf die untere stößt, beide Spitzen sich also berühren. Nunmehr werde der Strom in die Lampe geleitet. Die obere, die Nebenschlußspule erhält wegen des geringen Widerstandes zwischen beiden Kohlenspitzen nur wenig Strom, die Wirkung der Hauptstromspule hat das Übergewicht und zieht den Eisenkern herunter, somit das Sperrrad in die Höhe. Bei einem gewissen Punkte wird nun das Pendel vom Bremshebel gebremst, Sperrrad und Zahnstange sind gekuppelt und bei weiterem Aufwärtsgang des Sperrrades wird die Zahnstange mitgenommen. Die obere Kohle verläßt die untere, der Lichtbogen entsteht und wird so weit ausgezogen, bis der Strom in der Nebenschlußspule so weit gewachsen ist, daß ihre Wirkung derjenigen der Hauptstromspule das Gleichgewicht hält. Nun kann die letztere Spule den Bogen nicht mehr länger ziehen. Die Kohlen brennen ab und der Bogen verlängert sich. Dadurch wächst der Strom in der Nebenschlußspule, sie wirkt stärker als die untere und zieht den Eisenkern weiter in

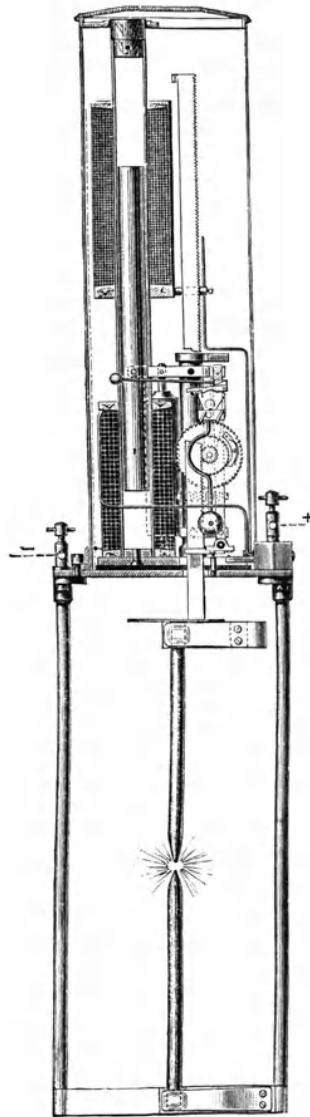


Fig. 171. Differentiallampe von v. Gefner-Altened.

sich hinein. Die Kohlen werden also wieder genähert und zwar so weit, bis wieder Gleichgewicht zwischen beiden Spulenwirkungen hergestellt ist. So rückt der Eisenkern immer weiter in die obere Spule hinein und der am andern Arm des Hebels hängende

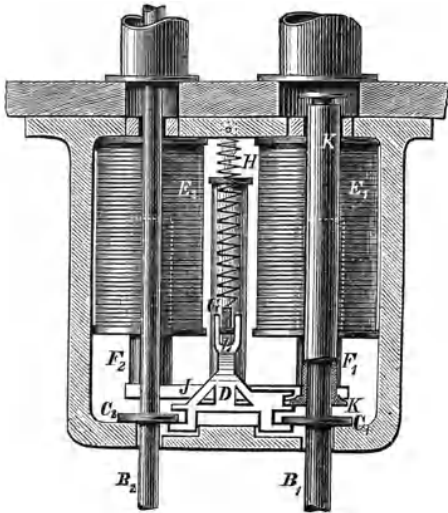


Fig. 172. Brusch-Lampe.

diese Lampe nicht wegen ihrer Bedeutung für die Entwicklung der Elektrotechnik an erster Stelle erwähnen müssen, so würden wir den Leser zuvor eine andre Bogenlampe beschreiben haben, die sich durch eine außerordentlich einfache und verständliche Kuppelung auszeichnet, die Bogenlampe von Charles Brush.

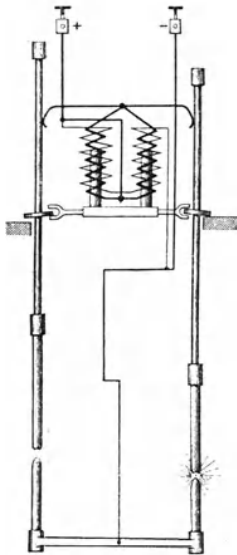


Fig. 173. Die Schaltung in der Brusch-Lampe.

Mechanismus sinkt, bis der tiefste Punkt erreicht ist. Hier erfolgt die Entkuppelung der Zahnstange und diese sinkt frei nieder; der Bogen wird kleiner, die Nebenschlusspule erhält weniger Strom, als zum Gleichgewicht gehört, und die untere Spule zieht den Eisenkern nach unten, bis wieder der normale Widerstand erreicht ist. Nunmehr wird sich der Mechanismus in einem kleinen Spielraume um den Kuppelungspunkt bewegen; das Sperrrad wird um den Bruchteil eines Millimeters unter diesen Punkt sinken und dadurch wird die Stange frei gegeben; sie sinkt um ein sehr kleines Stück, das Sperrrad geht wieder auf den Kuppelungspunkt und die Stange ist wieder mit ihm verbunden. Auf diese Weise wird das Pendel in regelmäßigen Intervallen in Bewegung gesetzt, und jedesmal sinkt die Stange um ein winziges Stückchen nieder.

Die Kuppelung der v. Hefner-Alteneckschen Lampe ist sehr fein und ermöglicht ein genaues Spiel der zusammengreifenden Mechanismen. Sie ist aber nicht einfach und übersichtlich. Hätten wir diese Lampe nicht wegen ihrer Bedeutung für die Entwicklung der Elektrotechnik an erster Stelle erwähnen müssen, so würden wir den Leser zuvor eine andre Bogenlampe beschreiben haben, die sich durch eine außerordentlich einfache und verständliche Kuppelung auszeichnet, die Bogenlampe von Charles Brush.

Um eine glatte runde Metallstange (Fig. 172) sei ein flacher Metallring C_1 gelegt, dessen Bohrung im Durchmesser nur wenig größer sei, als die Dicke der Stange beträgt. Solange der Ring horizontal liegt, kann die Stange frei durch den Ring gleiten. Sobald aber der Ring an einer Seite gehoben wird und schief zu stehen kommt, legt er sich mit zwei Punkten seines inneren Randes gegen die Stange und hält dieselbe durch die Reibung der beiden Metallfäden aneinander fest. Den Ring faßt nun eine Gabel D , welche durch den Eisenkern der Spulen gehoben und gesenkt werden kann. Die runde Stange wird also durch den schiefankliegenden Ring bei dieser Bewegung mitgenommen und Stange und Gabel sind miteinander gekuppelt. Senken sich aber die beiden Teile so weit, daß die Stelle des Ringes, welche der von der Gabel gefaßten diametral gegenüber liegt, auf den Vorsprung aufstößt, so wird bei weiterer Senkung der Gabel der Ring mehr und mehr sich zur horizontalen Lage neigen. Der Druck und die Reibung zwischen Stange und Ring vermindern sich, und endlich ist bei horizontaler Lage des Ringes derselben nicht mehr im stande, die Stange zu halten; sie gleitet durch ihn hindurch. Geht nun die Gabel wieder in die Höhe, so wird der Ring wiederum schief gestellt und beide Stangen werden wieder gekuppelt.

Brush hat für seine Lampe auch eine von der v. Hefnerschen Lampe abweichende Anordnung der beiden Spulen gewählt. Er wickelt dieselben auf einer Spule übereinander und zwar derart, daß beide in entgegengesetzter Weise wirken. Wenn also die Hauptstromspule (Fig. 173) den Eisenkern in die gemeinsame Spulenbohrung hineinzuziehen sucht, so hebt die Wirkung der Neben-

schlußwicklung die der ersteren Spule auf, und wenn die letztere unter die erstere sinkt, wird der Eisenkern herabfallen.

Nach dem Gesagten wird es leicht sein, die Konstruktion der Brush-Lampe zu verstehen. Noch sei erwähnt, daß statt der einen Doppelspule deren zwei aufgestellt und ihre Eisenkerne durch ein Querstück vereinigt worden sind; dadurch wird an dem Gesagten nichts geändert.

In unserm Bilde sehen wir, daß der Mechanismus zwei Kohlenhalterstangen bethätigt. Die Lampe ist nämlich für zwei Kohlenstiftpaare eingerichtet, von denen das eine zum Brennen kommt, sobald das andre abgebrannt ist. Dadurch ist die Lampe zu einer längeren Brenndauer befähigt und kann bis 16 Stunden Licht geben, während die früheren Lampen mit nur einem Kohlenstiftpaare es nur bis acht Stunden brachten, was nicht für eine ganze Nacht ausreicht. Wir wollen hierzu bemerken, daß die Lampe bei Beginn des Brennens zuerst den einen oberen Stift anhebt und so diesen von seinem unteren trennt. Der Strom geht nunmehr durch das sich noch berührende zweite Paar Stifte. Da nun die Gabel noch weiter nach oben gezogen wird, so wird beim weiteren Anheben auch die zweite Stange gefaßt und gehoben, so daß jetzt der Lichtbogen am zweiten Stiftpaar entsteht, das erstere Paar aber bis zum Abbrand des andern ohne Lichtbogen getrennt bleibt. Diese verschiedene Anhebung wird einfach dadurch erreicht, daß man die Einschnitte der Gabel, welche die Ringe fassen, verschieden ausschneidet, so daß der greifende Finger beim einen etwas tiefer liegt als beim andern.

Differentiallampen ohne Kuppelung. Die einfachste Differentiallampe stellt unsere Fig. 168 dar, und der Leser wird schon gefragt haben, warum man die komplizierte Kuppelung anwendet, wo doch in einfacherer Weise die unvermittelte Bewegung der Kohlenstippen durch die beiden Spulen erzielt werden kann. Der Grund hierfür ist in dem Umstand zu suchen, daß die Wirkung einer Drahtspule auf einen Eisenkern nicht nur von der Spule, d. h. von der Anzahl ihrer Windungen und der Stärke des sie durchfließenden Stromes, sondern auch von der Stellung des Eisenkernes abhängt. Diese Wirkung wird um so schwächer, je mehr sich die Mitte des Stabes der Mitte der Spule nähert. Demzufolge würde das Verhältnis der Wirkungen der beiden Spulen in unser Fig. 168 ein wesentlich anderes sein, wenn einmal die Mitte des Stabes in die Hauptstrom-, ein andermal in die Nebenstromspule fiele, und also würde der im Lichtbogen durch die Regulierung erzielte Widerstand zunehmen, je mehr die Kohlen abbrennen.

Diese Veränderlichkeit der Spulenzirkung auf den eingezogenen Eisenkern beseitigte im Jahre 1880 Krizik, damals österreichischer Telegraphenbeamter in Bilfen, durch ein einfaches Mittel. Statt der cylindrischen Form gab er dem Eisenkern die eines Doppelfegels, so daß er von seiner Mitte, wo er am stärksten ist, spitz nach beiden Enden zu verläuft. Die Wirkung einer Spule auf einen solchen Eisenkern bleibt nahezu für alle Lagen des Kernes konstant, und so konnte Krizik mit Hilfe dieser Abänderung eine Lampe konstruieren, welche zweifellos die einfachste aller Bogenlampen ist. Er hatte das Glück, finanzielle Beihilfe zu finden, und beide Herren — der Name des zweiten war Piette — vereinigten sich, die Lampe zu praktischer Verwendbarkeit auszubilden. So entstand die Krizik-Piette-Lampe, die nach ihrem Geburtsort auch Bilfen-Lampe genannt wird. Zu erläutern haben wir die Lampe nicht weiter; was wir zu der Fig. 168 gesagt haben, gibt das Prinzip der Lampe wieder; die einzige Abänderung bedeutet die besondere Form des Eisenkernes, welche Fig. 174 a darstellt. Wir sehen hier den Eisenkern in drei

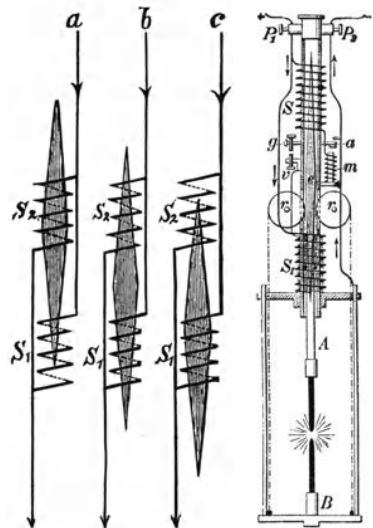


Fig. 174 a.
Der Eisenkern der Krizik-Lampe
in verschiedenen Stellungen zu
den beiden Spulen.

Fig. 174 b.
Krizik-Lampe,
ältere Form.

verschiedenen Stellungen zu zwei einziehenden Spulen, und er ist, sofern die Stromstärken in beiden Spulen für eine Lage Gleichgewicht bedürfen, in allen drei Lagen im Gleichgewicht; die Spulenzirkung ist von der Stellung des Kernes unabhängig geworden, was allerdings nicht ganz streng, aber innerhalb der praktischen Grenzen gilt. Man wird also ohne weiteres die in Fig. 174 b dargestellte Konstruktion verstehen.

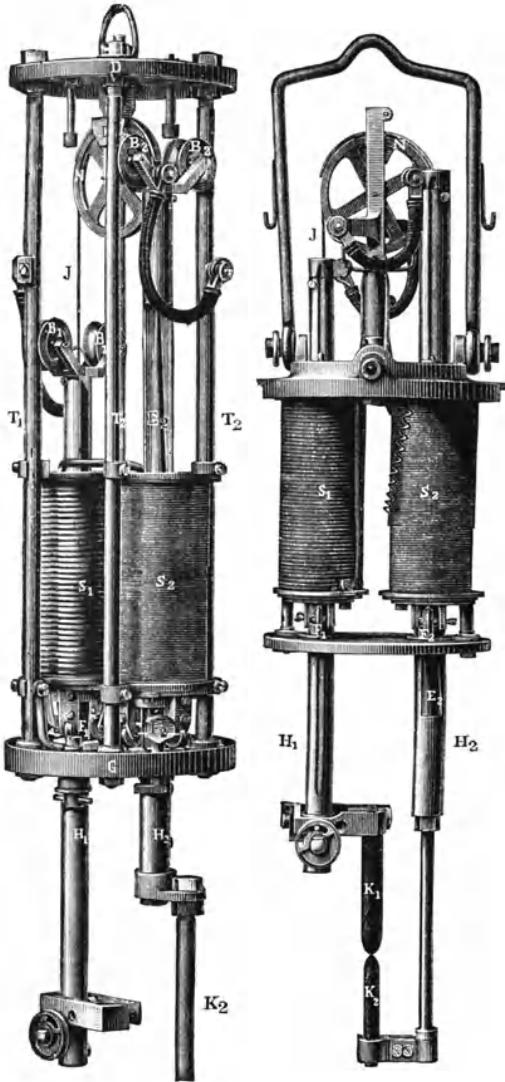


Fig. 174 c. Krizik-Lampe; neuere Form von Schudert & Co.

In dieser Form hatte die Lampe einen Mangel, sie wurde zu lang, was für viele Verwendungen un bequem ist. Als daher die Firma S. Schudert in Nürnberg die Fabrikation der Lampe übernahm, änderte sie die Konstruktion dahin ab, daß der Kern in der Mitte durchgeschnitten und die beiden Hälften durch eine über eine Rolle gelegte Schnur verbunden wurden, so daß die beiden Hälften nebeneinander hingen und die Spulen nicht übereinander zu stehen kamen. Diese neuere Konstruktion zeigt unsere Fig. 174 c.

Bogenlampen mit einseitiger Bewegung. Die Differenziallampen, wie wir sie soeben in einigen Haupttypen kennen gelernt haben, heben und senken den Kohlenstift, sie arbeiten auf Hub und Schub. Am ausgeprägtesten war diese Doppelbewegung bei der Krizik-Lampe, während die Lampen mit Kuppelung nur auf kleiner Strecke mit Hub und Schub zugleich arbeiten. Sehr viele neuere Lampen arbeiten nun aber ausschließlich nur mit Schub, indem sie die abbrennende Kohle entsprechend dem Abbrand nachschieben oder nachfallen lassen, wie dies auch schon für die größere Bewegung die Lampen mit Kuppelung zeigten. Nun ist aber zur Bildung des Lichtbogens erforderlich, daß die Kohlen, nachdem sie sich berührt haben, zunächst um ein Stück auseinander gebracht werden, also einen Anfangshub müssen alle Lampen haben. Derselbe kann bei der oberen Kohle als tatsächlicher Hub, oder bei der unteren durch Herunterziehung oder endlich, wenn beide Kohlen in ihren Bewegungen (wie bei Schudert's Konstruktion der Krizik-Lampe) ver-

bunden sind, durch beides zugleich erfolgen. Die nebensächliche Bedeutung, welche dieser Vorgang für die Konstruktion hat, läßt uns davon absehen, die Lampen der hier in Frage kommenden Arten nach diesem Gesichtspunkte einzuteilen, vielmehr bietet die Art und Weise wie der Schub, d. h. die Annäherung der Kohlen aneinander, bewirkt wird, einen passenden Unterscheidungsgrund, und zwar werden wir die Lampen in solche einteilen, bei denen die Kohlenhalterstange fällt und aufgehalten wird, und in solche, in denen die Stange tatsächlich nachgeschoben wird.

Bei den Lampen dieser Art wird außer zur anfänglichen Bildung des Lichtbogens keine Hubbewegung ausgeführt; sie können bei zu großem Lichtbogen entweder nur bei Überschreitung der Spannung dieselbe verkleinern oder die zu klein gewordene Stromstärke wieder vergrößern; sie bedürfen daher nur einer regulierenden Spule, die im ersteren Falle als Nebenschlußspule, im andern in den Hauptstrom geschaltet ist. Wir wollen zunächst die Lampen ersterer Art, die Nebenschlußlampen betrachten.

Ein einfaches und typisches Beispiel gibt uns die Lampe von P. SELLON (Fig. 175). Die obere Kohle sitzt an einer Zahnstange, welche in ein Triebrad eingreift und beim Herabsinken dasselbe in Bewegung setzt. Durch Zwischenräder wird diese Bewegung auf einen rasch umlaufenden Windfang *f* übertragen, der den Fall der Zahnstange zu einem langsamen Herabgleiten mäßigt. Nun steht in dem Gehäuse, in welchem das Uhrwerk liegt, eine kleine, mit feinem Draht umwickelte Spule *R*, die als Nebenschluß zum Lichtbogen eingeschaltet ist. In dieselbe taucht ein kleiner Eisenkern, der senkrecht an einer Feder hängt. Je größer nun die Spannung am Lichtbogen sein wird, desto stärker wird die Spule auf den Kern wirken, desto tiefer ihn in sich hineinziehen, indem sie die wachsende Gegenkraft der Feder überwindet. Mit dem Eisenkern ist aber der eine Arm eines kleinen Hebels verbunden, dessen anderer Arm den Windfang hält, bis er durch das Niedergehen des Eisenkerns so weit gehoben ist, daß der Windfang frei wird. Nun übersehen wir leicht das Spiel der Teile. Ein Lichtbogen ist entstanden; er hat normale Länge. Der Eisenkern ist zwar bereits in die Spule gezogen, aber noch nicht so weit, daß der Windfang freigegeben wäre. Der Lichtbogen verlängert sich, die Spannung wächst, unser Eisenkern geht tiefer in die Spule hinein, und endlich tritt der Augenblick ein, in welchem der Windfang frei wird. Nun kann die Zahnstange sinken, und sie thut es. Dadurch sinkt die Spannung am Lichtbogen, der Eisenkern hebt sich wieder aus der Spule heraus und der Windfangflügel wird vom Hebelarm wieder gefangen. Auf diese Weise wird die Zahnstange in kurzen Intervallen frei gelassen und sinkt entsprechend dem Abbrand um den Bruchteil eines Millimeters.

Wie wird aber nun der Lichtbogen anfangs erzeugt? Die untere Kohle sitzt an einer Stange, welche um einige Millimeter nach unten gezogen werden kann. Zu diesem Zwecke steckt die Stange mit ihrem unteren Ende in der zentralen Bohrung eines Eisenkernes und wird durch eine Feder um ihren Spielraum nach oben gedrückt. Der aus der unteren Kohle austretende Strom wird nun durch Drahtwindungen um den Eisenkern geleitet und macht denselben zu einem Elektromagneten. Über dem oberen Pol des Magneten *M* ist an der Kohlenhalterstange ein eiserner Anker *a* befestigt, welche in dem Augenblicke, in welchem der den Elektromagneten umfließende Hauptstrom durch die Kohlen geht, angezogen wird, und seinerseits die untere Kohlenhalterstange nach unten zieht und in dieser Lage festhält. Durch diese Bewegung ist die untere Kohle von der oberen um einige Millimeter entfernt worden und der Lichtbogen kann entstehen.

Auf S. 151 hatten wir bei der Beschreibung der Einzellichtlampe von H. v. Hefner-Alteneck einen Elektromechanismus erwähnt, durch welchen die Kohlenstifte bewegt werden; ein Elektromagnet bringt mit Hilfe einer Selbstauschlußvorrichtung seinen Anker in eine schnelle, hin und her gehende Bewegung, und dieses Spiel wird benutzt, um ein Zahnrad zu bewegen, welches seinerseits mit der Kohlenhalterstange in Verbindung steht. Dieser einfachste aller elektrischen Motoren wird nun vielfach in Bogenlampen für den Vorschub der Kohlenstifte benutzt, und die meisten heutigen Bogenlampen, welche den Schub anwenden, erzielen ihn durch diese Vorrichtung. Man hat auch gelegentlich andre elektrische Motoren für die Bewegung angewendet, allein derartige Lampen sind nie zu einer großen Verbreitung gelangt.

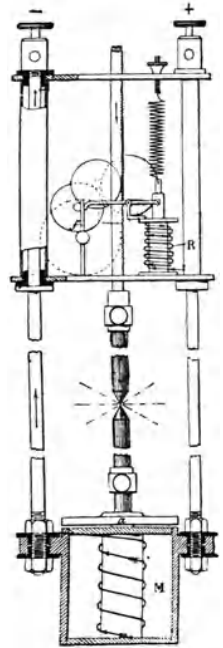


Fig. 175. Sellon-Lampe; Fallbewegung.

Unter Zuhilfenahme der gedachten motorischen Einrichtung sind zahlreiche Bogenlampenkonstruktionen geschaffen worden, deren Fülle ein näheres Eingehen verbietet. Wir werden daher von den Schublampen nur eine einzige beschreiben, an der man die Prinzipien dieser Art Lampen

erkennen kann. Es ist dies die Lampe von Körting & Matthiesen in Leipzig, welche Bogenlampen in Sonderfabrikation herstellen.

Wir wollen nun zunächst den Vorschubmechanismus der Lampe ansehen. Auf der Kopfplatte der Lampe (Fig. 176 u. 177), steht der senkrechte Elektromagnet a. Der Anker desselben ist im unteren Polschuh drehbar gelagert und wird vom oberen Schuh angezogen. Wird nun der Elektromagnet, welcher im Nebenschluß zum Lichtbogen liegt, mit wachsender Spannung am Bogen erregt, so zieht er den Anker an, welcher dadurch mit seiner Kontaktschraube von der Zuleitungsfeder abgebracht wird. Infolgedessen wird der Stromweg nach dem Elektromagneten hin unterbrochen, dieser wird stromlos und läßt den Anker fahren. Nun ist an dem Anker eine Sperrklinke m befestigt, welche beim Zurückfallen des Ankers das Zahnrad n um einen Zahn weiter treibt. Auf der Welle dieses Rades sitzt eine Schraube ohne Ende, welche in ein zweites Zahnrad eingreift. Mit diesem wiederum ist das Kettenrad g verbunden, und infolgedessen wird also durch die Bewegung des Ankers die Kette bewegt. An den beiden Enden der Kette hängen aber die obere und untere Kohlenhalterstange, und durch die gedachte Bewegung wird die obere Kohle senkrecht, die untere

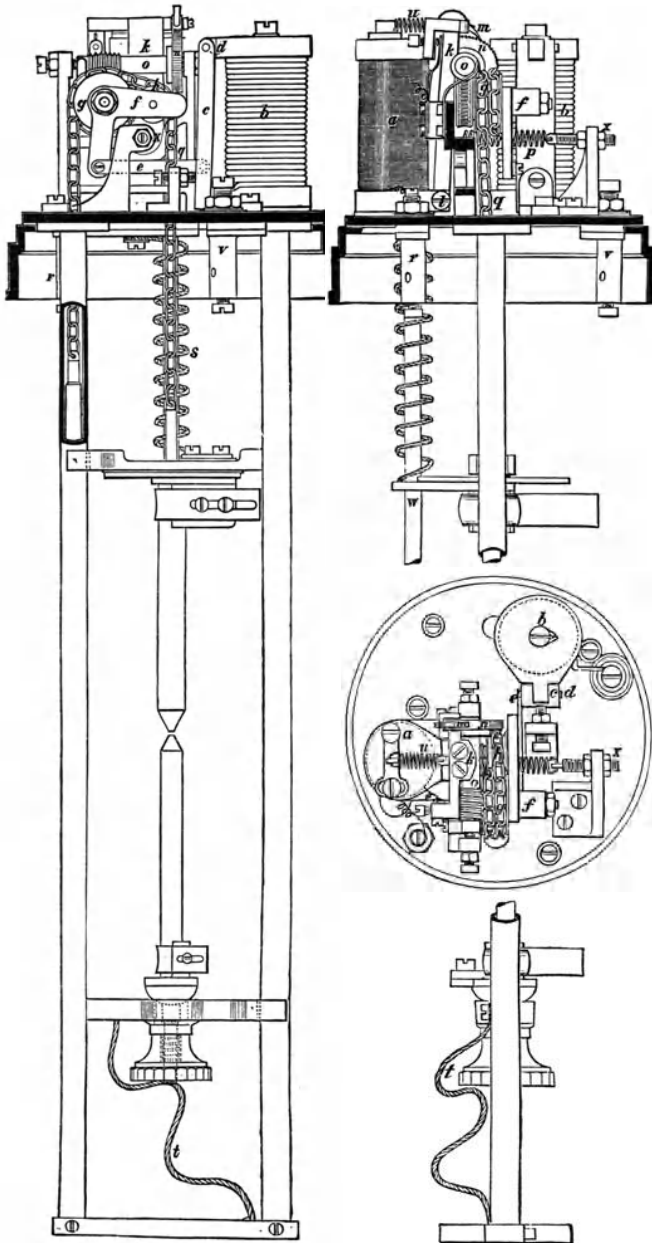


Fig. 176 u. 177. Lampe von Körting & Matthiesen; Schubbewegung.

gehoben, beide Kohlenspitzen werden also einander genähert. Wie man sieht, tritt also der Mechanismus in Thätigkeit, sobald die Entfernung zwischen beiden Kohlenspitzen und mit ihr die Spannung am Lichtbogen eine gewisse Größe überschreitet, bei welcher der Strom in dem Nebenschlußmagnet stark genug geworden ist, um den Anker anzuziehen.

Da nun der Anker, nachdem er auf erfolgte Selbstunterbrechung zurückgefallen ist, sich wieder an die Zuleitungsfeder legt, dem Elektromagneten also wieder Strom zugeführt wird, so wird der Magnet den Anker aufs neue anziehen, und das Spiel wiederholt sich in rascher Folge, wobei das Kettenrad in außerordentlich feinen Abstufungen weiter bewegt wird, bis die Kohlenspitzen auf normale Entfernung voneinander genähert sind.

Nun bedarf es aber noch des anfänglichen Hubes, um den Lichtbogen entstehen zu lassen. Hierfür dient ein ähnlicher Elektromagnet *b*, der aber in den Hauptstrom eingeschaltet ist; außerdem ist der Anker dieses Magneten am oberen Ende desselben drehbar gelagert und wird vom unteren herangezogen. Sind nun die Kohlenspitzen in Berührung gebracht und wird Strom durch sie geleitet, so geht dieser auch durch den Elektromagneten *b*, welcher seinen Anker anzieht. Dieser ist aber durch die Stange *e* mit dem unteren Arm des Winkelhebels *f* verbunden, welcher sich um die Achse des Kettenrades dreht. Sobald der Anzug des Ankers erfolgt, wird der wagerechte Arm des Winkelhebels um ein Stück gehoben. An diesem Arm sitzt aber eine Rolle, über welche die Kohlenstangenkette führt, und wir erkennen leicht, daß die Hebung dieser Rolle eine Hebung der oberen Kohlenhalterstange bedingt. Dadurch werden aber die sich berührenden Kohlenspitzen voneinander gebracht, und der Lichtbogen entsteht.

Bogenlampen für Parallelschaltung. Die bisher beschriebenen Differential- und Schublampen waren in der Hauptsache für Reihenschaltung bestimmt und ermöglichten die Teilung des elektrischen Lichtes in einem Stromkreise. Bald nach Jablochhoff und v. Hefner hatte aber R. F. Gülicher, damals in Viala, eine Bogenlampe erfunden, welche ebenfalls den Betrieb mehrerer Lampen durch eine Maschine, jedoch nicht in Reihen-, sondern in Parallelschaltung (vergl. Fig. 163) ermöglichte und es außerdem zuließ, daß mit derselben Maschine Bogenlampen und Glühlampen zugleich betrieben werden konnten, was damals eine bemerkenswerte Neuerung war. Die Gülicher'sche Lampe reguliert auf feste Stromstärke, und daher wird man, wenn mehrere solcher Lampen in einem Stromkreise brennen sollen, dieselben parallel zu einander schalten können.

In diesem Falle entnimmt jede Lampe von dem vorhandenen Strome den Teil für sich, für welchen sie justiert ist, und wird durch die Regulierung der andern nicht gestört.

Wir wollen von dieser Lampe nur ein schematisches Bild (Fig. 178) geben, das uns das Prinzip derselben am besten erklären kann. Die beiden Kohlenhalterstangen *O* und *U* sind durch eine Rolle mit Schnüren wie in der Jaspar-Lampe miteinander verbunden und bewegen, wenn freigegeben, durch das Übergewicht der Stange *O*, ihre Kohlenspitzen zusammen. Die aus Eisen bestehende Stange *O* liegt an dem einen Pole eines Elektromagneten, der in der Mitte drehbar gelagert ist. Der durch diesen Elektromagneten geführte Hauptstrom macht, daß er die Stange *O* festhält. Gleichzeitig wird aber der andre Pol des Elektromagneten von dem unter diesem Pol befestigten Eisenstück angezogen und senkt sich. Der andre Pol und mit ihm die Stange *O* gehen aufwärts, die Kohlenspitzen werden voneinander gebracht. Infolgedessen wird nun eine Stellung erreicht werden, in welcher das Übergewicht der Stange *O* und die Anziehung des Ankers sich das Gleichgewicht halten. Brennt die Kohle weiter ab, so wird auch die Anziehung zwischen Elektromagnet und Eisenstück schwächer und die Stange *O* sinkt nieder. Hat der linke Pol seine tiefste Stelle erreicht, so wird bei weiterer Schwächung der Stromstärke die magnetische Kuppelung aufgehoben und die Stange *O* sinkt frei hernieder.

Die Schutzgehäuse der Bogenlampen. Der empfindliche Mechanismus der Bogenlampen bedarf eines Schutzes gegen schädigende äußere Einflüsse, und ohne einen solchen würden Staub, Feuchtigkeit und mechanische Einflüsse die Lampe bald unbrauchbar machen. Man bedeckt deswegen das Regulierwerk durch ein Blechgehäuse, das für eine etwaige Besichtigung leicht entfernt werden kann. Unsere Fig. 179 zeigt eine solche Schutzhülle für eine Differentiallampe von Siemens & Halske.

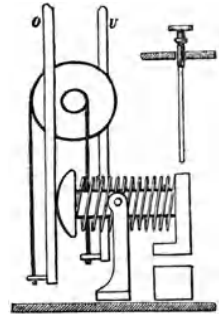


Fig. 178. Gülicher-Lampe; für feste Stromstärke.

Da nun aber das unverdeckte Licht der Bogenlampen für die meisten Zwecke zu grell ist, so umgibt man den Lichtbogen noch mit einer durchsichtigen Glasglocke, für welche man früher vielfach mattiertes Glas benutzte, während jetzt zumeist Opalglas, eine Glasmasse, die durch Beimischung von undurchsichtigen Bestandteilen zu einer halbdurchsichtigen gemacht worden ist, angewendet wird. Solches halbdurchsichtiges Glas zerstreut das Licht des Flammenbogens, so daß es nicht grell aus einem Lichtpunkt, sondern von einer größeren Fläche herzukommen scheint.

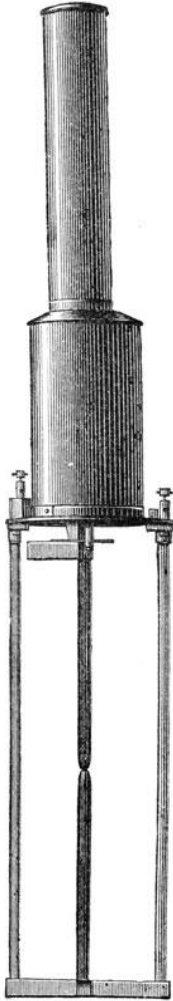


Fig. 179 a. Schutzgehäuse für die Bogenlampe.



Fig. 179 b. Lampe mit Schutzgehäuse und Glocke.



Fig. 180. Lampe an Ständer hängend.

Die Glasglocke könnte unmittelbar an den beiden senkrechten Stangen der Lampe, welche die untere Kohle tragen, befestigt werden, und diese Anbringungsweise ist bei den Amerikanern sehr beliebt (siehe die Bogenlampe in Fig. 182). In Deutschland zieht man es aber vor, die Glocke mit einem Blechaufsatz zu einer vollständigen Laterne auszubilden und die Bogenlampe in dieselbe hineinzuhängen. Man erreicht dadurch einen besseren Verschuß der Lampe, eine größere Schonung derselben, und kann dem ganzen Körper leichter eine gewisse ornamentale Form geben. Außerdem ist die Lampe in der Laterne besser geschützt, was insbesondere als wichtig dort in Frage kommen wird, wo die Lampe

im Freien hängt. Unsere Figur 180 gibt ein Bild einer solchen Bogenlampenlaterne, welche an einem ornamental ausgebildeten Ständer aufgehängt worden ist.

Für die Beleuchtung auf freien Plätzen wünscht man häufig das Licht ungehindert nach allen Seiten ausgesendet zu sehen und wendet dann eine Laterne wie in Fig. 181 an, welche auf der Spitze eines eisernen Trägers sitzt. Die hier abgebildete Laterne ist eine solche, wie sie Siemens & Halske bei der Beleuchtung der Leipziger Straße und des Potsdamer Platzes in Berlin angewendet haben.

Man hat sich viele Mühe gegeben, die Bogenlampenlaterne zu einem für das Auge gefälligen Körper zu gestalten, und die Künstler haben auch manche ansprechende Form geschaffen. Es ist aber nicht gelungen, die Bogenlampenlaterne zu einem wirklichen Kunst-



Fig. 181. Bogenlampenlaterne.

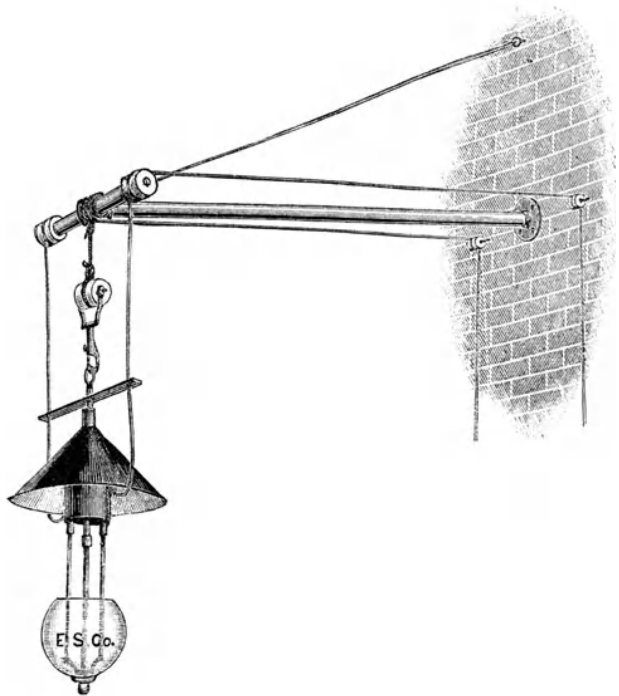


Fig. 182. Bogenlampe in fester Aufhängung.

gebilde auszugestalten, und daran ist die ungeschickte Form der Bogenlampe schuld. Der cylindrische Aufsatz, in welchem der Reguliermechanismus liegt, verhindert jede freie Formgebung, und so hat man sich in den meisten Fällen begnügen müssen, den „Schornstein“ durch einiges schmückende Weiwerk zu umkleiden und dadurch seine unschöne Form etwas zu verdecken.

In neuerer Zeit sind namentlich für die Verwendung in Zimmern Bogenlampen konstruiert worden, deren Regulierwerk in der Höhe thunlichst kurz gehalten ist, damit die Lampe im Zimmer möglichst hoch gehängt werden kann, und hier hat man auch die äußere Form der Lampe etwas gefälliger zu gestalten vermocht; der Schornstein ist hier zu einer ornamentierten Bekrönung der Glasglocke geworden. Aber von einem wirklichen Kunstkörper bleiben auch diese Formen noch weit entfernt, und wir werden auch wohl schwerlich die Bogenlampenlaterne zu einem solchen ausbilden können, solange wir mit dem Ballast des Regulierungsmechanismus zu rechnen haben.

Die Aufhängungen der Bogenlampen. Die Bogenlampe muß von Zeit zu Zeit mit neuen Kohlenstäben versehen werden; hängt man sie nun fest auf, so muß man mit einer Leiter zu ihr emporsteigen, was nicht immer thunlich ist. Man zieht es deswegen häufig vor, die Bogenlampe derart aufzuhängen, daß sie herabgelassen und von ebener Erde aus beschickt werden kann.

Ein einfaches Beispiel einer festen Aufhängung gibt uns Fig. 182, welche in ihrer gänzlich schmucklosen Form bei der Beleuchtung etwa eines Fabrikhofes in Anwendung kommt. Die Lampe ist an einem Querarm aufgehängt, der in eine Mauer eingelassen ist. Wir sehen bei diesem recht instruktiven Bildchen, wie die Leitungen unter thunlichstem Schutz der Lampe zugeführt werden. Das Regendach hat nicht nur den Zweck, die Lampe zu schützen, sondern es sichert auch die Leitungen, deren eingehende Enden trocken gehalten werden und so dem Strom einen Nebenweg über die naß gemordene Leitung verwehren. Wir sehen auch weiter, daß die Lampe nicht unmittelbar an der eisernen Stange hängt, sondern ein Zwischenstück aus Porzellan in die Aufhängung eingeschaltet ist. Das hat seinen Zweck; das Gehäuse und der Mechanismus der Lampe ist zumeist leitend mit einem Pol der Leitung verbunden. Wäre nun zwischen Gehäuse und der Tragstange nicht ein isolierender Körper eingeschaltet, so stände die Lampe mit der Erde in Verbindung, und bei einer Mehrzahl von hintereinander geschalteten Lampen, zwischen denen ja Spannungsunterschiede herrschen, würde der Strom auf sehr bedenklichen Nebenwegen von einer Lampe zur andern gehen. Dieses Abweichen vom Pfade des Rechts verhindert die „isolierende Aufhängung“ mit Hilfe der eingeschalteten Porzellanrolle.

Wird die Bogenlampe zum Herablassen eingerichtet, so ist Sorge zu tragen, daß die mit der Lampe verbundenen Leitungen der Bewegung derselben folgen können. Für gewöhnlich hängt man die Lampe an einem dünnen Drahtseil auf, welches über eine oben angebrachte Rolle führt; eine Aufzugwinde dient dann dazu, die Lampe auf und nieder zu lassen. Die freien Enden der Zuführungsleitungen werden lang genug genommen, um bei herabgelassener Lampe bis zu dieser herabzureichen. Ein Beispiel hierfür zeigt Fig. 183, welche einen Bogenlampenträger aus der Straßenbeleuchtungsanlage „Unter den Linden“ in Berlin darstellt. Bei diesem künstlerisch gestalteten Träger, der von der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft“ aufgestellt worden ist, liegt die Winde zum Emporwinden der Lampe im unteren Ende des Trägers. Das Drahtseil führt durch den hohlen Träger nach oben und über die in der Bolute befestigte Rolle. Die Leitung tritt seitlich aus dem Träger heraus, und man erkennt leicht, daß sie der Lampe erlaubt, sich bis zu einer gewissen Tiefe zu senken. Wir haben gerade diesen Bogenlampenträger als Beispiel abgebildet, weil bei ihm der ästhetische Mangel einer solchen Stromzuführung durch den Gegensatz zu dem schöngeformten Träger zu Tage tritt. Wo man lediglich auf Billigkeit, verbunden mit Sicherheit, zu sehen hat, nennen wir als einen solchen Fall eine Bogenlampenanlage für einen Fabrikraum, da kommt dieser Mangel weniger in Betracht. Wo aber eine kunstvoll gestaltete Umgebung Berücksichtigung erheischt, stehen die steifen Leitungen, die in einer unschönen Schlinge herunterhängen, in einem ästhetischen Widerspruch zum Ganzen.

Fig. 183.
Bogenlampen-
träger mit
Lampenaufzug.

Man hat deshalb versucht, das haltende Drahtseil als Stromzuführung zu benutzen, und bedarf also zwei solcher Seile. Es liegt nun nahe, die beiden Stränge als nackte Kupferseile über metallene Rollen zu führen und derart mit der Lampe zu verbinden, daß ein Gegengewicht die Lampe in jeder Höhe im Gleichgewicht hält, wie wir ähnliches an unsern zum Emporschieben eingerichteten Öl- und Petroleumlampen kennen. Die beiden Rollen sind durch ihr Achsen mit den festen Zuleitungen verbunden und vermitteln also die Stromzuführung zu den Kupferseilen und weiter zur Lampe.

Eine solche Aufhängung zeigt unsre Fig. 184, welche eine von C. & C. Fein in Stuttgart fabrizierte Vorrichtung darstellt.

Eine besondere Art der Aufstellung von Bogenlampen ist in Amerika gebräuchlich, wo man große Masten oder bis 75 Meter hohe Leuchttürme aus Eisen errichtet, an deren Spitze mehrere Bogenlampen mit Reflektoren angebracht sind. Die Lichtbogen der Lampen werden nicht durch Glas verdeckt, weil bei der großen Höhe das Auge nicht von dem direkten Licht getroffen wird. Da ein solcher Leuchtturm eine ziemlich große Fläche beleuchtet, so wird das Licht hinreichend zerstreut und man gewinnt den Vorteil, einen großen Platz von einem Punkte aus ziemlich gleichmäßig und ohne Verlust von Lichtstrahlen durch mattes Glas erhellen zu können. Für deutsche Verhältnisse sind solche hoch aufragenden Oberlichten aus Eisen wenig geeignet, wir dürfen sagen: leider, denn eine solche Beleuchtung ist eine dem Auge sehr wohlthuende. Man geht in einem angenehmen, milden Licht und wird nicht durch die einzelnen glänzenden Lichtquellen gestört. Ist namentlich der Platz mit Baum- und Buschwerk bestanden, das auffallend viel Licht fortnimmt, so ist die Hochbeleuchtung wirkungsvoller als jede andre, bei welcher einzelne Lampen an verschiedenen Stellen aufgestellt worden sind.

Man hat es auch versucht, die Lampe dadurch vom Erdboden aus zugänglich zu machen, daß man den Lampenmast zum Umlegen einrichtete, so daß seine Spitze, an welcher die Lampe in einer Gabelaufhängung befestigt war, bis zur erreichbaren Höhe sich neigt. Die Leitung zur Lampe wird dann längs des beweglichen Mastes befestigt, und es hat dann nur ein kurzes Leitungsstück am Gelenk beweglich zu bleiben, beziehungsweise wird das Gelenk selbst für die Führung der Leitung vom festen auf den beweglichen Teil des Mastes benutzt.

Bei einer andern Anordnung wird die Laterne am Mast aufgezogen, wie die Signallaternen des optischen Eisenbahntelegraphen. Zwei längs des Mastes isoliert befestigte Kupferseile, auf denen die Lampe mit geeigneten Kontakten schleift, besorgen die Stromzuführung. Zur Beschickung läßt man die Lampe herunter und hat sie dann unten am Mast stehen.

Der Leser erhebt vielleicht die Frage, warum man nicht die beiden Zuleitungen zu einem Seil vereinigt und dieses gleich zum Aufziehen der Lampe benutzt. Es ist jedoch eine heikle Sache mit isolierten Leitungen, deren Hüllen vor jedem mechanischen Angriff bewahrt bleiben müssen, und ein solcher wäre bei dem gedachten Verfahren unvermeidlich. Wollte man das Zuleitungsseil aber durch weitere Schutzhüllen mechanisch sichern, so würde es zu dick und zu steif; jedenfalls ist es bis jetzt noch nicht gelungen, beide Leitungen in einem Tragsseil zu vereinigen.

Die Fabrikation der Beleuchtungskohle. Der Kohlestift, welcher in der Bogenlampe benutzt wird, wurde in den Zeiten, als das elektrische Licht noch eine Kuriosität war und nur zu gelegentlichen Demonstrationen benutzt wurde, aus Retortengraphit geschnitten. Dieses Material gibt nun aber nur kurze Stiften her, da es nur in dünneren unregelmäßigen Platten gewonnen wird, ist schwer zu bearbeiten und enthält Unreinigkeiten, welche das Licht unruhig machen. Außerdem hätte das vorhandene Material dem außerordentlich gestiegenen Bedarf — es brennen zur Zeit allabendlich rund eine Million Bogenlampen — nicht genügen können, da die Stücken, aus denen sich gerade Stifte schneiden lassen, aus dem Produkt der Gasretorte ausgesucht werden müssen und durch Abfall viel verloren geht. Es war daher notwendig, eine Masse für die Kohlestifte künstlich herzustellen und sie aus dieser fabrikmäßig zu formen. Ein solches Verfahren gibt uns die Herstellung künstlicher elektrischer Kohlen, wie es Bunfen erfunden, an die Hand, und dieses wird jetzt zur Herstellung der Beleuchtungskohlen fast ausschließlich angewendet. Bei demselben wird der gemahlene Retortengraphit, welcher den Grundstoff

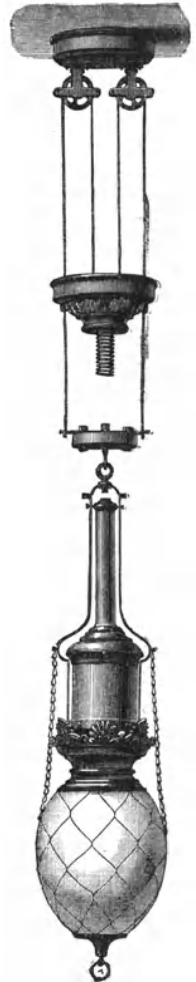


Fig. 184.
Schiebelampe mit
Stromzuführung
durch die Trags-
seile.

für die Herstellung der Kohlenstifte abgibt, durch geeignete Zusätze in eine plastische Masse umgewandelt, welche durch Maschinen zu runden Stiften geformt wird. Durch Glühen erhalten dann die weichen Stifte Festigkeit und Zusammenhang.

Es dürfte den Leser interessieren, mit uns einen Gang durch eine solche Kohlenstiftfabrik zu machen, um die Erzeugung dieses für Deutschland wichtig gewordenen Produktes kennen zu lernen.

Wir wählen für unsere Beschreibung die Kohlenstiftfabrik der Firma Gebrüder Siemens & Co. in Charlottenburg und bemerken, daß diese Firma in geschäftlichem und persönlichem Zusammenhange mit der Firma Siemens & Halske steht. Die genannte Charlottenburger Fabrik, eine der ältesten und größten dieser Industrie, hat sich namentlich durch die Einführung der Dichtkohlen einen Namen gemacht, die von ihr zuerst fabriziert worden sind. Nach ihr sind in Deutschland noch weitere bedeutende Kohlenstiftfabriken entstanden, die sich vorzugsweise in Nürnberg angesiedelt haben; dort hat die ausgedehnte Bleistiftfabrikation, deren Technik mit der Kohlenstiftfabrikation in manchen Punkten verwandt ist, die Aufnahme des neuen Fabrikationszweiges wesentlich gefördert. Die deutsche Kohlenstiftindustrie hatte ihren Markt nicht nur im Inlande, sondern versorgt auch das Ausland in ausgedehntem Maße.

In Berlin besteht nur die eine Fabrik der Gebr. Siemens & Co., die größte ihrer Art in Europa, denn sie produziert alljährlich etwa 600 000 Kilo Kohlenstifte, die ihren Verbrauch in allen fünf Weltteilen finden. Ein Gang durch diese Fabrik soll uns nun mit der Herstellung der Kohlenstifte bekannt machen.

Der wesentliche Bestandteil der Kohlenstifte ist die Retortenkohle, welche sich, wie früher gesagt, aus dem Leuchtgase an den glühenden Wänden der Gasretorten abscheidet. Das Produkt der Retorte ist kein gleichmäßiges und muß für die Kohlenstiftfabrikation sorgfältig ausgesucht werden, damit nur die geeigneten, nicht verunreinigten Stücke zur Verwendung gelangen. Diese Stücke werden nun zunächst von Hand gepulvt und dann in einer Maschine zu einem grobkörnigen Pulver gebrochen; dann werden sie weiter auf besonders konstruierten Mühlen zu feinem Mehl gemahlen, welches unter Zusatz von Ruß und Steinkohlenteer in einer Mischmaschine zu einer mäßig plastischen Masse verarbeitet wird. Der Stoff wird nun in einer Knetmaschine durchgearbeitet und bildet dann eine homogene, unter gewöhnlichem Druck wenig zusammenhängende Masse, welche nur unter hohem Druck die erforderliche Wisksamkeit annimmt.

Aus diesem Material werden nun die Kohlenstifte „gespritzt“, ein Verfahren, das wir in primitiverer Weise bei den Wurstmaschinen kennen, bei denen freilich ein vergleichsweise kleiner Druck zur Erzeugung des „Strahles“ genügt, während die Kohlenstifte eine Pressung von mehreren hundert Atmosphären für ihre Formung verlangen. Ein solcher hoher Druck läßt sich am besten mittels hydraulischer Presse erzielen, durch welche die Masse zur Plastizität zusammengepreßt und in einem runden Strange aus der Ausprüßöffnung ausgedrückt wird. Das Bild einer solchen Vorrichtung gibt unsere Fig. 185, welche die Kohlenstiftpresse mit der zugehörigen Druckpumpe zeigt. Wir schicken voraus, daß diese und die weiter beschriebenen Maschinen für die Kohlenstiftfabrikation der Maschinenfabrik von Justus Christian Braun in Nürnberg entstammen, welche Firma den Bau der für den gedachten Fabrikationszweig benötigten Maschinen zu ihrer Spezialität gemacht hat.

Die Presse besteht aus zwei Cylindern, von denen der rechts liegend größere, der Wassercylinder, für die Bewegung des Preßstempels durch Wasserdruck dient, der andre die auszupressende Masse aufnimmt, welche durch den in den Cylinder eintretenden und sich vorwärts bewegenden Preßstempel an dem andern Ende aus dem Mundstücke als runder Strang herausgepreßt wird. Dieser Massecylinder ruht auf den beiden starken Stangen, welche beide Cylinder verbinden, und läßt sich um die hintere derselben drehen, um mit Masse beschickt zu werden. Ein Gegengewicht, das in dem Bild als ein zweiter Cylinder hinter dem Massecylinder liegend erscheint, ermöglicht es, daß der Massecylinder ohne große Anstrengung an dem vorn sichtbaren Handgriff aufgehoben und umgelegt werden kann.

Das durch die Pumpe angedrückte Wasser kann durch eine Ventilsteuerung vor und hinter den Kolben des Wassercylinders geleitet und der Preßstempel hierdurch vorwärts und rückwärts bewegt werden.

Zur Ausprägung der Masse in Stifte wird nun der Massecylinder mit der vorerwähnten Mischung gefüllt. Zu diesem Zwecke wird zunächst ein dichter cylindrischer Ballen aus der Masse hergestellt, welcher genau in den Cylinder paßt, so daß also die Einführung von Luft in den Cylinder, welche störend wirken würde, thunlichst verhindert bleibt.

Der Herstellung dieser Ballen dient das in Fig. 186 abgebildete Vorstamperwerk, das im wesentlichen aus einer durch zwei Halbcylinder gebildeten Form und dem Stampfer besteht, der nach Art der Friktionshämmer bewegt wird. Die Masse wird nun in kleineren Mengen nach und nach in die Form gebracht und durch den Stampfer dicht geschlagen; dann wird die Form geöffnet und der Ballen herausgenommen, um in den umgelegten Massecylinder geschoben zu werden.

Jetzt setzt man, nachdem der Massecylinder vor die Presse gelegt worden ist, die Pumpe in Bewegung, der Preßstempel schiebt sich heraus, tritt in den Massecylinder ein und preßt die unter dem hohen Druck zu einer gewissen Flüssigkeit kommende Masse

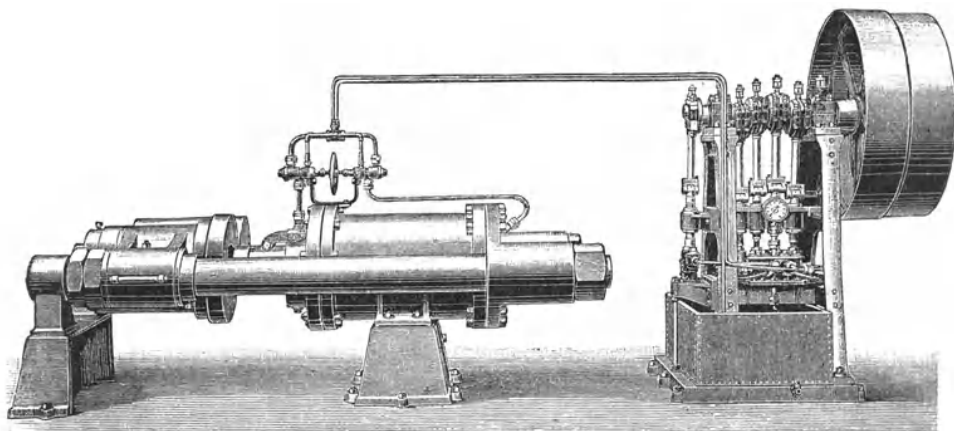


Fig. 185 Kohlenstiftpresse von F. G. Braun.

aus dem runden Mundstück aus, so daß sie als ein langer gerader Stift hervorschießt. Sobald dieser Stift seine passende Länge, etwa einen Meter erreicht hat, wird er abgebrochen und rollt auf der schrägen Platte des Tisches, welchen wir auf der linken Seite der Presse vor dieser stehend zu denken haben, herab zu den andern bereits fertigen Stiften.

Das Hervorquellen der Stifte geht nun ununterbrochen weiter, bis der eingeführte Ballen vollständig herausgespritzt ist, worauf dann der Massecylinder gereinigt und neu beschickt wird.

Die sich ansammelnden Stifte werden nun mit einer dünnen Klinge in Stücke von dem gewünschten Maße zerschnitten, in abgezahlter Zahl gebündelt und dann mit Kohlenpulver in Muffeln gepackt, um gebrannt zu werden. Das Brennen hat den Zweck, den Stiften die nötige Festigkeit zu geben, indem der Steinkohlenteer der Masse sich in der Glühhitze zerlegt und seine Kohlenwasserstoffe in Wasserstoff und Kohlenstoff zerlegt werden, von denen der erstere ausgetrieben wird, während der letztere sich als graphitartige Masse abscheidet und die feinen Mehlkörner des Retortengraphites miteinander verkittet.

Das Brennen geschieht in einem Ringofen mit zahlreichen Kammern, welche wechselnd und aufeinander folgend in Betrieb genommen werden, so daß die ersten in der Reihe mit Muffeln vollgepackt werden, die nächsten bereits in Anwärmung, die weiteren in voller Glut sind, während die letzten der Einwirkung der Hitze entzogen bleiben und sich abkühlen oder bereits ausgepackt werden. Zur Erzeugung der Gase, welche den Brennofen heizen, dient ein Braunkohlengenerator.

Sind die Kohlen fertig gebrannt, so werden die Muffeln ausgepackt und die Stifte zunächst geprüft, ob sie sich nicht verzogen haben, zu welchem Zwecke man sie auf einer geneigten Eisenplatte hinunterrollen läßt. Hat sich ein Stift sehr stark verzogen, so kann er nicht rollen und verrät dadurch sofort sein verfehltes Dasein. Bei geringen Abweichungen bleibt er in seiner Kollfähigkeit aber nicht behindert, allein auch diese Verstellung nützt ihm nichts; denn er hat am Ende der Platte noch ein Meßthor zu passieren, welches durch ein parallel zur Platte angebrachtes eisernes Lineal gebildet wird. Der zwischen Platte und Unterkante des Lineales freibleibende Schlitz hat genau das Maß, welches die Durchmesser der Kohlenstäbe haben müssen, und da sich nun ein ungerader Stab mit seinen Enden oder seiner Mitte etwas über dieses Maß heben wird, so kann er nicht durch das Thor rollen und wird vor demselben durch das Lineal angehalten, um seinem Schicksal, der Vermahlung, überantwortet zu werden.

Die Stifte, welche die Prüfung bestanden haben, werden nun auf einem Schleiffstein am unteren Ende eben und am oberen spitz geschliffen und sind dann für den Verbrauch fertig. Sie werden nun in abgezählte Bündel gepackt und können dann die Reise zur Bogenlampe antreten.

Um die Stifte draußen in der Welt nach ihrem Ursprunge zu kennzeichnen, erhalten sie als Paß auf ihrer ganzen Länge die Firma eingedruckt. Zu diesem Zwecke ist vor dem Mundstück der Stiftpresse ein kleines Stahlrädchen angebracht, auf dessen Hand Firma und Ort in erhabenen Typen eingeschnitten sind. Das Rädchen läuft auf dem austretenden Stift und wird durch seine Fortbewegung gedreht, wobei es längs des ganzen Stiftes die Reihe der Typen eindrückt, so daß selbst jedes Bruchstück eines Stiftes noch von der Prägung so viel behält, um seinen Ursprung erkennen zu lassen.

Es bleibt uns noch übrig, zu beschreiben, wie die Dochkohlen hergestellt werden. Diese Dochkohlen sind Kohlenstifte, die einen weichen zentrischen Kern, den Docht, haben. Es hat dies den Zweck, den Abbrand der Kohle nach allen Seiten hin gleichmäßig vor sich gehen zu lassen und das störende Wandern des Lichtbogens von einer Seite zur andern, wie es beim unregelmäßigen Abbrande entsteht, zu verhindern. Die Herstellung des Stiftes ist die gleiche, wie wir sie eben beschrieben haben, nur daß der Stift beim Auspressen eine zentrische Bohrung erhält, welche durch die Einfügung eines zentrischen Dornes in das Mundstück der Presse bewirkt wird.

Nach bewirktem Brennen wird nun der „Docht“ eingespritzt. Hierzu dient die kleine in Fig. 187 abgebildete Handpresse, an deren Mundstück man die röhrenförmige Kohle ansetzt und durch eine Drehung des Handrades mit der Dochtmasse füllt, bis dieselbe am andern Ende hervorquillt; die an den Enden überstehende Masse wird abgetrichen und die Kohle ist nun gefüllt. Sie gelangt dann noch in einen Trockenofen, in welchem die flüchtigen Bestandteile der Dochtmasse durch die Wärme ausgetrieben werden, und ist damit fertig für den Gebrauch.

Die Fabrikationsverfahren, welche wir hier beschrieben haben, sind im wesentlichen für alle, wenigstens für alle deutschen Fabriken die gleichen, und die Unterschiede in den Erzeugnissen sind nicht so sehr durch die Herstellung der Stifte, als vielmehr durch die Verschiedenheiten in der Auswahl und Zusammensetzung des Materiales und in dessen

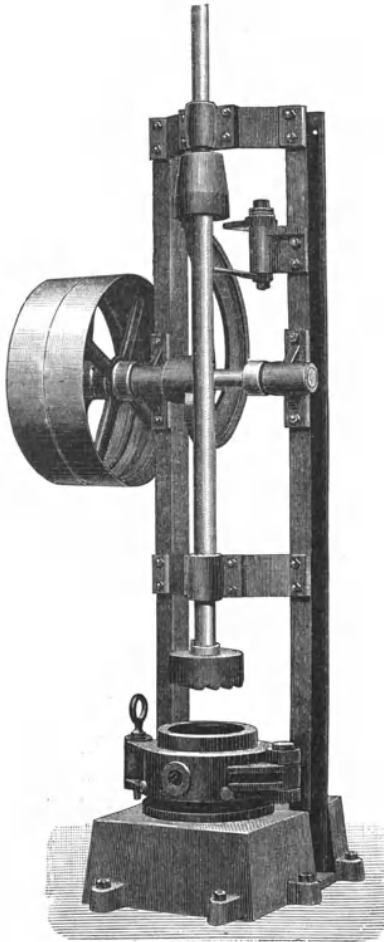


Fig. 186.
Vorstampfwerk von Braun.

Behandlung beim Pressen und Brennen bedingt. Diese Besonderheiten der einzelnen Fabrik bilden ihre Erfahrungen und werden naturgemäß geheim gehalten, entziehen sich also der Besprechung an dieser Stelle.

Die Glühlampe.

Die Entwicklungsgeschichte der Glühlampe. Die Wärmewirkung des Stromes gestattet eine zweite Art der Lichterzeugung auf elektrischem Wege, indem wir nämlich einen festen Körper durch den Strom zur Glut erhitzen. Der Ursprung der Idee, den Strom in dieser Weise für Beleuchtungszwecke zu verwenden, reicht bis in das Jahr 1838 zurück, zu welcher Zeit Joadard in Brüssel den Vorschlag machte, ein dünnes Kohlenstäbchen in einem luftleeren Raume durch den Strom zum Glühen und Leuchten zu bringen. Zur Ausführung brachte diese Idee erst sein Schüler, der Bergwerksingenieur de Changy, der thatsächlich eine solche Glühlampe mit einem Stäbchen aus Retortenkohle — eine andre kannte man damals nicht — konstruierte. Das war Anfang der vierziger Jahre. Vorher (1840) hatte schon Grove eine Glühlampe konstruiert, in welcher er als Glühkörper einen Platindraht benutzte, und diese dürfte als die erste Glühlampe anzusehen sein. Im Jahre 1845 traten Starr und Ring auf, welche neben Platindrähten auch Stäbchen aus Retortenkohle verwendeten. Im Jahre 1859 hat Prof. M. G. Farmer, wie er selbst behauptet, sein Haus in Newport mit 42 Glühlampen beleuchtet und könnte sich also rühmen, die erste elektrische Hausbeleuchtungsanlage errichtet zu haben. Zu gleicher Zeit etwa nahm de Changy, nach fast anderthalb Jahrzehnten, 1858 seine Versuche wieder auf und erwirkte ein Patent auf seine Platin-Glühlampe. Auf einen Bericht seines Lehrers Joadard hin bestellte die französische Akademie einen Ausschuß unter dem Vorsitz Deprez', welcher die Erfindung prüfen sollte. Da aber de Changy einstweilen nähere Angaben noch nicht machen wollte, weil sein Patent noch nicht erteilt war, so erklärte Deprez, daß de Changy den Anspruch auf den Namen eines Gelehrten verwirkt hätte, indem er eine Entdeckung geschäftlich verwerten wollte, und die Akademie sich mit de Changy nicht weiter befassen könnte. Seitdem haben sich die Zeiten geändert und mit ihnen die Menschen, auch Herr Deprez. De Changy gab aber auf diesen wenig tröstlichen Bescheid hin die ganze Sache auf und konnte erst mehr als zwanzig Jahre später geltend machen, daß er auf einem richtigen Wege war, den ihm eine etwas engherzige Ansicht abschchnitt.

Nun ist aber darauf hinzuweisen, daß die Glühlampe sich doch nur langsam hätte entwickeln können, wären auch die begonnenen Versuche fortgesetzt worden. Es fehlte ihrem Wachstum der lebenspendende Sonnenschein aller Erfindungen, die Aussicht auf praktische Verwendung und Gewinn. Solange man auf die galvanischen Elemente angewiesen war, konnte man das Glühlicht wie die Vogenlampe nur zur wissenschaftlichen Demonstration oder gelegentlich als Kuriosität verwenden. Erst die Erfindung und Verbreitung der Dynamomaschine gab den Erfindern einen neuen Impuls, die Glühlichtbeleuchtung zur Verwendung auszubilden, und zwar war es in erster Reihe das Problem der Teilung des elektrischen Lichtes, das die Elektrotechniker antrieb, den alten Weg aufzunehmen, um auf ihm zu dem erstrebten Ziele zu gelangen.

Im Jahre 1873 versuchte der Russe Lodygin ebenfalls Glühlampen mit Kohlenstäbchen zu konstruieren, und ihm schlossen sich zwei andre Landsleute, Konn und Buligin, mit ähnlichen Versuchen an. Die Lampen von Konn sind in einem Petersburger Kaufgeschäfte längere Zeit im Betriebe gewesen.

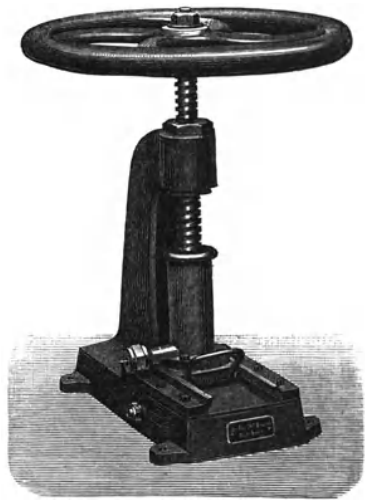


Fig. 187. Dochtpresse.

Alle diese Versuche führten nun zwar noch nicht zu weiteren praktischen Erfolgen. Sie lehrten aber die Verwendung der Kohle als geeigneten Stoff für den Glühkörper und die Anwendung dieses Stoffes für diese Zwecke führte naturgemäß darauf, den glühenden Körper in einen luftleer gemachten Ballon zu bringen, um das Verbrennen der weißglühenden Kohle zu verhindern. Damit sind aber die wesentlichen Teile der heutigen Glühlampe gegeben und zweifellos muß die geschilderte Erfindungsarbeit als die grundlegende anerkannt werden. Was ihr nachfolgte, war die Gestaltung der Glühlampe für die praktische Verwendbarkeit. Diese Nacharbeit soll nicht unterschätzt werden, allein man muß daran festhalten, daß das Glühlicht — die Verwendung eines durch den Strom glühend gemachten dünnen Leiters zur Lichterzeugung — schon längst erfunden war, als es durch die später zu schildernden Erfindungen vom Ende der siebziger Jahre aus seine rasche Verbreitung fand. Wir wollen nun kurz erzählen, wie sich dieser zweite Teil der Erfindung, die Umgestaltung der Glühlampe für die Praxis entwickelte.

Man erinnere sich, daß die Erzielung schwächerer Lichtquellen mittels Vogenlampen sich als unthunlich erwiesen hatte und auch die Kontaktglühlampen wenig Erfolg aufweisen konnten. Man griff daher zu den Glühwirkungen des Stromes in festen Leitern, um mittels derselben eine geeignete kleinere elektrische Lampe erzeugen zu können. Es war Ende der siebziger Jahre, als in Amerika und England die Sache von mehreren Seiten aufgenommen wurde. Sie lag eben in der Luft, und das Gerücht, daß sich irgend jemand damit beschäftige, die Teilung des elektrischen Lichtes durch Glühlicht zu erzielen, regte den zweiten, den dritten und weitere Forscher an, sich mit der Sache zu befassen. Da auf vielen Wegen gespürt wurde, so ist schwer zu sagen, wer zuerst den richtigen betrat. Wenn der Leser von dem Bilde das Verlesende hinwegnehmen will, so können wir sagen, daß eine sich vergrößernde Zahl tüchtiger Spürhunde auf die Suche ging, und dabei ereignete es sich, daß bald diese, bald jene Nase die weitere Fährte fand und die Meute mit sich zog. Um zu verstehen, wohin diese Fährte verlief, haben wir zunächst zu berichten, daß man anfangs Metalldrähte, erst von Platin, später von Iridium und andern seltenen Stoffen als Glühkörper benutzte. Es lag ja nahe, Metall anzuwenden, welches bequem in die Form dünner Leiter gebracht werden kann und sich leicht in die elektrische Verbindung schickt. Allein es erwies sich beim Probieren, daß kein Metall der hohen Temperatur dauernd widersteht und wegen seiner Schmelzbarkeit stets unsicher bleibt. So hatte man von geeigneten Leitern nur noch die Kohle übrig, die auch die älteren Erfinder angewendet hatten. Da aber der Glühkörper einen verhältnismäßig kleinen Querschnitt haben muß, so stand man vor der Frage, wie man aus Kohle wohl solche Leiter formen könne; denn sie aus Retortenkohle, diesem spröden und brüchigen Materiale, zu schneiden, ging nicht an. Da waren es nun zwei amerikanische Elektrotechniker, Sawyer und Man, welche ein einfaches Verfahren fanden, solche Kohlenleiter herzustellen. Sie schnitten aus Kartonpapier kleine Bügel und verholten dieselben in einer Muffel zwischen Graphitpulver. Dies war im Anfang des Jahres 1878.

Mit derartigen Kohlenbügeln, welche in Glasglocken eingeschlossen werden, stellten sie die ersten Glühlampen her, die zwar vorerst nicht lange hielten. Aber man erkannte bald, daß die Lebensdauer erheblich verlängert wurde, wenn man die Glasglocke luftleer machte, was die europäischen Vorgänger allerdings schon längst wußten.

Hiram Maxim, ein bekannter amerikanischer Erfinder — in Amerika kann man Erfinder von Beruf sein, bei uns ist dies mißlicher — erklärte diese Verlängerung der Lebensdauer sehr richtig durch die Abwesenheit einer Oxydationswirkung, welche wegen der Luftleere in der Glasglocke nicht auftreten kann, und schloß daraus, daß man gleich gute Erfolge erzielen würde, wenn man die zuvor luftleer gemachte Glasglocke mit einem nicht oxydierenden Gase füllte. Er nahm dafür Leuchtgas und beobachtete zu seinem Erstaunen; daß der Kohlenbügel nicht verzehrt, nein im Gegenteil stärker wurde; dies erklärte er richtig damit, daß der glühende Körper den Kohlenwasserstoff zersezt und die frei werdende Kohle sich, wie Retortenrückstand in der Gasretorte, auf dem glühenden Kohlenbügel niederschlägt. Damit war ein Verfahren entdeckt worden, das, wie wir später sehen werden, von großer Bedeutung für die Glühlampenfabrikation werden sollte.

So weit war man im Herbfte 1879 gekommen, als nun plötzlich aus der Meute — wir brauchen unſer Bild wiederum mit dem früheren Vorbehalte — Herr Thomas Alva Edison, der biſher zwar mitgeſpielt hatte, aber ziemlich weit zurückgeblieben war, mit einem Sprunge hervorfchoß und für die letzte kurze Strecke die Führung gewann. Edison hatte ſich biſher noch immer bei den metallenen Glühdrähten aufgehalten, aber als er die Erfolge von Sawyer und Man ſah, bog er zu der richtigen Fährte über und mit ſeinem hervorragenden geſtaltenden Genie, das man ihm ebenſo willig zuerkennen wird, wie man ihm das findende Ingenium abſprechen muß, gelang es ihm in wenigen Wochen, die Glühlampe zur vollen Lebensfähigkeit zu bringen. Zunächſt erſetzte er die brüchige Papierkohle durch eine beſſere, die er aus getohter Bambusfaſer herſtellte, und gleichzeitig erkannte er, daß man dem Glühkörper einen möglichſt hohen Widerſtand zu geben habe, um unter Erhöhung der Spannung am Glühkörper die für das Erglühen benötigte Stromſtärke zu verringern.

Noch im ſelben Jahre ließ Edison die erſte praktiſche Glühluchtbeleuchtung und zwar auf dem Dampfer „Columbia“ mit 115 Glühlampen einrichten, und von dieſer Anlage aus nimmt die elektriſche Glühluchtbeleuchtung ihren Anfang.

Es iſt bedauerlich, daß der nicht zu unterſchätzende Anteil, den Edison an der praktiſchen Geſtaltung der Glühlampe hat, dazu benutzt wurde, um mit einer ungebührlichen Reklame Edison als den Erfinder der Glühlampe hinzustellen. Schon vorher, als Edison noch bei der Erfindungsarbeit war, poſaunten ſeine Hinterleute aus, er habe eine Erfindung gemacht, durch welche die Gasbeleuchtung alsbald verdrängt werden würde, und ſie erreichten damit, waß ſie gewollt, einen jähen Kurſturz der Gasaktien. Derartiges hat ſich bei ſpäteren Edisonſchen Erfindungen zu öfteren Malen wiederholt — es ſei nur an die maßloſe Phonographenreklame vor einigen Jahren erinnert — und gewiß nicht zum Vorteil für Edison, für den die Lärmmacher die Totengräber ſeines Ruhmes geworden ſind.

Das amerikaniſche Patentamt ließ ſich durch Zeitungsreklamen nicht irre leiten und ſprach nach einem mehrjährigen Patentſtreite Sawyer und Man die Priorität an der Erfindung der Kohlenglühlampe zu.

Von Sawyer und Man iſt aber noch eine andre wichtige Anordnung — Erfindung läßt es ſich nicht nennen — gefunden worden, die Parallelschaltung zum Zwecke der Teilung des elektriſchen Lichtes. Wollten wir bei einer größeren Anzahl gleichzeitig geſpeiſter Lampen Reiſenſchaltung anwenden, ſo würde die Spannung ſchon bei einer mäßigen Anzahl Lichtherde auf eine bedenkliche Höhe ſteigen. Auch würde der Bruch der einzigen Leitung das Erlöſchen aller Lampen zur Folge haben. Es würde ferner die Stromſtärke ſtets ſehr genau inne gehalten werden müſſen, waß Schwierigkeiten bietet, ſehr viel größere Schwierigkeiten als die Erhaltung der für Parallelschaltung erforderlichen Gleichſpannung. Wenden wir Parallelschaltung an, ſo bleibt die Spannung auf einer feſten, ganz ungefährlichen Höhe, und die Stromſtärke reguliert ſich ganz von ſelbſt, da mit der Einſchaltung einer Lampe derſelben ohne weiteres das erforderliche Maß Strom zufließt. Die Bewältigung großer Strommengen bietet keine Schwierigkeit, da wir hierfür nur entſprechend dimenſionierte Leiter anzulegen haben.

Auf dieſe Schaltung in ihrer Anwendung auf Kohlenglühlampen hatten Sawyer und Man bereit im Jahre 1877 ein amerikaniſches Patent erhalten, und dieſen Männern alſo gebührt das Verdienſt, die heutige Glühlampentechnik in ihren Grundzügen feſtgeſtellt zu haben.

In Europa, zumal in Deutſchland, wurde die Glühluchtbeleuchtung keineswegs ſofort in ihrer ganzen Bedeutung begriffen. Man war eben der errungenen Teilung des Bogenlichtes froh geworden und, wie das ſo im Leben iſt, keineswegs gleich geneigt, den friſch erlangten Ruhm teilen zu müſſen. Erſt im Jahre 1880 fing man bei uns an, ſich mit den Glühlampen zu beſchäftigen, und volle Anerkennung fanden ſie erſt, als Edison auf der erſten Elektriſchen Ausſtellung in Paris (1881) die Vorzüge des Glühlichtes durch die Vorführung dargeſtan hat. Von dieſem Zeitpunkte an entwickelte ſich die Glühluchtbeleuchtung in Deutſchland raſch und noch raſcher die Glühlampenindusrie, ſo daß jezt ſechs große Glühlampenfabriken bei uns beſtehen, kleinere und eingegangene nicht in Rechnung

gezogen, und jährlich etwa vier Millionen Glühlampen erzeugen, welche zur Hälfte, vielleicht auch etwas darüber ins Ausland gehen.

Die Teile der Glühlampe. Die Glühlampe ist eine Lampe, welche aus ihrem vom Strom zum Glühen gebrachten Kohlenfaden Licht aussendet. Damit der Faden nicht verbrennt und aus einem zweiten, später zu nennenden Grunde, muß der Kohlenfaden in einer Luftleere glühen. Dies verlangt, daß er luftdicht in einer Glasglocke eingeschlossen sei. Da aber der Strom nicht durch das Glas an die Kohle kann, so ist erforderlich, daß durch die Glaswandungen hindurch zwei Zuleitungsdrähte führen. So erhalten wir also drei Hauptteile der Glühlampe, nämlich den Kohlenfaden, die umschließende Glocke oder Birne und die Zuleitungsdrähte. Die Anordnung dieser drei Teile ist eine sehr einfache.

In den Boden der Glasglocke (Fig. 188) sind zwei parallele Drähte und zwar aus Platin eingeschmolzen, die voneinander isoliert bleiben und mit ihren Enden in die Glocke führen und unten aus derselben hervorragen. An den inneren Enden ist der Kohlenfaden befestigt, der zu diesem Zwecke entsprechend U-förmig gebogen ist. Mit den äußeren Enden der Drähte wird die Stromzuleitung verbunden. Die Glasglocke muß entleert werden, nachdem der Faden an seine Stelle gebracht worden ist, denn sonst würde es uns schwer

fallen, die vorher erzeugte Luftleere beim Einbringen des Kohlenfadens aufrecht zu erhalten. Um diese Luftleere zu erzielen, wird die Luft aus der fertigen Lampe ausgepumpt, und zu diesem Zwecke sitzt oben an der Lampe ein Glasröhrchen, durch welches die Luft abgeführt wird. Ist die Luftleere erzielt, so wird das Röhrchen dicht über der Lampe abgeschmolzen, und es bleibt die kleine Warze zurück, welche wir oben auf unsrer Glühlampe erblicken.

Wir könnten nun unsre fertige Lampe mit den herausragenden Platindrähtchen an die stromgebende Leitung legen, aber es braucht nicht gesagt zu werden, daß dieses Verfahren wenig vorteilhaft sein würde, denn die kurzen Drahtendchen brechen leicht ab, und wir halten dann trauernd unsre nutzlos gewordene Lampe in der Hand. Die Lampe bekommt deswegen noch am Halse eine Bewehrung, welche etwas robustere Kontaktstücke trägt, die ihrerseits mit den Platindrähtchen verbunden sind und dieselben schützen. Demnach haben wir noch einen weiteren Bestandteil der Glühlampe zu nennen, die Bewehrung, auf welche wir dann später zu sprechen kommen. Vorerst wollen wir uns die Fabrikation der drei zuerst genannten Teile und

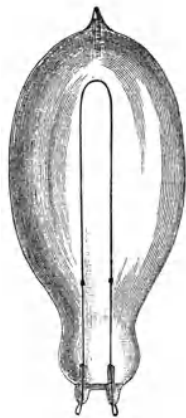


Fig. 188. Glühlampe.

ihre Verbindung näher betrachten.

Die Herstellung des Kohlenfadens. Der Kohlenfaden der Glühlampen wurde anfangs aus Bambusfaser hergestellt, welche in ihrer Struktur auch nach der Verkohlung eine gewisse Elastizität beibehält. Zu diesem Zwecke wurde das Holz in passend dicke Stäbchen gespalten, und wenn man einen runden Faden haben wollte, die Stäbchen durch Ziehheisen rund gezogen. Diese Bearbeitung verteuerte die Herstellung des Fadens wesentlich, was alsbald in Frage kam, als der gesunkene Preis der Glühlampen, der in wenigen Jahren auf etwa ein Drittel herunterging, eine möglichst große Ökonomie zur gebieterischen Notwendigkeit machte. Man war deswegen bestrebt, andre passende Materialien für die Herstellung des Glühfadens verwendbar zu machen, und es sind zu diesem Zwecke zahllose Versuche und Vorschläge gemacht worden. Neuerdings stellt man die Fäden vielfach aus einem plastischen verfohlbaren Teig her. Für den letzteren hat man gelatinöse oder kolloidale Stoffe oder auch neuestens eine aus Cellulose gewonnene Masse benutzt. Dieser Teig wird in dünne Fladen gewalzt und aus demselben werden dann die zu verkohlenden Fäden geschnitten, oder es wird die Masse, wenn sie die nötige Zähigkeit besitzt, mittels einer Presse durch ein durchbohrtes Mundstück gedrückt, aus welchem sie als gleichmäßiger Faden heraustritt, den man nur in die nötige Längen zu schneiden hat.

Die so erhaltenen Fäden werden nun zunächst mit einem Mikrometermaß auf ihr gleichmäßiges und richtiges Kaliber geprüft. Man erkennt hier schon, wie genau gearbeitet werden muß, und dies ist in der That notwendig, andernfalls vergrößert sich der ohnehin

schon bedeutende Ausschluß an Fäden noch mehr, und wird um so empfindlicher, je mehr Arbeitsprozesse der Faden schon durchgemacht hat.

Die auf ihre Genauigkeit geprüften und gut befundenen Fäden erhalten nun auf einem heißen Biegeisen ihre Biegung, die entweder U-förmig oder eine Schlinge (s. Fig. 189) ist. Nunmehr kommen die Fäden zum Verkohlen in den Glühofen. Zu diesem Zwecke werden sie schichtweise in eine Schamottemuffel gepackt, wobei jede Schicht mit Kohlen- oder Graphitpulver bedeckt wird. Die Fugen der Muffel werden gut verschmiert, und so gelangt das Ganze in einen besonders konstruierten Glühofen, in welchem es unter einer sehr hohen Temperatur mehrere Stunden bleibt. Nach dem Erkalten wird die Muffel geöffnet und die Fäden werden vorsichtig herausgenommen.

Der Faden wird nun auf die normale Länge geschnitten, welche man durch vorhergehende Versuche ermittelt hat. Dann werden zunächst seine Enden auf ein 8—10 Millimeter langes Stück verstärkt. Es geschieht dies aus Gründen, die wir etwas weiter unten auseinander setzen. Die Verstärkung der Füße geschieht dadurch, daß man die Enden des Fadens in einen flüssigen Kohlenwasserstoff (Petroleum) bringt und sie durch den Strom glühend macht. Die Glut des Fadens zersetzt die anliegende Schicht Flüssigkeit, und es scheidet sich ihr Kohlenstoff auf der Oberfläche der erhitzten Fadenenden ab, dieselben dabei verstärkend. Da alle diese und andre Operationen möglichst selbstthätig erfolgen müssen, so hat ein geschickter deutscher Glühlampentechniker, R. Langhans in Berlin, eine Art Zange konstruiert, welche den Faden in genauer Lage faßt und gleichzeitig die Stromleitungen an den beiden Enden des zu verstärkenden Stückes anlegt. Durch einen Druck auf den Apparat wird der Faden mit seinen Füßen in das Petroleumbad getaucht, der Strom hindurchgeschickt, und in wenigen Augenblicken ist die Verstärkung bewirkt. Die Verstärkung des Fußes wird nicht von allen Glühlampenfabriken für unerläßlich gehalten, und die „Aktien-gesellschaft für die Fabrikation elektrischer Glühlampen Patent Seel“, die wir später noch erwähnen werden, gibt beispielsweise ihren Fäden keinen verstärkten Fuß.

Der Faden ist nun zunächst noch nicht verwendbar. Es ist nämlich erforderlich, daß durch den Glühfaden bei der Normalspannung ein Strom von bestimmter Stärke geht, für welche er seine normale Leuchtkraft und seine normale Lebensdauer hat, zwei Größen, die innig zusammenhängen. Um normale Stromstärke bei normaler Spannung zu erhalten, muß auch der Widerstand normal sein. Der rohe Faden, wie er aus dem Glühofen kommt, hat aber noch nicht den richtigen Widerstand und muß vorerst einer Operation unterzogen werden, welche ihm den richtigen Widerstand gibt. Zu diesem Zwecke wird das von Hiram Maxim entdeckte Verfahren angewendet, das wir auf S. 166 erwähnten. Der Faden wird in einen Halter eingeseht, durch welchen ihm Strom zugeführt werden kann, dann bringt man ihn unter einen Rezipienten, in welchem zunächst die Luft durch eingeleitetes Kohlenwasserstoffgas ersetzt und das letztere dann durch eine Luftpumpe verdünnt wird. Leitet man jetzt Strom durch den Faden, so schlägt sich, durch Zersetzung des Kohlenwasserstoffes, Kohlenstoff auf ihm nieder und zwar wird der Niederschlag an denjenigen Stellen am stärksten erfolgen, welche am stärksten glühen. Dies sind aber diejenigen Stellen, an denen der Faden am dünnsten und der Widerstand für diese Strecken am größten ist; der Faden wird also an solchen Stellen am stärksten verdickt. Man sieht also, daß in diesem Verfahren zunächst alle Strecken des Fadens einen gleichen Widerstand erhalten, der Faden also elektrisch ganz gleichförmig gemacht wird. Auf andre Weise wäre die unbedingt notwendige Gleichförmigkeit kaum zu erzielen, und man mag daraus ersehen, wie wertvoll dieses so einfache Verfahren für die Glühlampenfabrikation ist. Würde der Faden nicht gleichförmig gemacht, so würden die Strecken, welche einen verhältnismäßig höheren Widerstand haben, stärker glühen und der Faden käme hier bald zum Bruch. Mit der wachsenden Stärke des Kohlenstoffüberzuges vermindert sich der Widerstand des Fadens und gelangt endlich an den Grad, den man beim Faden erzielen will. Man unterbricht nun den Strom und erhält so den

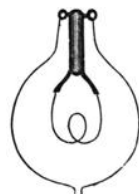


Fig. 189. Glühlampe mit Schlinge im Glühfaden.



Fig. 190. Glühlampenfuß mit eingeschmolzenen Platin-drähten.

Faden gleichförmig und von genau bemessenem Widerstand. Vielfach sind für diese Operation selbstthätige Apparate in Anwendung, welche den Strom sofort unterbrechen, wenn der normale Widerstand erzielt worden ist, und solche Apparate arbeiten naturgemäß weit sicherer als ein Arbeiter.

Damit wäre der Glühfaden fertig und kann in die Lampe eingesetzt werden. Zuvor wird er aber noch einmal bestrahlt und auf sein gleichförmiges Kaliber hin gemessen, wobei mancher Faden als unbrauchbar ausgemerzt werden muß.

Die Befestigung des Fadens. Der Glühfaden steht in der Lampe auf einem Glas-

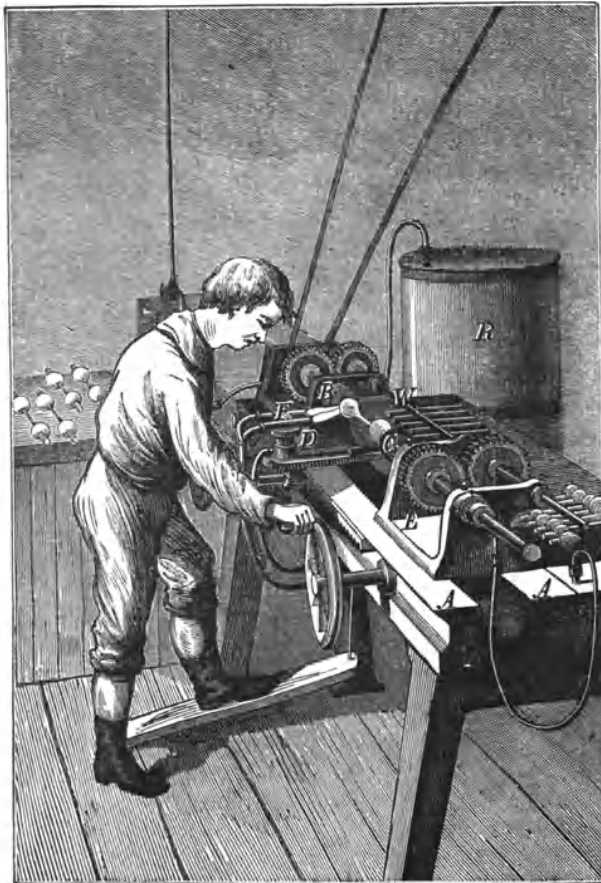


Fig. 191. Maschine zur Herstellung von Glasbirnen für Glühlampen.

fuß, welcher in den Boden der Lampe eingeschmolzen ist. Zur Herstellung dieses Fußes werden zwei Platindrähtchen mit Bleiglas umschmolzen, und es entsteht dann ein Körper, wie ihn Fig. 190 zeigt. Warum Platindrähtchen? Ja, die Verwendung dieses Metalles ist ein hartes Muß für den Glühlampentechniker, weil sich kein andres Metall für den Zuleitungsdraht zum Kohlenbügel eignet. Platin hat den Vorzug, daß es sich bei Erwärmung ungefähr in demselben Maße ausdehnt wie Glas, während andre Metalle in dieser Beziehung große Abweichungen zeigen. Bei verschiedener Ausdehnung lockert sich aber rasch die innige Verbindung zwischen Glas und Draht, die Luft findet einen Weg und die Lampe geht bald zu Grunde. Man ist also genötigt, das teure Metall zu verwenden, zur Freude der Platinproduzenten, welche durch die bedeutend gesteigerte Verwendung des seltenen Metalles den Preis erhöhen konnten, so daß es eine Zeitlang ebensoviel kostete wie Gold.

Die Glühlampenfabrikanten mußten damals 30 und 35 Pfennige für das Platin einer Lampe anwenden und auch jetzt noch ist für etwa 18 Pfennige von diesem Metall in jeder Lampe. Infolgedessen hat sich eine ganz eigenartige Industrie entwickelt, welche verbrauchte Glühlampen aufkauft, um das Platin wiederzugewinnen und zu verwerten.

Die an dem einen Ende des Glasfußes hervorragenden Enden der Platindrähtchen sind breitgeklopft und zu Röhrchen gebogen. In diese werden die verdickten Enden des Glühfadens eingesteckt und zur Befestigung wird etwas Kitt aus Kohlenpulver um die Verbindungsstelle gelegt. Man läßt die Kittstellen nun erst in einem Trockenofen gut austrocknen, und dann wird der Fuß mit dem Faden in die Glasbirne eingeschmolzen.

Die Verbindung der Kohlenfadenden mit den Platindrähten, so einfach wie sie jetzt scheint, hat viel Arbeit gemacht, bis man für sie das obige zuverlässige Verfahren fand.

Anfangs steckte man die Fäden einfach in Röhrchen, die auf den Platindrähten saßen. Da aber der Kontakt kein inniger war, so entwickelte sich an Berührungsstellen zuviel Wärme, welche die Kohle zerstörte. Man griff daher zu der oben erwähnten Verstärkung der Fadenfüße und benutzte dann später zur innigeren Verbindung noch die Kittumkleidung.

Die Glasbirne. Früher stellte sich jede Glühlampenzfabrik ihre Glasbirnen selbst her, indem die Glasbläser vor der Lampe ein Glasrohr in die geeignete Form brachten. Heute beschäftigen sich Glasfabriken mit der Herstellung solcher Ballons, die sie mit Hilfe kleiner maschineller Einrichtungen in Massenfabrication erzeugen. Die Abbildung einer solchen Maschine zeigt Fig. 191. Der Ballon wird zunächst als Birne mit angelegtem hohlen Fuß geblasen; in dieser Form erhält ihn der Glasbläser der Glühlampenzfabrik, der zunächst ein Stück Glasrohr im Kopf der Birne einsetzt und dann den Stiel der Birne absprengt, indem er den Hals erhitzt und mit einem nassen Holz um denselben fährt. Die Birne hat nun das Aussehen, wie es Fig. 192 a zeigt. Nunmehr wird der Glasfuß des Kohlenfadens in den Boden der Lampe eingesetzt, indem man Hals der Birne und Fuß zusammenschmilzt. Die Lampe ist nun zum Entleeren fertig (Fig. 192 b). Um sie aber mit der Pumpe in Verbindung zu bringen, wird das angelegte Entleerungsrohr mit einem Einsatzrohr verbunden, dessen eingeschliffener Fuß auf die Saugmündung der Pumpenrohre paßt. Zuvor sind noch in den Hals jeder Lampe zwei Vertiefungen eingedrückt worden, welche dem Gips des Kragens den nötigen Halt gewähren, und außerdem sind für die weitere Verbindung Kupferdrähtchen an die Platindrähte gelötet worden. Die Lampe geht nun mit ihren Schwestern zur Luftpumpe.

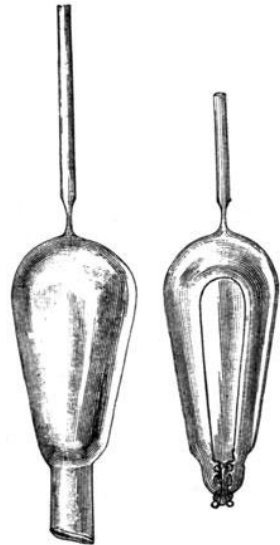


Fig. 192 a. Glasbirne mit angelegtem Entleerungsrohre.

Fig. 192 b. Glühlampe mit eingeschmolzenem Fuß und Faden.

Die Entleerung der Lampe. Die Luftleere der Lampe muß eine sehr hohe sein; die Menge Luft, welche in der Lampe ohne Schaden für dieselbe belassen werden darf, beträgt $\frac{1}{10}$ Milliontel der Menge, welche die Birne unter gewöhnlichen Luftdruck faßt. Eine solche Leere konnte man früher mit den maschinellen Pumpen nicht erzielen, und wir sind im Zweifel, ob die eigens hierfür erfundenen Maschinenpumpen, welche in neuester Zeit in Gebrauch genommen worden sind, den Anforderungen genügen. Wäre es möglich, eine maschinelle Pumpe anzuwenden, so würde die Entleerung der Lampen sehr viel schneller und billiger zu erzielen sein als heute, denn bei dem geringen Rauminhalt der Lampen könnte eine kräftig arbeitende Pumpe rasch die gewünschte Leere herstellen. Leider ist es aber hier nicht möglich, Gewalt anzuwenden, die maschinellen Pumpen versagen, wenn die Entleerung einen gewissen Grad übersteigt. Man ist darum gezwungen gewesen, eine andre Pumpe anzuwenden, die Quecksilberluftpumpe, und kann die Maschinenpumpe nur für die anfängliche Entleerung bis zu einem gewissen Grade benutzen, während die hohe Leere durch die Quecksilberpumpe besorgt werden muß. Die Einzelheiten der Konstruktionen dieser Quecksilberluftpumpen geben wir etwas weiter unten und wollen zunächst die Prinzipien angeben.

Es sind mehrere Arten solcher Pumpen im Gebrauch; in der Hauptsache können wir aber deren zwei unterscheiden. Bei der einen wirkt ein herabfallender Strahl Quecksilber wie eine Strahlpumpe, bei der andern dagegen vertritt das flüssige Metall den Kolben einer maschinellen Pumpe.

Die Pumpen der ersteren Art bestehen aus einem Fallrohr F (Fig. 193), in welches das Quecksilber in einem ununterbrochenen Strahl von oben einfließt, wobei es aus dem



Fig. 193. Quecksilberluftpumpe mit Saugstrahl; Sprengelsche Pumpe.

angesetzten Seitenrohre Luft ansaugt. Mit dem letzteren Rohre wird die Lampe verbunden. Das Fallrohr mündet unten in ein Gefäß, so daß die Mündung durch Quecksilber stets verschlossen bleibt. Das aus dem Gefäß überfließende Quecksilber wird durch eine Pumpe in einen Hochbehälter gebracht, von welchem aus es der Pumpe wieder zufließt.

Für die Pumpstationen der Glühlampenfabriken, welche diese Art Pumpen anwenden, sind nun Einrichtungen getroffen, daß gleichzeitig zahlreiche solche Saugröhren Quecksilber zugeführt erhalten, zu welchem Zwecke das flüssige Metall durch Maschinenpumpen in einen Hochbehälter gedrückt wird, von diesem aus durch eiserne Verteilungsrohre zu den saugenden Fallrohren fließt und dann in ein Sammelrohr gelangt, um zur Druckpumpe zurückzukehren. In einfacher Form sehen wir eine solche Einrichtung, die einen Teil einer Pumpenbatterie bildet, in Fig. 194 dargestellt. Das eiserne Rohr, welches man oberhalb der Vorrichtung erblickt, führt das Quecksilber aus dem Hochbehälter

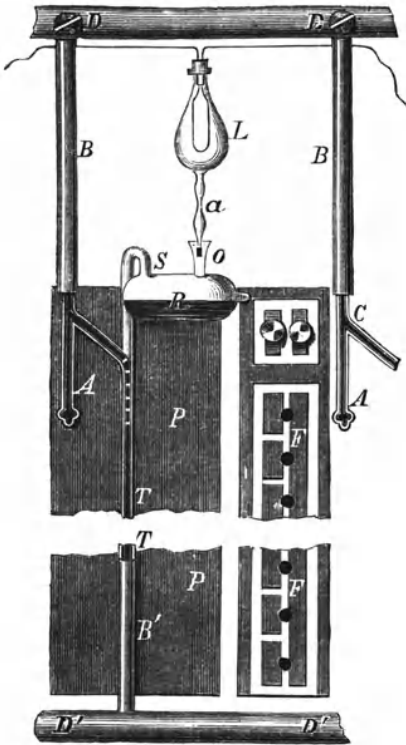


Fig. 194. Teil einer Pumpenbatterie mit Sprengelschen Pumpen.

zu den Fallrohren B B; von hier aus gelangt es durch das schief angelegte Rohr in das Fallrohr T und fließt nun weiter in das unten befindliche Sammelrohr D' D'. Das Fallrohr steht mit dem Gefäß R in Verbindung, das zur Entwässerung der zu evakuierenden Luft mit wasserfreier Phosphorsäure angefüllt ist. Dieses Gefäß trägt eine Ansatzöffnung, in welche man den eingeschlifenen Fuß des mit der Lampe verbundenen Einsatzrohres einsetzt und durch Talg u. s. w. luftdicht verkittet. Die heute verwendeten Pumpen sind allerdings durch weitere Zusatzvorrichtungen komplizierter; aber der Leser wird aus unserm Bilde das Prinzip einer solchen Pumpe für maschinenmäßigen Betrieb recht gut erkennen.

Von der andern Art Pumpe wollen wir ebenfalls zunächst nur das Prinzip angeben und dann später eine im praktischen Betriebe befindliche Konstruktion beschreiben. Wir sagten oben, daß bei dieser Art Pumpen die Quecksilbersäule wie ein Kolben und zwar wie ein sehr gut schließender Kolben wirkt. Es ist nun leicht zu erkennen, daß eine Quecksilbersäule, die im Wechsel auf- und niedersteigt, dazu benutzt werden kann, um die Luft aus einem Gefäße herauszuschaffen, in ähnlicher Weise etwa wie eine mechanische Pumpe die Bewegung einer Flüssigkeit bewirkt; bei den letzteren Pumpen ist es aber notwendig, daß Hähne oder Ventile vorhanden sind, damit die angesaugte Flüssig-

keit nicht wieder in das zu entleerende Gefäß zurück-, sondern in den neuen Weg hineingedrückt wird. Ähnliches wendete man auch früher bei den Quecksilberluftpumpen an; bei den heute in den Glühlampenfabriken benutzten Pumpen hat man aber die Anwendung von Hähnen oder Ventilen ganz umgangen, und zwar durch einen kleinen, aber geschickten Kunstgriff. Wenn der Leser einen Blick auf unsere Fig. 195 wirft, so sieht er zunächst das Gefäß A, das mit einem unten angelegten Rohre B und dem unten seitlich einmündenden Rohre H verbunden ist. An der unteren Öffnung von B ist ein Gummischlauch g befestigt, der mit dem andern Ende in dem Gefäße S mündet. Dieses Gefäß ist mit Quecksilber gefüllt. Heben wir dasselbe, so fließt Quecksilber in das Rohr B, und wenn wir S hoch genug heben, auch in das Gefäß A. Dabei wird die in A und B vorhandene Luft ausgetrieben. Solange nun das Niveau der Quecksilbersäule noch unter der Mündung des Rohres H steht, wird die Luft in dieses hineingedrückt; ist aber das Quecksilber über diese Mündung gestiegen, so ist H gegen A abgeschlossen, und das weiter

auffsteigende Quecksilber drückt die Luft nicht mehr in H hinein, sondern durch das Ausflußrohr F nach außen. Es sei nun A bis oben mit Quecksilber gefüllt. Wir senken nun S, und es entsteht, sobald S tief genug gesunken ist, eine barometrische Leere in A; bei weiterer Senkung von S sinkt das Quecksilber unter die Mündung von H, es wird der mit dieser Röhre verbundene zu entleerende Raum, in unserm Falle die Glühlampe, mit A in Verbindung kommen und eine entsprechende Menge Luft aus der Lampe nach A strömen. Jetzt lassen wir das Quecksilber durch Hebung des Gefäßes S wieder steigen. Zwar wird nun ein Teil der im Rohre B befindlichen Luft wieder in die zu entleerende Lampe zurückgedrückt; da aber das Rohr H bald durch das Quecksilber verschlossen wird, so wird der ganze jetzige Inhalt von A durch das eindringende Quecksilber fortgeschafft, und dieser Teil ist durch den einmaligen Nieder- und Aufwärtsgang der Quecksilbersäule aus der Lampe entfernt worden. Da das Gefäß A erheblich mehr Luft faßt, als der Teil des Rohres B, welcher beim Niedergang der Quecksilbersäule Luft aufnimmt, so wird nur ein kleiner Teil der aus der Lampe angefaugten Luft wieder in dieselbe zurückgedrückt werden; der erheblich größere Teil gegen die Lampe abgesperrt und fortgedrückt.

Dieser Vorgang des Hebens und Senkens der Quecksilbersäule wiederholt sich nun in ununterbrochener Folge; man läßt die Quecksilbersäule durch Hebung des Gefäßes S in A hineinsteigen, alsdann wird wieder in der geschilderten Weise das Gefäß gesenkt, weitere Luft aus der Lampe gesaugt u. s. w. Man sieht also, daß es sich hier um die bekannte Wirkungsweise der maschinellen Pumpe handelt, nur daß der Kolben hier durch eine Quecksilbersäule vertreten wird und die Schwere bei der Bewegung des Quecksilbers mitspielt.

Die erste Art Pumpe ist die zweckmäßigere, weil sie ganz selbstthätig ohne Zuhilfenahme menschlicher Arbeit die Luft fort schafft. Pumpen dieser Art werden deswegen jetzt vorzugsweise in den Glühlampenfabriken angewendet. Allein man hat gefunden, daß die Pumpen der zweiten Art besser entleeren, und ist deshalb darauf bedacht gewesen, dieselben für selbstthätige Arbeit einzurichten. Es handelt sich hierbei darum, die Bewegung der Quecksilbersäule selbstthätig, ohne Zuhilfenahme der Hebung des Gefäßes S durch die Hand, vor sich gehen zu lassen, und es liegt nun nahe, das Quecksilber durch Druckluft in die Röhre B und in das Gefäß A zu drücken und sie unter Aufhebung des Druckes wieder zurücksinken zu lassen. Dazu ist aber notwendig, daß der Druck im richtigen Augenblicke anfängt zu wirken und aufhört, wenn das Quecksilber seinen höchsten Stand erreicht hat.

In geschickter Weise ist dies in den Pumpen der „Aktiengesellschaft für die Fabrikation elektrischer Glühlampen ‚Patent Seel‘, Aktiengesellschaft in Berlin“ erreicht worden, denen wir einige Worte widmen wollen. Der Hauptmechanismus dieser Pumpen findet sich bei der Einrichtung, welche das Quecksilbergefaß S unserer Fig. 195 erhalten hat. Denken wir uns dasselbe bis auf einen engen Hals geschlossen und diesen Hals mit einem Gummischlauch verbunden, der mit einem Druckluftbehälter in Verbindung steht. Durch Öffnung eines Hahnes wird das Gefäß mit dem Behälter in Verbindung gesetzt, und die Druckluft drückt nun das Quecksilber in die Röhre B und weiter nach A; sobald das letztere gefüllt ist, stellen wir unsern Hahn um und sperren das Gefäß S gegen den Druckluftbehälter ab, verschaffen aber gleichzeitig der Preßluft in S einen Ausgang ins Freie. Das Quecksilber, auf welches nun nicht mehr der Überdruck der Druckluft lastet, fällt nun zurück, die Quecksilbersäule sinkt zurück und verdünnt die in der Glühlampe enthaltene Luft weiter. Nunmehr lassen wir durch Umstellung des Hahnes wieder die Druckluft auf das Quecksilber wirken, dasselbe steigt wiederum, und das Spiel wiederholt sich.

Bei dieser Einrichtung wäre nun noch menschliche Arbeit zum Umstellen des Hahnes notwendig; aber auch diese ist durch eine selbstthätige Vorrichtung überflüssig gemacht

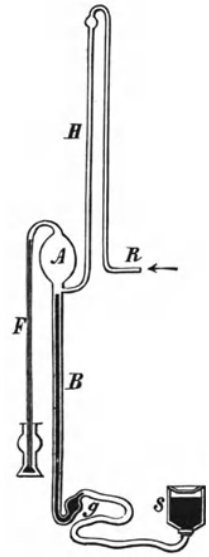


Fig. 195.
Quecksilberverlustpumpe mit
auf- und niedergehender
Quecksilbersäule.

worden. Zu diesem Zwecke sitzt das Quecksilbergefäß S (der Fig. 195) auf dem einen Arm eines Wagebalkens; auf dem andern Arm ist ein Gegengewicht befestigt. Ist die Quecksilbersäule nun vollständig zurückgesunken, so wird das Gefäß das Höchstmaß von Quecksilber enthalten, also auch am schwersten sein. In diesem Falle ist sein Gewicht größer als das des Gegengewichtes, und sein Wagebalken senkt sich. In dieser tiefsten Stellung des Gefäßes S hat aber der Wagebalken, der mit einem Hahn verbunden ist, den letzteren nach dem Druckluftbehälter geöffnet. Die Druckluft wirkt nun auf die Quecksilbersäule, diese steigt und, damit wird das Quecksilbergefäß entleert. Sein Gewicht nimmt ab, und bald erhält nun das am andern Arm der Wage befindliche Gegengewicht das

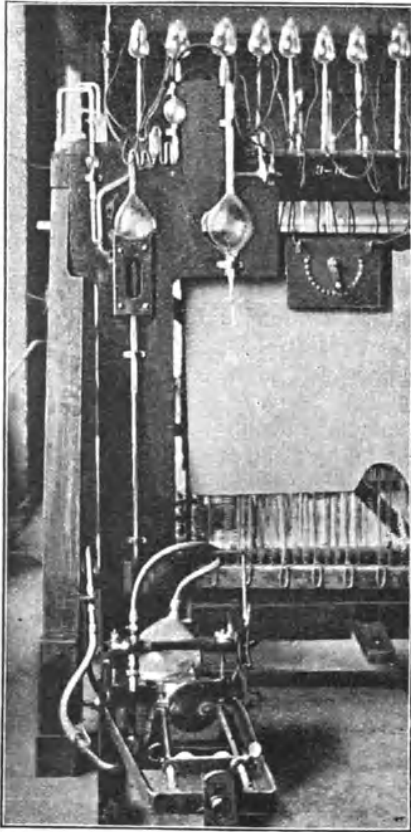


Fig. 196 A. Vorderer Ansicht.

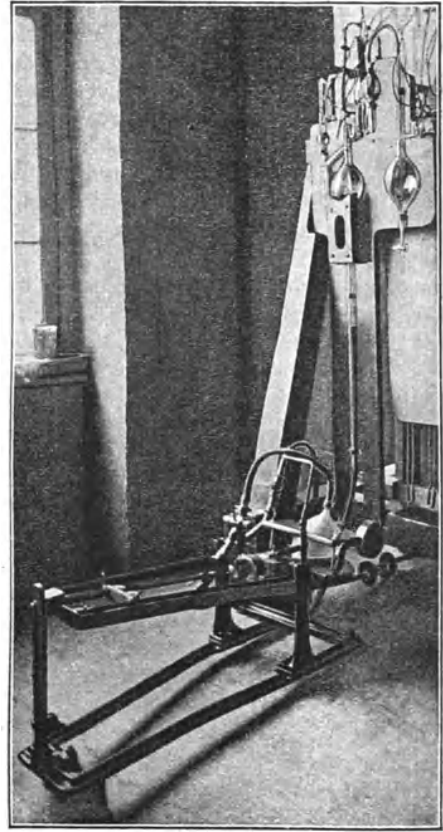


Fig. 196 B. Seitenansicht.

Selbstthätige Quecksilberluftpumpe der Glühlampenfabrik „Zeel“.

Übergewicht, so daß sich also der Wagebalken zur andern Seite neigt. Dadurch wird aber der Hahn umgestellt, die Verbindung mit dem Druckluftbehälter wird abgeschnitten und dafür ein Auslaß ins Freie geschaffen. Die Druckluft aus dem Quecksilbergefäß entweicht, die Quecksilbersäule sinkt, das Quecksilbergefäß füllt sich wieder, sein Gewicht nimmt zu, der Wagebalken legt sich wieder um, und aufs neue wird das Gefäß mit dem Druckluftbehälter verbunden. So wiederholt sich das Spiel ohne Zutun menschlicher Arbeit in ununterbrochener Folge, und die Entleerung geht in selbstthätiger Weise vor sich.

Eine solche Pumpe zeigt unsere Fig. 196, zu welcher wir aber noch eine erläuternde Bemerkung zu machen haben. Das Quecksilbergefäß sitzt nämlich nicht fest auf seinem Wagebalken, sondern kann auf demselben gleiten. Hat sich nun der Arm, auf welchem das

Gefäß liegt, gehoben, so gleitet das Gefäß an die Drehachse des Wagebalkens heran. Infolgedessen wird es erst dann das Übergewicht erhalten, wenn es seinen vollen Inhalt an Quecksilber zurückerhalten hat. Nunmehr senkt sich sein Wagearm, und jetzt gleitet es an das äußerste Ende dieses Armes. In dieser Stellung hat es nun so lange das Übergewicht, bis es sein Höchstmaß an Quecksilber abgegeben hat, das man durch Regulierungsvorrichtung derart bemißt, daß die Pumpenbehälter gerade gefüllt werden. Erst wenn dieser Grad der Abgabe des Quecksilbers eingetreten ist, hebt sich der Wagearm des Quecksilbergefäßes wieder, und nun gleitet es wiederum in die erste Stellung zurück.

Auf diese Weise wird erreicht, daß die Umstellung des Hahnes jedesmal erst dann erfolgt, wenn das Quecksilbergefäß sein größtes und kleinstes Gewicht erhält, so daß also die sich bewegende Quecksilberfäule bis zur größten verlangten Höhe steigen und bis auf den tiefsten Stand sinken kann.

Mit dieser Vorrichtung geht nun die Entleerung der Glühlampen ebenso wie in der in Fig. 194 abgebildeten Pumpe ganz selbstthätig vor sich. Die Arbeit im Pumpraum

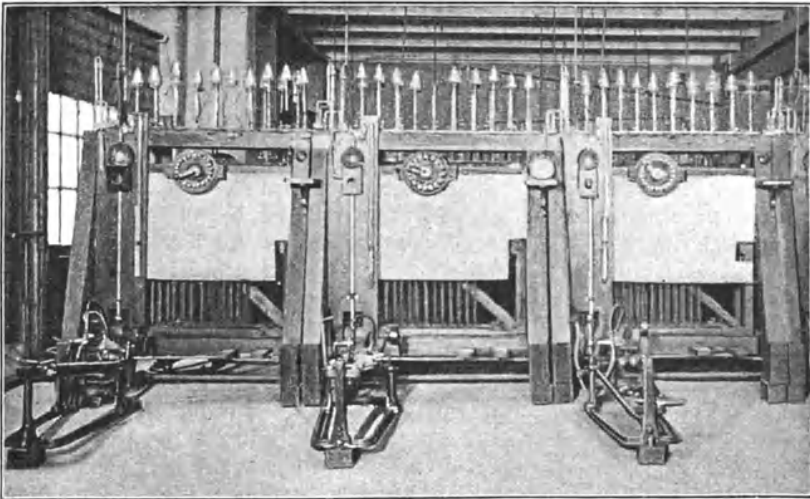


Fig. 197. Pumpenbatterie in der Glühlampenfabrik „Seel“.

ist auf das Einsetzen und Herausnehmen der Lampen, das Einschalten der Pumpen und die Überwachung des Ganges der Entleerung beschränkt, und so genügen in der genannten Fabrik drei Arbeiter für die Pumpstation, welche bis zu 3000 Lampen im Tage auspumpen kann. Einen Teil dieser Pumpstation zeigt unsere Fig. 197, welche eine Batterie solcher Pumpen, wie sie eben geschildert, darstellt.

Während des Auspumpens wird der Kohlenfaden durch Strom in Rotglut erhalten, um die Gase aus der Kohle zu treiben. Außerdem wird in manchen Fabriken die Glühlampe durch Gasflammen erwärmt gehalten, um die Entleerung zu beschleunigen und die an der inneren Wandung des Gases haftenden Luft abzutrennen; man muß nämlich wissen, daß Gase klebriger sind als Sirup.

Die Verwendung der Quecksilberluftpumpe hat ihre Mißlichkeiten, nicht nur was ihre Arbeit angeht, die zwar gründlich, aber langsam ist, sondern auch deswegen, weil bei ihr viel Quecksilber verschüttet wird, das verdampft und Quecksilbervergiftungen bei den Arbeitern hervorrufen kann. Bei uns sind deswegen ziemlich strenge Vorschriften erlassen worden, welche die Gefährlichkeit des Betriebes zu vermindern bestimmt sind.

Ist nach zwei bis drei Stunden die Lampe auf den erforderlichen Grad entleert worden, so wird sie zu- und gleichzeitig abgeschmolzen, indem man den dünnen Hals,

der die Entleerungsröhre mit der Lampe verbindet, durch eine Stichtlamme durchschmelzt.

Die so weit fertige Lampe wird nun auf ihre Leere geprüft. Wie ist dies möglich, ohne sie zu zerbrechen? Nun, man hat dafür ein ebenso hübsches wie einfaches und sicheres Verfahren. Man legt in einer Dunkelkammer die Lampe an den einen Pol eines mäßig großen Ruhmforffschen Apparats (s. S. 92). Ist sie genügend entleert, so strahlt die stark verdünnte Luft der Lampe ein grünliches Licht aus. Zeigt sich ein rötliches oder gar kein Leuchten, so ist die Lampe unbrauchbar. Auf diese Weise können in kurzer Zeit

hunderterte von Lampen geprüft werden.

Man wird die Frage stellen, wie die Glühlampe entleert werden muß, da man doch nur die Kohle gegen Verbrennung schützen will und dies auch dadurch erreichen kann, daß man die Lampe, statt luftleer zu machen, mit einem nichtoxydierenden Gase, mit reinem Wasserstoff beispielsweise füllt. Dies ist in der That auch versucht worden, hat sich aber nicht bewährt, weil solche Lampen erheblich mehr Strom gebrauchen als entleerte.

Die Ursache ist nicht weit zu suchen; das

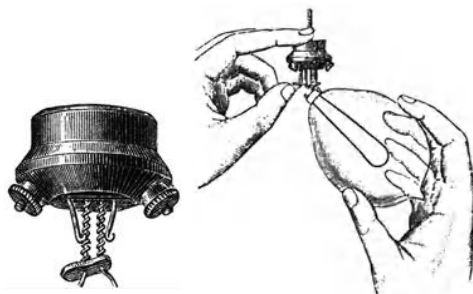


Fig. 198 A. Patentkontakt für Glühlampen.

den Kohlenfaden umgebende Gas leitet die Wärme von demselben ab, und es bedarf deshalb einer höheren Stromstärke, um den Faden in der normalen Glut zu halten, die Betriebskosten der Lampe werden also erhöht. Außerdem erhitzt sich das Glas der Lampe zu sehr und es wird dadurch das Springen der Lampe befördert, was bei entleerten Lampen eine Seltenheit ist. Die entleerte Glühlampe erhitzt sich verhältnismäßig in geringem Grade, sie wird nie so heiß, daß man sie nicht mit der Hand anfassen könnte — wir sehen von den hochherzigen Lampen ab — und wenn dies nicht der Fall ist, darf man vermuten, daß die Leere der Lampe nicht den richtigen Grad hat.

Die Fertigmachung der Lampe. Die Lampe hat nun noch ihre Bewehrung zu erhalten, den Kragen am Fuß, mit dem sie in die Fassung gesteckt wird.

Das Nähere über diese Kragen geben wir später an, wenn wir von den Fassungen sprechen werden; hier wollen wir nur kurz zeigen, wie dieser Kragen aufgesetzt wird. Zu diesem Zwecke stellt man die Lampe auf den Kopf, setzt ihr eine Gießform um den Hals, in welcher der Kragen und die Zubehörteile stecken. Mit diesen werden die Zuleitungsdrähte der Lampe verbunden und dann Gips in die Form gegossen. Hat derselbe abgehoben, so nimmt man die Form ab, reinigt die Lampe, und so ist sie versandfähig. Um die Lampe mit der Firma zu zeichnen, bedruckt man sie mit einem Gummistempel, der mit Flußsäure angefeuchtet ist, und ätzt so die Firma in die Birne ein.

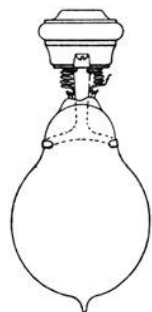


Fig. 198 B. Federnder Aufhängerkontakt für Glühlampen.

Die fertigen Lampen werden nun in Schachteln gepackt, welche durch Querwände in einzelne Fächer für jede Lampe geteilt sind, und nun kann die Lampe in die Welt gehen. Zuvor hat sie aber noch ihre Leistung zu erweisen und wird auf ihre Leuchtstärke gemessen. Das hier angewendete Verfahren unterscheidet sich aber nicht von den bekannten photometrischen Verfahren, und wir wollen es deswegen übergehen.

Die Glühlampenfassungen. Die Glühlampe muß für den Betrieb mit der Leitung verbunden sein und selbstverständlich muß diese Verbindung so einfach bewirkt werden können, daß jeder Laie die Lampe verbinden und abnehmen kann. Es sind deswegen Vorrichtungen vorhanden, in welche die Lampen durch einen einfachen Handgriff eingesetzt werden können und dadurch mit den bis in die Fassung geführten Leitungen in leitende Verbindung kommen.

Die einfachste Verbindung werden wir erhalten, wenn wir, wie dies früher geschah,

die Stromleitungen an zwei Haken führen und die Lampe mit ihren Platinösen daran aufhängen (Fig. 198 A). Allein das gäbe einen unsicheren Kontakt. Besser verfahren wir schon, wenn wir zwischen Haken und Öse kleine Metallfedern einschalten und der Lampe einen Widerhalt geben, so daß die Federn angespannt sein müssen (Fig. 198 B). Aber das Einsetzen solcher Lampen ist viel zu heikel und die Verbindung auch zu wenig sicher, als daß man dieses Verfahren lange beibehalten hätte. Es blieb darum nur übrig, die Kontakte an der Lampe und an den Leitungsenden derart zu gestalten, daß sie mechanisch ohne weiteres zusammenschließen und damit auch in elektrische Verbindung kommen. Deswegen setzt man an das Ende der Leitung die Fassung und an den Hals der Lampe den Kragen mit seinen Kontaktstücken. Diese Notwendigkeit erkannte Edison sofort, der ein praktischer Mann ist und bei der Ausarbeitung seines Systems alle diese wichtigen Kleinigkeiten berücksichtigte. Er gestaltete den Kragen als eine Schraube mit groben Gängen, die aus Kupfer- oder Messingblech gedrückt wurde (Fig. 199 a) und setzte in den vom Kragen umschlossenen Hohlraum ein zentrales Kontaktstück ein, welches also mit eingegipst wird, aus dem Gips aber um 1—2 mm herausragt. Der Kragen wurde mit der einen Zuleitung des Kohlenfadens verbunden, das zentrale Kontaktstück mit der andern. Die Fassung gestaltete er so, daß sie ein aus Blech gedrücktes Mutterstück enthielt, in welches sich also die Lampe mit ihrem Kragen einschrauben ließ (Fig. 199 b). Unten am Boden der Fassung lag eine federnde Platte, mit welcher das zentrale Kontaktstück in Berührung kam, sobald man die Lampe in die Fassung schraubte. Nun war nur noch das Muttergewinde mit dem einen Pol, federnde Platte mit dem andern zu verbinden, und damit war die Stromzuführung zur Lampe bewirkt. Es war dies eine sehr geschickte und praktische Konstruktion, und sie ist heute noch eine der besten und weitverbreitet in ihrer Anwendung.

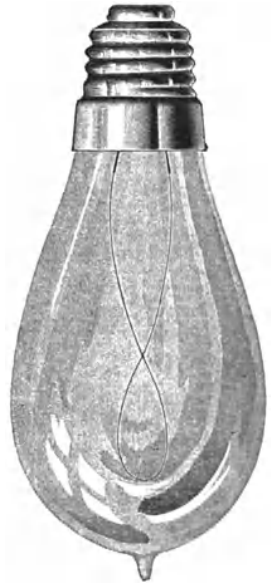


Fig. 199 a. Glühlampe mit Kragen für Edison-Fassung.

An Stelle der Schraubenbefestigung ist von andern der Bajonett-Verschluß in Anwendung gebracht worden. Wir geben hier die Swan-Fassung, welche sich ebenfalls großer Beliebtheit erfreut. Bei derselben sind zwei halbmondförmige Kontaktstücke im

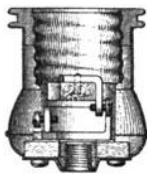


Fig. 199 b. Edison-Fassung.

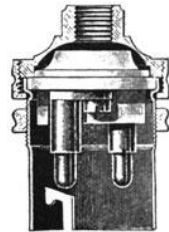


Fig. 200. Swan-Fassung.

Gips befestigt, die mit dem Glühfaden in leitender Verbindung stehen. Der cylindrische Kragen trägt zwei diametral angelegte Stiftchen, mit denen er in die beiden Bajonett-schlüße (Fig. 200) eingeschoben wird. Durch Drehung gehen dann die Stifte in den unteren, den Schraubenteil und werden durch den Druck der Kontaktfedern in die kleinen Ausschnitte am Ende der Schlüße, in die Rast gebrückt, so daß die Lampe nur mit einiger Gewalt wieder herausgenommen werden kann und gegen Herausfallen und Drehung gesichert ist. Die Leitungen sind mit den zwei federnden Kontaktstücken in Verbindung, welche in der Bodenplatte der Fassung eingesezt sind und deren Form und Lage man aus unsrer Figur erkennt.

Die Glühlampenträger. Die Fassung mit ihrer Glühlampe muß irgendwie befestigt sein, und damit kommen wir zu den Glühlampenträgern. Wir wollen diese Teile hier nur nach ihrer technischen Einrichtung betrachten und die Erörterung ästhetischer Fragen, welche die künstlerische Ausschmückung und Anbringung der Lampenträger betreffen, für ein späteres Kapitel aufsparen.

Handelt es sich um die Anbringung der Glühlampen in Innenräumen, so kann die Lampe an der Decke oder an der Wand befestigt werden. Im ersteren Falle handelt es sich darum, ob eine einzelne Lampe oder mehrere vereinigt an einem Gehänge befestigt sind. Der einfachste Fall liegt vor, wenn man eine einzelne Lampe z. B. zur Erleuchtung eines Schreibtisches an einer Zuleitungsdoppelschnur herabhängen läßt. Zu diesem Zwecke wird an der Decke eine Holzrosette angebracht, in welcher zwei Klemmschrauben liegen. Die letzteren stehen einerseits mit den Leitungen, andererseits mit den Enden der Doppelschnur in Verbindung.

Die letztere tritt durch den Deckel der Rosette (Fig. 201) heraus und hängt herab. Am unteren Ende ist die Fassung befestigt, welche die Glühlampe und einen Lichtschirm trägt.

Um bei diesem Gehänge die Höhe der Lampe verändern zu können, bedienen sich die Amerikaner eines einfachen Mittels. Sie führen die Schnur in einer Schlinge durch eine durchbohrte Kugel und können durch Verkürzung und Verlängerung der Schlinge die Lampe höher und tiefer stellen; die Reibung der Schnur in der Bohrung der Kugel genügt, die Lampe zu halten (Fig. 202).

Diese Aufhängungsart ist billig und bequem, sie setzt aber voraus, daß die Schnur gegen mechanische Einflüsse gesichert ist, weil andernfalls die isolierende Hülle durchgeschert werden kann und ein Kurzschluß zwischen



Fig. 201. Aufhängung einer Glühlampe an einer Zuleitungsdoppelschnur.



Fig. 202. Vorrichtung zum beliebigen Verkürzen der Aufhängeschnur.



Fig. 203. Gängestange für Glühlampen.

beiden Leitungen entsteht, oder die Schnur abbricht und die Lampe herunterfällt. Man zieht deswegen in vielen Fällen eine solide starke Befestigung der Lampe vor, indem man eine metallene Nöhre mit einem Fuße an der Decke befestigt und die Leitungen durch dieselbe bis zur Fassung zieht. Zu diesem Zwecke erhält das untere Ende der Nöhre ein Gewinde, auf welches die Fassung mit ihrem Muttergewinde aufgeschraubt wird (Fig. 203). Diese letztere Einrichtung leitet uns zu

den Wandarmen über, welche wir vor den Gehängen mit mehreren Lampen behandeln wollen. Man hat sich nur zu denken, daß der Fuß der eben beschriebenen Deckenstange an der Mauer befestigt ist. Da nun aber die Glühlampe das Licht zumeist nach unten werfen soll, so ist ihr eine senkrechte oder annähernd senkrechte Stellung zu geben, bei welcher ihr Kopf nach unten geneigt ist. Wir geben der Stange, welche die Glühlampe trägt, eine passende Krümmung und gewinnen so den einfachen Wandarm, den Fig. 204 zeigt.

Verbinden wir den Wandarm mit der Aufhängestange, so gewinnen wir ein Gehänge für mehrere Lampen. Unsere Fig. 205 zeigt ein solches für zwei Glühlampen, welches den bekannten Doppelparmen für Gasbeleuchtung ähnlich ist. Man kann leicht erkennen, daß in dieser Weise drei, vier und mehr Arme an einer Tragstange befestigt werden

können, wobei die Leitung durch die hohle Stange und dann weiter in Zweigen durch jeden Arm zu den aufgesetzten Fassungen geführt wird. Wir unterlassen es, diese mehrarmigen Gehänge hier zu beschreiben, weil die technische Einrichtung derselben aus dem Gesagten ersichtlich ist und sie für ihre weiteren Teile als Kunstkörper zu behandeln sind, deshalb auch später berücksichtigt werden sollen.



Fig. 204. Einfacher Wandarm für Glühlampe.



Fig. 205. Einfaches Gehänge für zwei Glühlampen

In manchen Fällen ist es erwünscht, die Aufstellung der Glühlampe verändern zu können, z. B. wenn sie in einer Arbeitslampe am Werkstatt- oder auf dem Schreibtisch verwendet werden soll. Zu diesem Zweck hat man sie nur mit einer biegsamen Schnur mit der Leitung zu verbinden, und wir könnten hierfür die bei Fig. 201 erwähnte Rosette benutzen. Man verfährt jedoch in solchen Fällen etwas anders, indem man eine lösbare Verbindung anwendet, welche es gestattet, die Lampe von der Leitung abzutrennen und wegzusetzen. Zu diesem Zweck setzt man auf die Wand eine Art Fassung, welche mit den Leitungen verbunden ist. In dieselbe paßt ein Kontaktstüpsel, welcher der Kontakteinrichtung der Glühlampe ähnlich ist, nur daß bei ihm die Kontaktstücke mit den Enden der biegsamen Zuleitungsschnur verbunden sind. Das andre Ende der Doppelschnur ist mit der Fassung an der Tischlampe verbunden und in diese ist die Glühlampe gesteckt. Fig. 206 zeigt eine solche Werkstattstischlampe mit Zuleitungsschnur und Kontaktstüpsel, den man nur in die Wandfassung zu stecken hat, um die Lampe in Verbindung mit der Leitung zu bringen. Der gleichen Vorrichtung bedient man sich auch, wo man eine Handlampe zum Umherleuchten benutzen will, und Fig. 207 wird die ganze Einrichtung, auch die Befestigung der Wandfassung leicht erklären.

Schalen und Schirme. Die Glühlampe, nackt auf den Arm gesteckt, würde einen etwas mageren Eindruck machen; man umgibt deswegen ihren unteren Teil mit einem gefälligen Kragen und gewinnt dadurch den weiteren Vorteil, daß ihr Licht nach einer bestimmten Richtung hin zusammengehalten wird. Für solche Kragen benutzt man zumeist passend ausgestattete Glasschalen. Damit diese aber den nötigen Halt haben, ist auf das Ende des Wandarmes ein Schalenhalter gesetzt, dessen Arme kleine Schraubchen zum Festhalten der Schale tragen. Fig. 205 erläutert diese Anordnung.

Bei Arbeitstischlampen wendet man zur Konzentration des Lichtes einen Lichtschirm an, welcher in ähnlicher Weise auf der Tischlampe oder dem Arm befestigt wird und aus Glas



Fig. 206. Werkstattstischlampe.

oder lackiertem Blech hergestellt ist. Will man kräftigere Reflektionswirkungen erzielen, so benutzt man spiegelnde Flächen und wendet hierfür entweder polierte Metallschirme oder auch Glasreflektoren, insbesondere die Schumannschen Hohlglasreflektoren an. Man hat es auch versucht, die Glühlampe selbst als Reflektor zu benutzen, indem man die eine Hälfte ihrer Birne versilberte, so daß das Licht von diesem Teil der Wandung reflektiert wurde, doch haben solche Lampen verhältnismäßig wenig Verbreitung gefunden.

Bei dieser Gelegenheit seien noch kurz die Schutzglocken und Schutzkörbe erwähnt. Aus Gründen der Sicherheit ist die Lampe in vielen Anlagen durch einen dichten Verschluss nach außen hin abzuschließen; man umgibt sie hierfür mit einer starken Glas-

glocke. Ebenso erfordert die Sicherheit der Lampe zuweilen einen Schutz gegen mechanische Einflüsse und sie erhält deswegen einen Schutzkorb aus Draht. Die letztere Schutzvorrichtung wies schon unsere Fig. 204 auf.

Bevor wir die Glühlampe verlassen, haben wir uns nach Erledigung der technischen Seite derselben noch mit einigen Fragen zu befassen, welche mehr geschäftlicher Natur sind, weil sie die Kosten der Glühlampe und ihrer Leitung betreffen. Das liebe Geld spielt ja auch in der Technik eine große Rolle, denn diese lebt von ihm und es hat darum auch billigen Anspruch darauf, daß seine bekanntlich recht zarte Empfindsamkeit von den Technikern gebührend berücksichtigt werde. Wir erörtern deswegen hier zum Schluß noch die

Ökonomie und Lebensdauer der Glühlampe.

Je höher wir die Temperatur des Glühfadens treiben, um so günstiger wird das Verhältnis zwischen ausgestrahlter Lichtmenge und aufgewendeter Stromarbeit, die Ökonomie der Glühlampe. Zwar wird die im Glühfaden verwandelte Stromarbeit immer der Aufwendung gleich bleiben, aber es ist zu berücksichtigen, daß ein Teil der Arbeit als nicht leuchtende Wärme verloren geht. Wir wollen aber in der Lampe den leuchtenden Teil thunlichst groß machen, und das Verhältnis der leuchtenden Strahlen zu den dunklen Wärmestrahlen gestaltet sich mit steigender Temperatur günstiger für die ersteren. Demnach hätten wir die Erhitzung möglichst hoch, thunlichst bis in die Weißglut hinein zu treiben. Allein hier tritt uns ein anderer Umstand entgegen. Je höher wir die Ökonomie der Lampe bringen, desto kürzer wird ihre Lebensdauer, und da die Glühlampe Geld kostet, so kommt dieser Faktor sehr bedeutend in Frage. Wir werden daher beide widerstreitenden Größen thunlichst günstig zu gestalten suchen, indem wir die Ökonomie der Lampe, welche die Betriebskosten bedingt, so hoch treiben, daß die

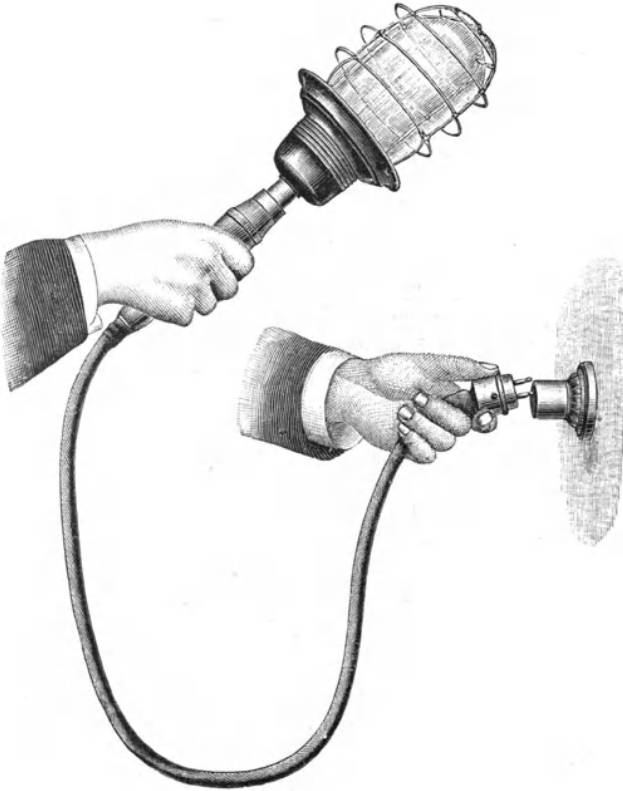


Fig. 207. Wandfassung mit Kontaktsüßel und biegsamer Zuleitung für eine Handlampe.

Erneuerungskosten, welche von der Lebensdauer abhängen, balanciert werden. In dieser Beziehung ist die Verbindung des technischen und geschäftlichen Geschickes beim Glühlampenfabrikanten von wesentlicher Bedeutung, er muß höchste Ökonomie mit größter Lebensdauer zu verbinden suchen.

Im allgemeinen verlangt man von einer Glühlampe eine mittlere Lebensdauer von 800—1000 Brennstunden. Nicht jede Lampe wird so alt, manch eine stirbt als Säugling oder in den blühenden Jahren der Jugend; es gibt aber auch Jubelgreise, die an die 2000 und 3000 Stunden kommen, ja einige berühmte Methusalems haben 6000 und 8000 erreicht. Sehr viel liegt hier an der Behandlung der Lampe. Werden ihr Überschreitungen in der Spannung zugemutet, so rächt sich dies bei ihr, wie Erzeffe bei den Menschen, in der Verkürzung der Lebensdauer. Der Glühlampenfabrikant ist also mit der Lebensdauer seiner Lampen sehr von der Achtsamkeit oder Unachtsamkeit des Maschinenisten, der die Beleuchtungsanlage leitet, abhängig, ohne im Stande zu sein, auf die Behandlung der Lampe außer durch gute Ermahnungen einwirken zu können.

Damit aber der Fabrikant einen Anhalt hat, welche mittlere Lebensdauer seine Lampen haben, werden aus den gefertigten Lampen von Zeit zu Zeit Stichproben genommen, die man auf ihre Lebensdauer prüft. Alle diese Lampen auf die volle Zeit hin zu erproben, würde zu lange dauern und zu teuer kommen, man prüft also nur einen kleinen Teil unter normalen Verhältnissen, wendet aber für den größeren Teil ein verkürztes Verfahren an, die Lampe durch alle ihre Lebensstadien zu bringen. Zu diesem Zwecke wird sie mit einer bestimmten Überspannung zum Leuchten gebracht, welche sie in kurzer Zeit tötet. Eine 16 Kerzen-Lampe, welche für 100 Volt-Normalspannung bestimmt ist, wird mit einer Überspannung bis 125 Volt und mehr gebrannt, und dadurch verkürzt sich ihre Lebensdauer auf 15 bis 20 Stunden. Diese genau gemessene verkürzte Lebensdauer gibt nun mit dem Grad der angewendeten Überspannung einen Anhalt, wieviel Stunden die Lampe unter normaler Spannung leben kann.

Für die Frage der Lebensdauer ist noch der Umstand wichtig, daß die Lampe „altert“. Nach mehreren hundert Brennstunden beginnt sich ein Verlust der Leuchtkraft bemerkbar zu machen, die Ökonomie der Lampe sinkt infolge der zerstörenden Wirkung des Stromes auf den Kohlenfaden, zum Teil auch dadurch, daß der abstiebende Kohlenstoff sich an der inneren Wand der Glasbirne niederschlägt und die Durchsichtigkeit des Glases beeinträchtigt, so daß auch hierdurch ein Lichtverlust entsteht.

Die Glühlampentechnik hat in dem Jahrzehnt, während welchem sie sich entwickelt, nicht unbedeutende Fortschritte gemacht. Während anfangs eine elektrische Pferdekraft — d. h. von der durch die Dampfmaschine geleisteten Arbeit der tatsächlich in der Glühlampe zur Umwandlung kommende Betrag in der Höhe einer Pferdekraft gerechnet, für welchen eine Pferdekraft etwas weniger als $7\frac{1}{2}$ Ampère Stromstärke bei 100 Volt ist — etwa 6—8 Lampen von je 16 Normalkerzen speisen konnte, hat man diese Zahl auf 12 und 14 heraufgebracht, ohne die Ökonomie wesentlich zu beeinträchtigen. Während also mit andern Worten die 16 Kerzen-Lampe früher bis zu 1 Ampère Stromstärke erforderte, ist sie jetzt schon mit dem halben Betrage zufrieden. Dieser Punkt ist wichtig und behält seine Bedeutung auch selbst dann noch, wenn die Lebensdauer der Lampe um einen gewissen Betrag verringert würde. Wir werden nämlich später sehen, daß der teuerste Teil eines großen Elektrizitätswerkes die Straßenleitungsanlage ist. Diese Leitungen müssen um so dicker sein, je mehr Strom sie zu führen haben, und dementsprechend werden sie auch teurer. Nun ist es mit Rücksicht auf Anlagekosten und Amortisation von Belang, ob dieselbe Leitung Strom für 1000 oder für 2000 Lampen führen kann, und dies berechnend, kann ein Elektrizitätswerk, welches dem Abnehmer die Lampen gegen einen Jahresbetrag liefert, es vorziehen, etwas mehr für Lampen zu zahlen und dafür an den Leitungen zu sparen, zumal wenn die Beleuchtung dem Abnehmer nach Brennstunden berechnet wird, der verbilligte Betrieb der Lampe also dem Elektrizitätswerk zu gute kommt.

Die elektrischen Beleuchtungsanlagen.

A. Einzelanlagen.

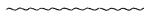
Die Stromerzeugungsstätte. Die motorische Anlage. Die Dynamomaschinenanlage. Die Reguliervorrichtungen. Die Leitungsanlage. Die Schaltung in den Leitungsanlagen. Die Leitungen und ihre Verlegung. Die Schaltvorrichtungen. Die Sicherungen. Die Strom- und Spannungsmesser. Blitzschutzvorrichtungen. Wahl und Verteilung der Lampen. Die Montage. Der Betrieb der Einzelanlagen.

B. Die Elektrizitätswerke.

Die Leitungen der Elektrizitätswerke. Amerikanische Elektrizitätswerke. Die Berliner Elektrizitätswerke. Die Entwicklung des Unternehmens. Die Maschinenanlage. Der Betrieb. Das Leitungsgesetz. Die Elektrizitätszähler. Elektrizitätswerke mit Akkumulatorenbetrieb. Elektrizitätswerke mit Wechselstrombetrieb.

C. Beleuchtungseinrichtungen für besondere Zwecke.

Die Beleuchtung von Theatern. Das elektrische Licht auf Schiffen. Die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnzügen. Elektrische Wagenbeleuchtung. Fahrbare Beleuchtungsanlagen. Die leuchtenden Springbrunnen. Verschiedene Anwendungen des elektrischen Lichtes.



A. Einzelanlagen.



Wir wollen nun dem Leser im Zusammenhange vorführen, wie der Strom für die elektrische Beleuchtung erzeugt, fortgeleitet und angewendet wird, indem wir ihn von seiner Erzeugungsstätte bis zur Stelle hin begleiten, wo seine Energie als Licht niedersinkt. Was wir hier zu sagen haben, gilt für einen weiten Teil auch für andre Anlagen, in denen der Strom erzeugt und verwendet wird, und wir werden uns deshalb bei den Beleuchtungsanlagen, die zur Zeit ja die ausgedehnteste Anwendung des Stromes einschließen, etwas länger aufhalten, um in den späteren Kapiteln auf das Gesagte zurückweisen zu können. Es dürfte nun zweckmäßig sein, dem Leser erst die einfacheren, kleineren Anlagen vorzuführen, an denen er die typischen Teile einer Anlage erkennen wird, um dann auf die großen Elektrizitätswerke überzugehen, welche viele tausend Glüh- und Bogenlampen speisen.

Die kleinere Anlage hat zumeist nur für einzelne Gebäude oder doch für ein vergleichsweise kleines Beleuchtungsgebiet Licht zu schaffen, und wir können deswegen die kleineren Anlagen als Einzelanlagen gegenüber den großen Zentralbeleuchtungsanlagen, den Elektrizitätswerken, bezeichnen.

Wir unterscheiden an jeder Anlage fünf Hauptteile, nämlich die motorische Anlage, die Stromerzeugungs-, die Stromfortleitungseinrichtung und die Einrichtungen zur Erzeugung des Lichtes, zu denen als fünfter Teil die Vorrichtung zur Regulierung, Überwachung und Einschaltung des Stromes tritt.

Die Stromerzeugungsstätte.

Die motorische Anlage dient zur Erzeugung der mechanischen Energie für den Betrieb der Dynamomaschine. In der Hauptsache werden drei Arten Motoren bei Beleuchtungsanlagen in Verwendung kommen, Dampfmaschinen, Gaskraftmaschinen und Wassermotoren. Von Windrädern, von Heißluftmotoren, von den Druckluftmotoren dürfen wir absehen, da sie nur gelegentliche Anwendung gefunden haben.

Die Dampfmaschinen sind die wichtigste der drei genannten Klassen, da ihre Verwendung in elektrischen Anlagen diejenige der Gas- und Wassermotoren bei weitem überwiegt. Welchen Einfluß die Entwicklung der elektrischen Beleuchtung für die Dampfmaschinen-Industrie gehabt hat, mag man daraus ersehen, daß zur Zeit schätzungsweise etwa 800 000 Dampfpferdekkräfte zur Erzeugung von elektrischem Licht arbeiten, und die Maschinen, welche sie erzeugen, sind überwiegend eigens für diese Zwecke gebaut, und zwar in den letzten zwölf Jahren; den Beschaffungswert dieser Maschinen können wir auf 100—150 Millionen Mark veranschlagen, und man ersieht daraus, welchen außerordentlichen Einfluß auf die Maschinenindustrie die elektrische Beleuchtung gehabt hat und dies nicht nur in geschäftlicher Beziehung, sondern nach manchen Seiten hin auch in technischer.

Die Dampfmaschinenanlagen für elektrische Beleuchtung gleichen im Prinzip den andern derartigen Anlagen; sie bestehen aus Dampfkessel, Dampfleitungsrohr und Dampfmaschine. Was nun die Kessel angeht, so hat der alte gute Cornwall-Kessel, ein dickbäuchiger, aber zuverlässiger Gefesse weniger Freundschaft bei den Elektrotechnikern gefunden. In erster Reihe liegt dies daran, daß die elektrischen Anlagen in vielen Fällen eine weitgehende Ausnutzung des zumeist spärlich bemessenen Raumes verlangen, und man deswegen Kessel vorgezogen hat, welche auf kleinerem Raume eine große Dampfleistung hervorzubringen vermögen. Dann kommt auch die größere oder geringere Gefährlichkeit in Frage, zumal dort, wo der Kessel eng eingeschlossen von bewohnten Räumen oder gar unter solchen steht. Man hat deswegen in neuerer Zeit den Wasserröhrenkessel vorgezogen, bei welchem sich das zu verdampfende Wasser in vielen engen, miteinander verbundenen Röhren, die vom Feuer umspült werden, befindet.

In vielen Anlagen sind auch die Halblokomobilen angewendet worden, deren Kessel auf Füßen ruht und die Dampfmaschine auf seinem Rücken trägt. In Deutschland hat namentlich die Magdeburger Firma H. Wolf zahlreiche solche Lokomobile für elektrische Beleuchtungsanlagen gebaut, die insbesondere in solchen Anlagen mit Vorliebe verwendet werden, deren provisorischer Charakter eine thunlichst vereinfachte Einrichtung fordert. Auch sonst sind in kleineren Anlagen, ähnliche leicht aufzustellende und unterzubringende Dampfkessel mit auf- oder anmontierten Dampfmaschinen in Verwendung gekommen, welche als sogenannte „inexplosible Dampfkessel“ unter bewohnten Räumen aufgestellt werden dürfen.

Mehr Interesse als der Dampferzeuger bietet die Dampfmaschine, wie sie in elektrischen Anlagen verwendet wird. Die Dynamomaschine verlangt zunächst einen sehr gleichmäßigen Gang des Motors, und zwar gleichmäßig in bezug auf die minutliche Umlaufzahl wie auch bezüglich der Umlaufgeschwindigkeit innerhalb des einzelnen Umlaufes. Wird diese Gleichmäßigkeit nicht erreicht, so schwankt die Spannung der Dynamomaschine hin und her, und hierfür ist die Glühlampe außerordentlich empfindlich; zuckt sie doch zusammen, wenn die etwas zu dick geratene Riemenverbindung über ihre Riemenscheibe geht oder der Riemen zu stark schwabbert.

Bei dem stark und oft plötzlich wechselnden Kraftbedarf der Dynamomaschine, die sofort mit Anzünden oder Auslöschen von Lampen ihren Bezug an Kraft erhöht oder herabsetzt, ist es für die Dampfmaschine nicht leicht, die Umlaufgeschwindigkeit innerhalb enger Grenzen zu halten und es hat den Dampfmaschinenfabriken Mühe gekostet, den hohen Anforderungen der Elektrotechnik zu genügen.

Die Dampf- und die Elektrizitätstechniker sind daher oft widereinander zu Felde gezogen, wenn sie in einer Anlage zusammentrafen; wollte in solchen Fällen der Betrieb nicht recht klappen, so war zehn gegen eins zu wetten, daß sich der Elektrotechniker in

lästerlicher Weise über die Dampfmaschine ausließ und der erzürnte Dampfmann den elektrischen Teil der Anlage, ohne seine Auslassungen ängstlich zu bemessen, verdächtigte. Zurweilen fanden sie einen dritten, gegen den sie sich klugerweise vereinigten. Hatte nämlich weder die eine noch die andre Partei den Riemen geliefert, der beide Getriebe zu verbinden berufen ist, so wurde man eins, dieses Zwischenglied als Sündenbock zu verurteilen. Manchmal hatten die alliierten Mächte auch wohl nicht so ganz unrecht, denn der Riemen im elektrischen Betriebe ist kein erfreulicher Bundesgenosse. Anfänglich stramm im Dienste, weil er durch Zwang dahingebraucht worden ist, wird er mit der Zeit schlapp und thut seine Arbeit nur noch liederlich. Zureben hilft bei einem solchen Gesellen, der ganz dickes Fell ist, wenig, und so mußten die Elektrotechniker darauf bedacht sein, das Schlaffwerden des Riemens dadurch unschädlich zu machen, daß sie die Dynamomaschine verschiebbar aufstellten, so daß man durch Verrücken derselben den Riemen selbst während des Betriebes nachziehen kann. Wenn der Leser einen Blick auf die frühere Fig. 65 wirft, so sieht er dort die Maschine auf zwei „Gleitschienen“ stehen, auf denen sie mit Schraubenbolzen befestigt ist. Mit Hilfe von Schrauben, deren Hebel er vorn an den Köpfen der Schienen erblickt, kann die Maschine zurückgeschoben und der Riemen also weiter angepannt werden. Damit wird aber nicht der gefürchtete Riemenbruch verhindert, der namentlich dann recht erfreulich wirkt, wenn Säle, in denen viele Menschen zu einem frohen Feste versammelt sind, beleuchtet werden. Eben noch in strahlendem Glanze sehen sich die Gäste plötzlich von rabenschwarzer Dunkelheit umhüllt, und glücklich, wenn noch einige Gasflammen, bisher mißachtet, jetzt als freundliche Retter gepriesen, brennen. Freilich auch sie lassen manchmal im entscheidenden Augenblick im Stich, und der Fall hat sich mehr als einmal ereignet, daß das elektrische Licht ausging, die Gasleitung eingefroren und Kerzen in der Eile nicht zu beschaffen waren; glücklich dann, wenn jemand noch einige Zündhölzchen erwischte und eins am andern entzündend, eine spärliche Beleuchtung zustandebrachte.

Solche Fälle machen — kein Wunder! — gewöhnt, und die Dampf- und Dynamotechniker gingen darauf aus, den bösen Riemen ganz aus den elektrischen Anlagen zu verbannen. Das war leichter gesagt als gethan, denn der Riemen erfüllte keine unwesentliche Aufgabe. Die älteren Dynamomaschinen hatten nämlich eine hohe Umlaufgeschwindigkeit; 1000 und mehr Umläufe in der Minute, während die Dampfmaschine es nicht gern über 200 bringt. Um diese Ungleichheit zu beseitigen, mußten auf der Dampf- und der Dynamomaschine Riemenscheiben von verschiedenen Durchmesser angewendet werden, und häufig war es sogar notwendig, eine Zwischenübersetzung, das Vorgelege, also zwei Riemen anzuwenden. Es galt daher schon als Fortschritt, als man dahin kam, die Umlaufzahl der Dynamo auf 600—700 Umläufe in der Minute herabzudrücken und nur einen Riemen zu verwenden. Die Verbindung der Dynamomaschine mit der Dampfmaschine mag unsre Fig. 208 lehren; etwas Außergewöhnliches bietet sie nicht. Beide Maschinen sind Konstruktionen der „Westinghouse Co.“ Später gelang es, langsamlaufende Dynamomaschinen zu konstruieren, deren Welle unmittelbar mit derjenigen der Dampfmaschine gekuppelt ist. Unser Bild, Fig. 209, zeigt eine solche unmittelbar gekuppelte Dynamomaschine mit ihrer Dampfmaschine. Man hat auch versucht, die Umlaufzahl der Dampfmaschinen entsprechend zu erhöhen, doch haben sich diese sogenannten „Schnellläufer“ nicht viel Sympathien zu verschaffen gewußt, weil sie Dampfpresser und in ihren Lagerverhältnissen nicht ganz zuverlässig sind; ein heißes Lager ist aber dem Maschinisten eine noch größere Quelle des Kummers als ein widerpenstiger Riemen.

Wir haben aber den Riemen vielleicht etwas zu schlecht gemacht. Die Unparteilichkeit erfordert es, daß wir auch von seinen Besserungsbestrebungen berichten. Die vereinten Angriffe des Dampf- und des Elektrizitätstechnikers ließen die Riemenfabrikanten nicht kalt, und sie gaben sich alle Mühe, ihre Riemen den Anforderungen entsprechend zu machen. Eine fatale Angewohnheit des Riemens ist es, daß er zuweilen auf der Riemenscheibe in raschem Wechsel nach rechts und links läuft; daran ist aber der Dohse schuld, auf dem er gemächsen. Die Faser der Dohsenhaut verläuft nämlich vom Rücken in schrägen Linien nach unten; insgedessen haben die aus den Seitenstücken der Haut geschnittenen Riemenstücke die Neigung, sich entsprechend der schiefen Lage der Faser auf der Riemenscheibe zu

verschieben. Die Riemenfabrikanten schnitten deshalb die Riemen für elektrische Betriebe aus dem mittleren, dem Rückenteil der Haut, so daß von der Mittellinie des Riemens aus die Fasern nach der einen und nach der andern Seite hin schräg verlaufen, sich die Wirkungen also aufheben. Wir geben dies als Beispiel, um zu zeigen, von wie vielen Kleinigkeiten ein elektrischer Betrieb abhängt.

Durch solche und andre kleinere Verbesserungen ist jetzt der Riemenbetrieb, soweit es möglich, sicher geworden und in kleineren Anlagen wird er auch heute noch verwendet. In großen Anlagen, namentlich in Elektrizitätswerken, wo mehrere hundert Pferdekkräfte auf eine Dampfmaschine zu übertragen sind, verwendet man neuerdings fast nur noch unmittelbare Verkuppelung, also langsam laufende Dynamomaschinen.

Neben der Dampfmaschine ist insbesondere der Gasmotor zum Betriebe der Dynamomaschinen in Anwendung gekommen. Für kleinere Beleuchtungsanlagen ist dieser Motor, wenn Anschluß an eine Gasleitung zu erreichen ist, der bequemste, weil er ein geringes

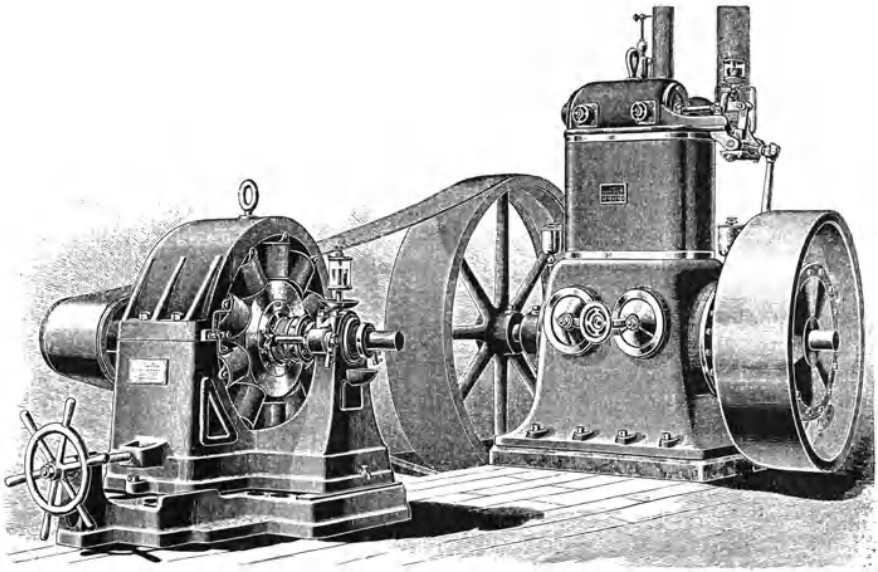


Fig. 208. Dampf- und Dynamomaschine durch Riemen verbunden.

Maß Wartung beansprucht und in wenigen Minuten in Betrieb gebracht werden kann. Es kommt hinzu, daß der Gasmotor verhältnismäßig wenig Raum in Anspruch nimmt und darum in einem sonst wenig benutzten Winkel oder in einem sonst leicht zu entbehrenden Raume aufgestellt werden kann, was um so eher geschehen darf, als eine Explosionsgefahr bei ihm ausgeschlossen ist und seine Aufstellung nicht durch gesetzliche Bestimmungen beschränkt wird. Zudem geben viele Gasanstalten das Gas für Motoren billiger ab als für Leuchtzwecke, und so hat der Gasmotor eine große Verbreitung in elektrischen Lichtanlagen gefunden. Ein typischer, hier zu erwähnender Fall ist die Verwendung desselben in Beleuchtungsanlagen für Restaurants, Cafés u. s. w., in „Schankstätten“, wie man sie allgemein bezeichnet. Gerade solche Gewerbe haben in erster Reihe ein Interesse an der Einführung des elektrischen Lichtes in ihre Räumlichkeiten und sie sind unter den ersten gewesen, welche die elektrische Beleuchtung aufgenommen haben. Nun stehen den Inhabern solcher Schankstätten häufig, man darf sagen, zumeist nur beschränkte Räumlichkeiten zur Verfügung, und außerdem verlangt man auch für derartige Betriebe ein thunlichst geringes Maß Wartung. Da mußte der Gasmotor aushelfen und — hat es auch gethan. Zwar kommt die Lichterzeugung bei Verwendung des Gasmotors etwas teuer, aber alle Vorteile eingerechnet, wird man diesem Motor für kleinere Anlagen doch den Vorzug geben.

Die weiteste Verbreitung hat von den Gasmotoren der bekannte Ottosche gefunden, von welchem Ende 1891 1100 Exemplare mit insgesamt 12000 Pferdekraften für die Erzeugung von elektrischem Licht aufgestellt waren. Die Deutzer Gasmotorenfabrik hat sich die Ausbildung dieses Motors für unsern Zweck stets angelegen sein lassen, und es ist ihr gelungen, Motoren herzustellen, welche durchaus ruhiges Licht geben. Dies bot anfangs Schwierigkeiten, weil der Ottosche Motor nur bei jedem zweiten Umgange einen gleichbleibenden Antrieb erhält, wenn die Motoren voll belastet sind, wobei die Regulierung des Ganges bei einem geringeren Kraftbedarf durch Ausfall ganzer Ladungen (Ausseger) geschieht. Nach einem Ausseger macht sich eine Explosion durch eine, wenn auch im Momente der Zuführung, also wenn die Explosion des Gases erfolgt, geringe plötzliche Geschwindigkeitsänderung des Schwungrades bemerkbar.

Zur Vermeidung dieses Übelstandes führte die Gasmotorenfabrik „Deutz“ bei Motoren für elektrischen Lichtbetrieb den regelmäßigen, ohne Unterbrechung arbeitenden Viertakt ein mit veränderlichen Gasladungen der Cylinder, entsprechend dem jeweiligen Kraftverbrauch, und wendet zwei Cylinder an, welche abwechselnd in Funktion treten, so daß auf je eine Umdrehung ein Antrieb der Kurbelwelle erfolgt.

Die Gastechniker, welche das elektrische Licht aus einem Konkurrenten in einen Konsumenten umzugestalten streben, sehen die Verwendung des Gasmotors für elektrische Beleuchtung durchaus nicht ungern und suchen diese Verwendung thunlichst zu steigern. Insbesondere liegt ihnen daran, den Motor auch für größere Anlagen anwendbar zu machen, um auf diese Weise die Gaszerzeugung mit derjenigen von elektrischem Licht verbinden zu können. Man hat zu berücksichtigen, daß die Gaszerzeugung sich durch die steigende Bewertung der Nebenprodukte erheblich verbilligt hat und die Gasanstalten den Strom mittels Gasmaschinen ziemlich billig erzeugen können. In dieser Richtung ist insbesondere die „Kontinentale Gasgesellschaft“ in Dessau vorgegangen, welche dort ein kleines, mit Gasmotoren betriebenes Elektrizitätswerk errichtet hat. Für solche größeren Betriebe werden jetzt Gasmotoren bis 100 Pferdekraften gebaut, und man hofft, die Leistungsfähigkeit noch weiter steigern zu können. Unter solchen Umständen gewinnt die Frage Bedeutung, ob nicht das sehr billige Wassergas zum Betriebe von Motoren mit Nutzen Anwendung finden kann. Es würde dann eine bessere Ausnutzung der in der Kohle aufgespeicherten Energie, als sie die Dampfmaschine ermöglicht, zu erhoffen sein, und so gewinnt die Frage des Gasmotorenbetriebes auch Bedeutung für größere Stromerzeugungsanlagen.

Das sind aber Ziele, welche in der Zukunft liegen; vorerst kommt der Gasmotor nicht als der billige, sondern als der bequeme Motor in Frage und findet deshalb in erster Reihe Verwendung in kleineren Anlagen. Für diese eignet er sich insbesondere auch deshalb, weil er einen verhältnismäßig schnellen Gang hat, im Mittel 180 Umläufe in der Minute, und die Kraft vom Motor zur Dynamo durch einen einzelnen Riemen ohne Vorlege übertragen werden kann.

Als eine Abart des Gasmotors ist der „Petroleummotor“ mehrfach für den Betrieb von Dynamomaschinen zur Anwendung gelangt; er soll zum Ersatz des Gasmotors, mit dem er konstruktiv verwandt ist, an solchen Plätzen dienen, wo der Bezug von Gas nicht zu ermöglichen ist. Mit dem Petroleummotor hat es aber seine eigne Bewandnis. Der Laie stellt sich unter einer solchen Maschine gewöhnlich einen Motor vor, für den er sich das Betriebsmaterial drüben beim Krämer kaufen kann. Dies wäre ja nun überaus bequem, da das bekannte Petroleum jetzt in jedem Dorfe zu haben ist. Nun sind aber die meisten sogenannten „Petroleummotoren“ nicht für das gewöhnliche käufliche Lampenpetroleum, sondern nur für die leichteren, bei der Raffinierung abdestillierten Produkte, für die Benzine zu benutzen, und diese verlangen für Verfrachtung und Verwendung sehr viel größere Vorsicht, da sie leicht entzündlich sind. Diese Benzine für die Petroleummotoren müssen eigens bezogen und vorsichtig behandelt werden, und damit verliert der Petroleummotor den besten Vorteil. Neuerdings will man „wirkliche Petroleummotoren“ hergestellst haben, die mit Lampenpetroleum betrieben werden können. Zweifellos vermögen dieselben, wenn sie sich bewähren, eine große Verwendung, z. B. in der Landwirtschaft, und auch für kleinere elektrische Beleuchtungsanlagen, zu finden.

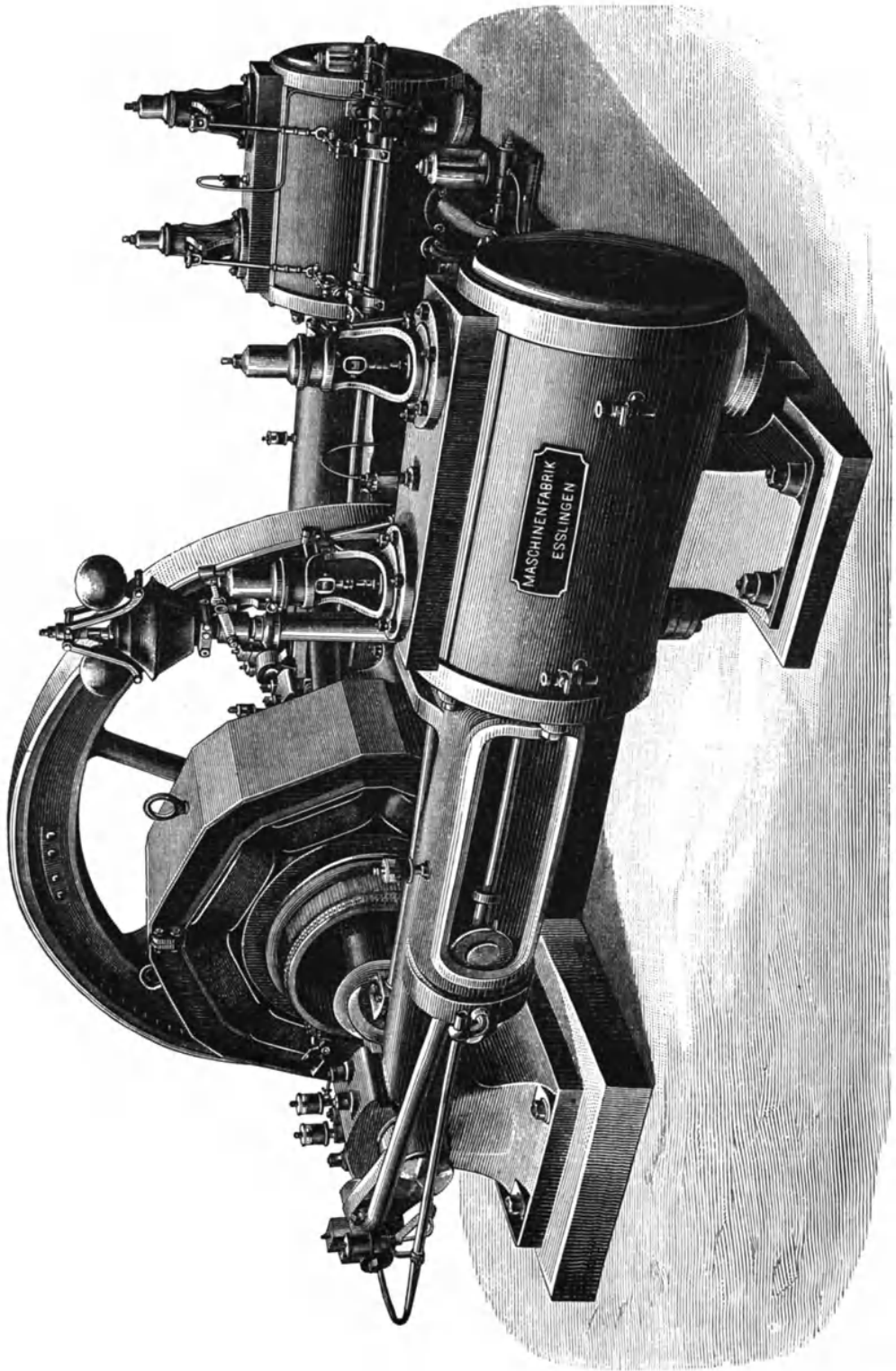


Fig. 209. Dynamometer in unmittelbarer Sattelung mit der Dampfmaschine; von der Maschinenfabrik „Esslingen“.

Als dritte Art der Motoren sind die Wassermotoren zu nennen. Im Betriebe sind sie jedenfalls die billigsten, da sie nur Kosten für Wartung und Ausbesserung, nicht aber für das energietragende Agens, welches hier das von der Sonne freundlichst emporgehobene und nun zum Fluß und zum Meere wieder zurückfallende Wasser ist. Eine solche billige Betriebskraft ist bei elektrischer Ausnutzung von großem Wert, weil ihr Nutzungsgebiet, das sonst an den Ort des Wassergefälles gebunden war, erheblich erweitert wird. Ein Beispiel dafür gibt die epochemachende Energieübertragungsanlage von Lauffen nach Frankfurt am Main, bei welcher die für eine Kraftleitungsanlage noch nie erreichte Strecke von 170 km vom Strom überschritten und mit der Wasserkraft bei Lauffen Lampen und Motoren in Frankfurt betrieben wurden. Immerhin ist diese elektrische Ausnutzung der Wasserkräfte noch ziemlich unentwickelt, aus Gründen, die wir in einem Schlußkapitel näher erörtern wollen. Wir sehen jedoch auch heute schon die Verwendung der Wasserkräfte für elektrische Betriebe sich vermehren und namentlich wird man in Gegenden, wo Kohle teuer, Wasserkraft aber reichlich vorhanden ist, diese Kraftquelle zur elektrischen Beleuchtung u. s. w. mit Vorliebe benutzen. In erster Reihe stehen hier die Schweiz, mit Norwegen das kraftfruchtbarste Land Europas, und die Berggegenden Nordamerikas. Ein anderer Fall, welcher die Benutzung der Wasserkraft begünstigt, ist dort vorhanden, wo bedeutende Stromleistungen billig erzeugt werden müssen, wie sie namentlich die elektrochemische Industrie verlangt, und wir kommen in einem späteren Kapitel darauf zurück.

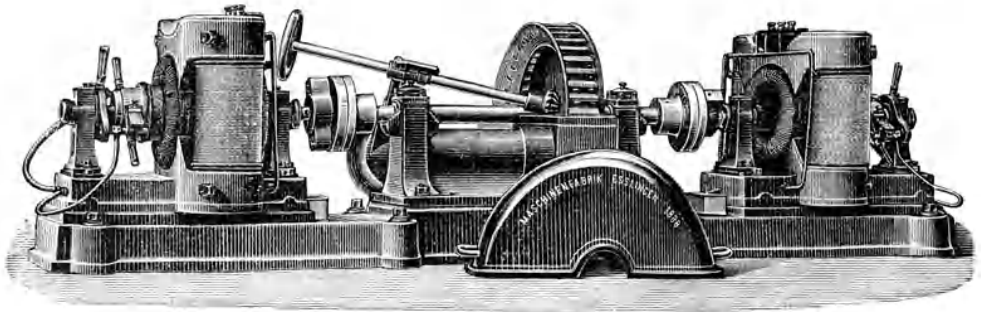


Fig. 210. Dynamomaschine durch eine horizontale Turbine betrieben.

Als Wassermotoren werden in erster Reihe Turbinen benutzt, sowohl mit senkrechter wie mit wagerechter Welle. Die letzteren werden für den Betrieb kleinerer Dynamos vorgezogen, weil man bei Benutzung der Turbinen die Welle des Motors mit der der Dynamomaschine unmittelbar gekuppelt zu haben wünscht, und die Dynamomaschinen, wenn nicht eigens für diesen Zweck konstruiert, eine wagerechte Welle haben.

Eine derartige Turbinenanlage zeigt unsere Fig. 210, die von der Maschinenfabrik „Eßlingen“ für das Stahlwerk in Terni, Italien, gebaut ist. Das Druckwasser, das in einer Höhe von 200 Meter den Turbinen zugeleitet wird und im Maschinenhause einen Druck von 18 Atmosphären hat, wird einer Anzahl kleiner Turbinen zugeführt, von denen eine jede zwei Dynamomaschinen treibt. Durch diese Anwendung mehrerer einzelner Turbinen ist man in der Lage, jeweils so viel Maschinen in Betrieb zu nehmen, als man gerade braucht.

Für sehr hohe Drücke eignet sich die Turbine weniger, und man wendet in solchen Fällen ein von Pelton konstruiertes Wasserrad an, welches in Fig. 211 abgebildet ist. Ein verhältnismäßig dünner, aber unter gewaltigem Druck aus der Röhre hervorschießender Strahl stößt gegen die Schaufeln des senkrecht laufenden Rades und setzt dieses in Bewegung. Die Schaufeln sind so konstruiert, daß sie dem bewegten Wasser des Strahles nahezu die gesamte Bewegungsenergie abnehmen, so daß die Ausnutzung der Betriebskraft bei dieser Vorrichtung eine sehr gute ist.

Die Dynamomaschinenanlage. Zahl und Größe der in einer Beleuchtungsanlage aufgestellten Dynamomaschinen richtet sich nach dem Umfange der Anlage und insbesondere

danach, wieviel Lampen höchstensfalls gleichzeitig brennen. Für kleinere Anlagen bis zweihundert und dreihundert Lampen genügt eine einzige Dynamomaschine, von welcher man dann allerdings abhängig ist; man muß damit zufrieden sein, daß, wenn ein Schaden die Maschine für einige Zeit unbrauchbar macht, die ganze Beleuchtungsanlage in Dunkelheit erstrahlt. In vielen Fällen soll aber eine solche Möglichkeit ausgeschlossen bleiben, und man ist dann genötigt, zum Rückhalt eine zweite Maschine aufzustellen. Vielfach verfährt man in solchen Fällen aber in der Art, daß man statt einer großen mehrere kleine Maschinen aufstellt und deren Zahl um einige Maschinen als Reserve vermehrt; man darf ja annehmen, daß nicht alle Maschinen gleichzeitig versagen und hat deshalb nur für einen teilweisen Rückhalt zu sorgen. Hat man nur einen einzigen Motor für alle diese Maschinen, so wird man wieder von diesem abhängig, und es entspricht also der gedachten Teilung der Stromerzeugungsvorrichtung auch eine Teilung der motorischen Anlage, also die Aufstellung mehrerer Betriebsmaschinen, sei es je eine für jede Dynamo, sei es daß man jeden Motor eine Gruppe von Dynamomaschinen treiben läßt. Wo im letzteren Falle die Dynamomaschinen nicht unmittelbar mit der Dampfmaschine gekuppelt worden sind

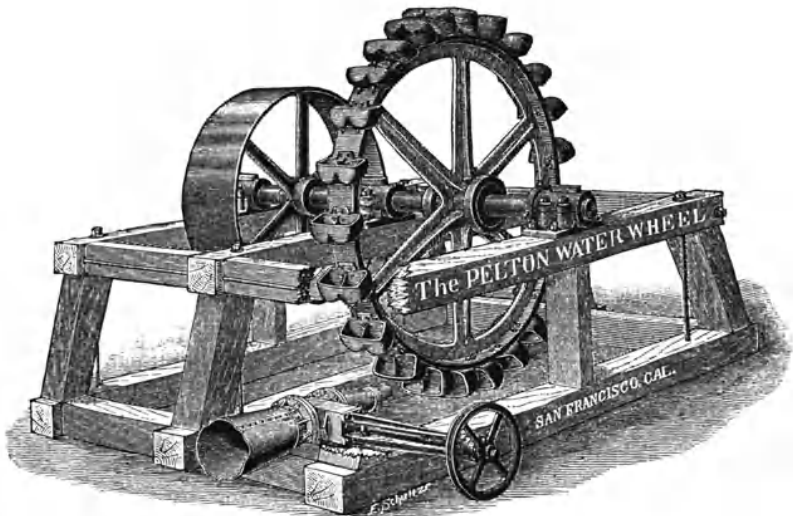


Fig. 211. Pelton-Wasserrad für hohe Gefälle.

— also zu jeder Seite der Dampfmaschine je eine Dynamo — wird man die Dynamos von einer für jede Gruppe gemeinsamen Welle eines Vorgeleges antreiben. In vereinzelt Fällen hat man auch, so z. B. in der Lichtanlage des Potsdamer Bahnhofes in Berlin, die Riemen übereinander auf das Schwungrad gelegt und treibt unmittelbar von letzterem mehrere Dynamomaschinen.

Der ziemlich erhebliche Zug des Riemens erfordert, daß die Dynamomaschine gut befestigt werde. Steht sie in einem oberen Stockwerk, so ist dafür Sorge zu tragen, daß die Decke, auf welcher sie befestigt, genügend widerstandsfähig ist. Im allgemeinen zieht man vor, sie in ein thunlichst tiefes Stockwerk, in einen Kellerraum zu bringen, in welchem sie auf einem eigens erbauten Fundament steht. Sie wird hierauf entweder unmittelbar oder mit Einschubung der früher erwähnten Gleitschienen befestigt. Früher legte man häufig zwischen Maschine und Fundament eine isolierende Zwischenschicht, um bei dem Entstehen eines Isolationsfehlers in der Maschine eine leitende Verbindung derselben mit der Erde zu verhindern. Heute vertraut man mehr der guten Ausführung der Maschine und zieht es vor, ihre Isolation bei der Herstellung zu sichern.

Die Beaufsichtigung der Maschine erheischt es, daß sie von allen Seiten zugänglich sei; sie muß also derart aufgestellt werden, daß um sie herum ein Gang frei bleibt, welcher den Zutritt zu allen Seiten gestattet. Aus diesem Grunde werden auch die stromabführenden

Drähte so gelegt, daß sie nicht im Wege sind, und mit Vorliebe zieht man die Leitung von den an der oberen Seite der Maschine angebrachten Klemmen senkrecht in die Höhe bis zur Decke und führt sie dicht unter derselben weiter.

Wo mehrere Maschinen in einer Anlage zur Verwendung kommen, kann jede ihren besonderen Stromkreis speisen oder man läßt sie auf eine für alle Lampen gemeinsame Leitung zusammenarbeiten.

Das erstere Verfahren eignet sich insbesondere für Bogenlichtanlagen, in denen je eine Gruppe Bogenlampen hintereinander in einen Stromkreis eingeschaltet wird. Man trägt aber Sorge, daß jede Maschine auf jeden Stromkreis arbeiten kann, und hierfür werden besondere Schaltapparate angebracht, welche die beliebige Verbindung der Stromkreise mit den Dynamomaschinen ermöglichen.

Will man mehrere Dynamomaschinen auf einen gemeinsamen Stromkreis arbeiten lassen, so ist zunächst dafür Sorge zu tragen, daß jede Maschine die normale Spannung hat. Wäre dies nicht der Fall, bliebe die Spannung einer Maschine unter dem normalen Grade, so würde sie, statt Strom in die Leitung zu schicken, solchen aus derselben aufnehmen. Der von den andern Maschinen erzeugte Strom flöÙe also statt durch die Lampen

zum Teil durch die unthätige Dynamomaschine. Es wird daher jede Maschine durch ihren Regulator zunächst auf die benötigte Spannung gebracht, bevor sie an den Hauptstromkreis angeschlossen wird. Aber auch dies genügt noch nicht, denn die Maschine kann auch bei richtiger Spannung noch unthätig bleiben, wenngleich sie dann keinen Strom fortnimmt. Es ist also notwendig, daß sie auch den auf sie entfallenden Stromanteil ausschickt, und man hat dementsprechend durch Beobachtung des für jede Maschine vorhandenen Strommessers (siehe weiter unten) die Leitung der Maschine mit Hilfe der Reguliervorrichtung so weit zu erhöhen, daß sie ihre zugewiesene Arbeit verrichtet.

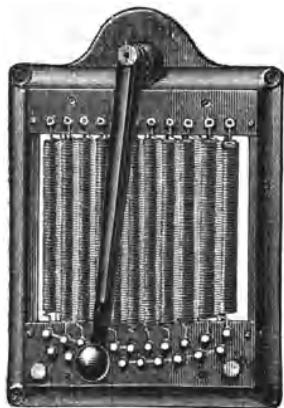


Fig. 212. Spannungregulator für Nebenschluß- und Verbundmaschinen.

Die Reguliervorrichtungen. Am einfachsten gestaltet sich diese Regulierung bei den Nebenschlußmaschinen, für welche der die Magnete erregende Strom durch einen eingeschalteten veränderlichen Widerstand (vergl. S. 84) geändert und dadurch die elektromotorische Kraft der Maschine entsprechend der verlangten Leistung vermehrt oder vermindert wird. Die-

selbe Regulierung wird auch bei den Verbund-Maschinen oder Gleichspannungsdynamos angewendet, welche einer, wenn auch beschränkten Nachhilfe zur Schaltung der normalen Spannung nicht entbehren können; es wird deswegen in die Nebenschlußwicklung der Elektromagnete (siehe S. 85) ein veränderlicher Widerstand eingeschaltet, und man bedient sich hierfür zumeist der in Fig. 212 abgebildeten Vorrichtung. Bei derselben geht der Strom durch den Hebel und das Kontaktstück, auf welches er eingestellt ist, und weiter dann durch die links vor dem betreffenden Kontaktstück liegenden Drahtspiralen, die er der Reihe nach durchfließt und am Ende der letzten Spirale verläßt. Verstellen wir den Hebel um ein Kontaktstück nach rechts, so wird eine weitere Spirale eingeschaltet, welche der Strom zu durchfließen hat, es wird also der Widerstand vermehrt. Auf diese Weise kann man von den vorhandenen Spiralen beliebig viele einschalten, dadurch den Widerstand des Nebenschlusses und somit auch den ihn durchfließenden Strom in seiner Stromstärke ändern.

Man hat versucht, diese Regulierung selbstthätig zu machen, und wir geben hier die Abbildung eines von Ganz & Co. konstruierten selbstthätigen Regulators (Fig. 213), der übrigens in ähnlicher Weise auch von andern Konstrukteuren gebaut worden ist. Bei diesem Regulator durchfließt der Strom zunächst sämtliche Spiralen, die hintereinander geschaltet sind. Von jedem unteren Verbindungspunkt zweier benachbarter Spiralen geht nun ein Draht nach unten und endigt in einer geraden Kontaktstange. Die Spitzen dieser Stange liegen nun in einer schrägen Linie, so daß also das Quecksilbergefäß, welches sich unter den Spitzen bewegt, beim Emporheben zunächst mit der am weitesten rechts liegenden

Spitze und bei weiterem Steigen mit einer zunehmenden Zahl Spitzen, die von rechts her aufeinander folgen, in Berührung kommt. Ist nun beispielsweise das Quecksilbergefäß so weit gehoben, daß es drei Spitzen berührt, so geht der Strom, dessen Eintrittsstelle mit der am weitesten rechts liegenden Spitze verbunden ist, nicht über die erste Spirale, weil er auf dem kürzeren Wege von der Eintrittsstelle durch das Quecksilber an die nächste Spitze, die mit dem Ende der ersten, dem Anfang der zweiten Spirale verbunden ist, gehen kann und wegen des geringeren Widerstandes zum weitaus größten Teile — mit einer erlaubten Ungenauigkeit sagen wir: ganz — den kürzeren Weg vorzieht. Er geht aber auch nicht durch die zweite Spirale, weil er ebenfalls von Ende zu Ende derselben den besseren Weg durch das Quecksilber findet, und erst mit der dritten Spirale muß er den Weg durch den Draht nehmen, weil die Kontaktspitzen der übrigen Spiralen nicht in das Quecksilber tauchen. Wir sehen daher sofort, daß durch die entsprechende Hebung des Quecksilbergefäßes eine beliebige Anzahl der Widerstandspiralen ausgeschaltet werden kann. Das Quecksilbergefäß verbindet man mit einer runden Eisenstange, welche von einer Drahtspule nach unten gezogen wird. Die Drahtspule wird nun mit den Klemmen der Dynamomaschine verbunden, und da die Stromstärke in ihren Windungen von der Spannung an den Klemmen abhängt, von ihrer Stromstärke aber weiter die Anziehung des Eisenernes, so wird der Eisenern um so tiefer gezogen werden, je größer die Spannung ist, wobei ein entsprechendes Gegengewicht der Wirkung der Spirale entgegen arbeitet. Je tiefer aber der Eisenern und das Quecksilbergefäß sinken, desto mehr Drahtspiralen d. h. Widerstand wird in die Nebenschlußleitung eingeschaltet, desto kleiner wird also die Stromstärke in der Nebenschlußbewicklung der Dynamomaschine, desto kleiner also ihre Spannung. Die Erhöhung der Spannung aus äußeren Ursachen führt also durch den selbstthätigen Regulator zu einer Verminderung derselben, wie auch der umgekehrte Fall zu einer entgegengesetzten Einwirkung auf die Maschine und ihre Spannung führen muß. Der Leser erkennt leicht, daß er in der vorstehenden Vorrichtung ein Analogon des bekannten Dampfmaschinenregulators hat.

In gleicher Weise läßt sich auch die Stromstärke regulieren und gegebenenfalls auf fester Höhe erhalten; wir verweisen auf das, was wir S. 85 gesagt haben. Alle diese Verfahren gründen sich darauf, daß man durch Änderung der Stromstärke in der Magnetbewicklung zunächst die magnetisierende Kraft der Magnete oder, was dasselbe, die Intenfität des magnetischen Feldes, und hierdurch die elektromotorische Kraft der Dynamomaschine und dadurch die Klemmenspannung ändert. Es ist dies Verfahren das verbreitetste, aber nicht das einzige; man hat noch andre Mittel. So kann man die Klemmenspannung auch dadurch ändern, daß man die Stellung der Bürsten auf dem Kollektor ändert, sie also auf demselben um einen Widel verschiebt. Die Regulierung

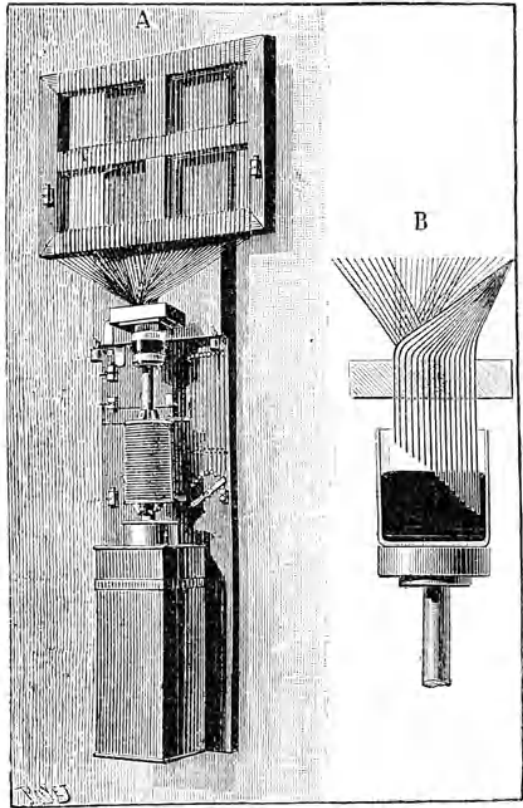


Fig. 213. Selbstthätiger Spannungsregulator von Ganz & Co.

und zwar mit Zuhilfenahme einer Bewegungsrichtung sehen wir an der in Fig. 78 abgebildeten Thomson-Houston-Maschine angewendet. Die an der linken Seite der Maschine angebrachte Spirale dient diesem Zweck der Verstellung der Bürsten, und zwar ist sie derart geschaltet, daß sie auf feste Stromstärke, wie sie die Hintereinanderschaltung der Bogenlampen verlangt, reguliert. Für unsere Gleichstrommaschinen empfiehlt sich diese Regulierungsart weniger, schon deshalb, weil sie zu Funkenbildung auf dem Kollektor Anlaß geben kann.

In anderer Weise läßt sich die elektromotorische Kraft der Dynamomaschine durch veränderte Umlaufzahl abändern, doch ist das Verfahren nur seltener in Anwendung gekommen. Man hat hierfür selbstthätige Dampfmaschinenregulatoren angewendet, welche durch den Strom bethätigt werden und den Dampfzufluß entsprechend der Zunahme der Stromstärke oder der Spannung verminderten, bei Abnahme vergrößerten.

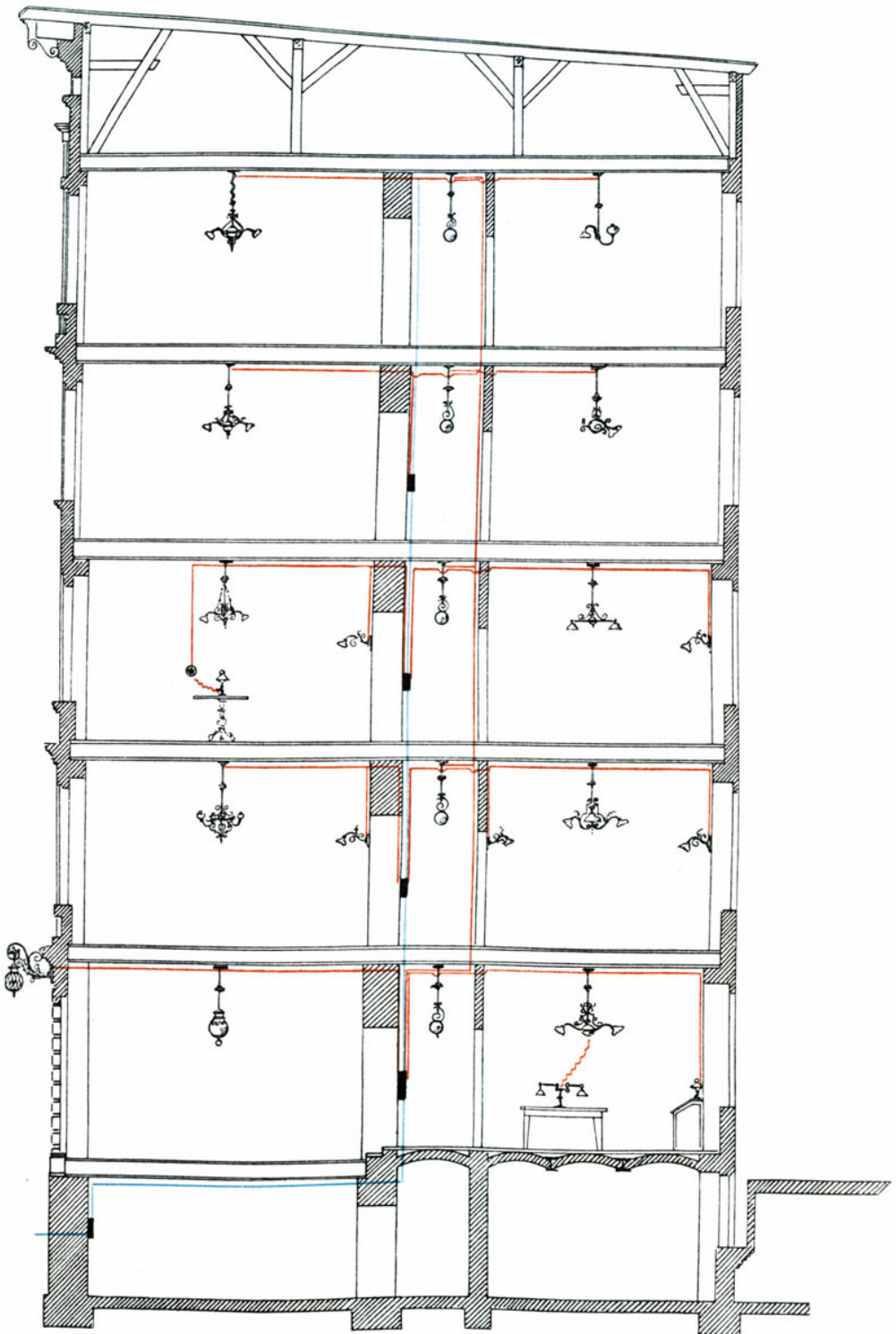
Endlich bleibt noch ein Mittel übrig, welches das einfachste und schlechteste ist, indem man nämlich den Widerstand des äußeren Stromkreises, dessen Änderung die Ursache der Schwankungen der Spannung und der Stromstärke ist, durch Zu- und Abschalten von Teilen eines in den Hauptstromkreis eingeschalteten Widerstandes ändert. Es ist dies das schlechteste Auskunftsmittel, weil der Zusatzwiderstand unnötig Energie verzehrt und in nutzlose Wärme verwandelt, und deshalb macht man heutzutage, wo wir bessere und weniger teure Regulierungsverfahren anzuwenden wissen, wohl kaum noch Gebrauch von diesem Verfahren, soweit es sich um längere Einschaltung des Regulierwiderstandes handelt, benutzt man es aber noch, um ein kurzdauerndes An- oder Abschwellen des Stromes zu erzielen, wie wir dies später bei den elektrischen Motoren und bei den galvanotechnischen Anlagen sehen werden.

Die Leitungsanlage.

Die Schaltung in der Leitungsanlage. Von der Dynamomaschine fließt der Strom von der Leitung zu den Lampen. Man kann nun denselben Strom durch alle Lampen führen, indem man dieselben in eine Leitung hintereinander schaltet oder man führt jeder Lampe ihren besondern Strom und gewinnt dann die Parallelschaltung. Wir wollen die letztere als die verbreitetste zuerst und eingehender behandeln.

Die Zuführung eines besondern Stromes zu jeder Lampe bedingt nicht, daß auch zu jeder Lampe eine besondere Leitung geführt werde, vielmehr lassen sich die Zuleitungen zu jeder Lampe in eine entsprechend dickere vereinigen, soweit sie ihr Weg längs einer gemeinsamen Strecke führt. Wir können diese Art Stromverteilung passend mit einer Bewässerungsanlage vergleichen, wo zunächst ein großer Kanal aus einem Flusse das gesamte Bewässerungswasser auf das zu bewässernde Gebiet führt; von ihm aus zweigen Kanäle zu den einzelnen Teilen ab und verzweigen sich auf diesen weiter, um immer kleiner werdenden Gebietsteilen die benötigte Wassermenge zuzuführen, bis endlich die letzten Ausläufer ihr Wasser über das zu wässernde Stück Land schicken. Ganz gleiche Verzweigungen, wo dem Ast der Zweig, dem Zweig das Reis, dem Reis der Stiel entspricht, finden wir auch bei Wasser- und Gasleitungsanlagen; wir wählen aber das obige Beispiel, weil es sich auch auf die Rückleitung des Stromes, die sich in aufsteigender Ordnung verzweigen muß, anwenden läßt. Das über das Land gelaufene Wasser wird in kleinen Rinnen gesammelt, diese vereinigen sich zu mehreren in einem größeren Wasserlaufe, diese wiederum zu Kanälen, und so läuft nachher die gesamte ablaufende Wassermenge in einem großen Sammelkanal zusammen, welcher das Wasser wiederum dem Flusse an einer tieferen Stelle zuführt.

Ganz gleiche Verhältnisse sehen wir, wo der elektrische Strom in einzelne Strömläufe geteilt werden soll, welche den einzelnen Lampen zufließen. Eine Hauptleitung führt zu den Stellen, an denen die ersten Hauptzweige abgehen. Von diesen Zweigen gehen weitere Zweigleitungen zweiter Ordnung in die betreffenden Räumlichkeiten. Von diesen geht die Verzweigung weiter, bis endlich der letzte Zweig kommt, der zur Lampe führt. Ein Schema hierfür bietet Fig. 214, in welcher die gestrichelten Linien die parallelen



Elektrische Beleuchtungsanlage in einem Hause.

— — — Hauptleitung. — — — Abzweigende Leitung.

Rückleitungen, die kleinen runden Kreise die Glühlampen andeuten. Um das Gesagte an einem bestimmten Falle zu erläutern, denken wir uns eine größere Fabrikanlage elektrisch beleuchtet. Der Strom der Maschine geht zunächst zu einer Tafel an der Wand des Maschinenraumes, auf welcher zwei Kupferschienen sitzen. An diese letzteren sind die Hin- und Rückleitungen für die einzelnen Gebäude angeschlossen. Die Hauptleitung, welche den gesamten Strom führt, ist also hier sehr kurz gehalten, denn die Verzweigung tritt schon nach wenigen Metern Weglänge ein. Die Leitungen, welche von den beiden Kupferschienen ausgehen, sind sehr verschieden stark. Die stärkste von ihnen speist die 100 Lampen im Tischlereigebäude, während die kleinste, die gar nicht aus der Maschinenstube heraustritt, den drei Lampen für den Maschinisten den Strom zuführt. Die Leitungen für die Fabrikgebäude, für die Büreaus, Kontors und für das Wohnhaus gehen gleich beim Austritt aus dem Maschinenhause auseinander und eilen den zerstreut gelegenen Gebäulichkeiten zu. Wir verfolgen die Leitung, welche nach dem Vorderhause führt, wo Büreaus und Kontors gelegen sind. Sie tritt beim Portier ein, und hier zweigt sich sofort eine Leitung für die zwei Bogenlampen an der Einfahrt, wie auch eine kleine für die Lampe der Portierstube ab; vom Pförtner aus führt nun die Leitung in dem anliegenden Treppenhause bis zum dritten Stockwerk, und in jedem Geschoß gehen Leitungen seitwärts in die Korridore ab. Von diesen Korridorleitungen gehen bei jedem Zimmer Zweigleitungen in die Zimmer und außerdem solche für die Korridorlampen ab. Wir gehen der Leitung nach, die zum Zimmer des Besitzers führt. Sie geht zu einer Krone, die in der Mitte des Zimmers hängt, und tritt in dieselbe ein, um sich an der Stelle, wo die Lampenarme auseinander gehen, in die einzelnen Stränge für jede Lampe zu verästeln und damit hat sie ihr Ziel erreicht. Vorher waren an der Stelle des Eintritts ins Zimmer je ein Zweig nach rechts und nach links abgezweigt, von denen der eine zur Lampe auf dem Schreibtisch, der andre zu zwei Wandarmen führte. Unsr Taf. II mag dem Leser ein Bild von einer solchen Hausleitungsanlage geben.

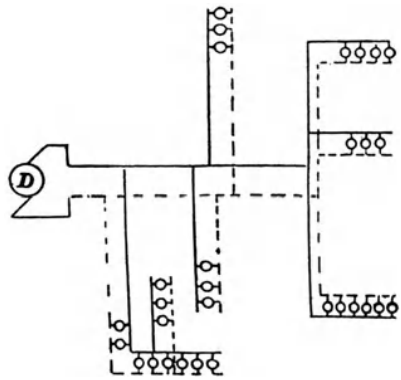


Fig. 214. Verteilung des Stromes.

Entsprechend der Stromteilung werden die Äste immer dünner werden, denn die Stärke des Drahtes wird von der Stärke des überführten Stromes, außerdem aber auch von der Weglänge abhängen, was gleich erläutert werden soll. So waren die von der Maschine abführenden Leitungen Kabel von mehr als Daumendicke. Zur Tischlerei ging ein recht ansehnlicher fingerdicker Strang. Etwas schwächer war die Leitung zum Vorderhause, denn sie hat nur 50 Lampen zu speisen. Sie hätte auf ihrem Wege im Treppenhause von Stockwerk zu Stockwerk dünner werden können, da ja in jedem Geschoß ein Teil des von ihr geleiteten Stromes abging. Man hat sie aber, um Flickereien zu vermeiden, in ihrer anfänglichen Stärke bis nach oben gezogen. Die aus den Korridorleitungen abgehenden Zweige sind je nach dem Umfang der zu speisenden Lampengruppen verschieden stark, und wir sehen sie schließlich in Ästchen von etwa 2—3 Millimeter, die isolierende Hülle eingerechnet, auslaufen, die zu den einzelnen Lampen führen.

Wir sagten, daß die Stärke der Leitung von der Stromstärke abhängen wird. Da nämlich der Strom die Leitung erwärmt, muß sie so bemessen sein, daß diese Erwärmung keinen gefährdenden Grad erreicht. Wie sie für diesen Zweck zu bemessen ist, dafür haben die Elektrotechniker einfache Regeln, die ihnen für jede Stromstärke leicht den kleinsten zulässigen Querschnitt angeben. Allein der Querschnitt ist noch nach einem andern Gesichtspunkt zu bemessen. Der Energieverlust in den Leitungen bedingt es, daß die Spannung zwischen zwei nebeneinander liegenden Stellen der Hin- und Rückleitung von der Dynamomaschine ab sinkt, und dies um so mehr, je größer der Verlust ist; derselbe hängt aber von der Stromstärke und dem Widerstand der Leitung von der Dynamo

bis zu der betreffenden Stelle ab. Nun verlangt aber die Glühlampe eine gewisse feste Spannung, für welche sie normiert ist. Würden wir für jede Glühlampe gleicher Größe denselben Leitungsquerschnitt anwenden, so würde eine Lampe dicht an der Maschine heller brennen als die oft mehrere hundert Meter entfernte Lampe, die am weitesten von der Dynamo hängt; jene würde vielleicht zu hell, diese zu dunkel brennen. Der Elektrotechniker muß also den Widerstand der Leitungen so bemessen, daß der Spannungsabfall für alle Lampen thunlichst der gleiche wird, dann werden auch alle gleich hell leuchten. Es muß also der Querschnitt der Leitungen, welcher zusammen mit der Länge den Widerstand bedingt, wenn wir den Einfluß des Materiales der Leitung hier unberücksichtigt lassen, so bemessen werden, daß jener gleichmäßige Spannungsabfall erzielt wird. Es geschieht dies auf dem Wege einer einfachen Berechnung, die wir hier nicht erläutern wollen.

Der projektierende Ingenieur wird hierbei einen für alle Leitungen gleichen Spannungsabfall annehmen, der dem anzusehenden Verlust in den Leitungen entspricht. Wählt er einen größeren Verlust, so kann er dünnere Leitungen anwenden als bei kleinem Verlust und die Leitungsanlage kostet in der Herstellung weniger, im Betriebe aber entsprechend mehr. Für kleinere Anlagen wird man den Verlust thunlichst klein halten, da der Mehraufwand für stärkere Leitungen hier nicht so sehr in Frage kommt. Anders ist es bei den großen Elektrizitätswerken, welche sich die Frage, wie die Herstellungskosten gegen die Betriebskosten abzugrenzen sind, genau kalkulieren müssen, denn hier steht den Betriebskosten die Amortisation und Verzinsung gegenüber.



Fig. 215. Reihenschaltung von Lampen.

Einfacher und billiger als ein Leitungsnetz mit Parallelschaltung ist die Reihenschaltung der Lampen, bei welcher sie hintereinander in eine durchgehende Leitung eingeschaltet werden. Diese Schaltung (vgl. Fig. 215) ist mit einem Wasserlauf zu vergleichen, der mehrere hintereinander stehende Mühlen treibt. Hier fließt also das gesamte Wasser über jedes Rad

hin, es findet keine Verzweigung und besondere Zuführung zu jeder Mühle statt; an jedem Rade wird der ganze Strom und ein entsprechender Teil des Gesamtgefälles ausgenutzt, und so ist es auch bei unsern hintereinander geschalteten Lampen, von denen jede denselben Strom mit den andern Lampen erhält, von dem Gesamtgefälle, der Gesamtspannung aber einen gewissen Teil für sich nimmt. Reihenschaltung bedeutet also Teilung der Spannung, Parallelschaltung Teilung des Stromes; unsere beiden beistehenden Bildchen (Fig. 216 A und B) mögen diesen Unterschied an einem Wassergefälle, welches drei Mühlräder treibt, erläutern.

So können wir beispielsweise 10 Nagenlampen, von denen jede 45 Volt Spannung und 10 Ampère Stromstärke benötigt, entweder parallel oder hintereinander schalten. Im ersteren Falle hätten wir eine Dynamomaschine von 45 Volt Klemmenspannung — den Spannungsverlust in der Zuleitung, den wir noch zuzurechnen hätten, lassen wir der Einfachheit wegen außer acht — und $10 \times 10 = 100$ Ampère Stromstärke anzuwenden und würden von ihren Klemmen bzw. von den Hauptleitungen 10 Zuleitungen mit je 10 Ampère abzweigen. Im zweiten Falle durchfließt derselbe Strom alle Lampen, die Dynamo braucht also nur 10 Ampère zu erzeugen, allein sie muß 450 Volt Spannung haben, die sich in 10 Abschnitten auf jede Lampe verteilen.

Die Reihenschaltung ermöglicht, wie leicht zu erkennen, eine erhebliche Ersparnis an Draht; denken wir uns beispielsweise unsere 10 Lampen in einem Saale, der 200 Meter von der Dynamomaschine entfernt ist, aufgestellt, so benötigen wir bei Reihenschaltung nur einer Hin- und Rückleitung von je 200 Metern, bei der Parallelschaltung deren zehn, von denen jede so stark sein muß, wie die einzige der Reihenschaltung, oder da diese 10 Leitungen auf dem gemeinsamen Wege in eine zusammen gelegt werden können, eine Leitung von zehnfachem Querschnitt auf der gemeinsamen Strecke. „Ja, wenn dies der Fall ist“, fragt der Leser, „warum wendet man denn überhaupt die Parallelschaltung an, deren Leitungsanlage doch viel teurer ist?“

Der Grund ist leicht erklärt. Wenn wir beispielsweise nur 10 Glühlampen zu je 100 Volt hintereinander erhalten wollten, kämen wir schon auf 1000 Volt Spannung, bei 100 Lampen auf 10 000 Volt, und wenn ein Schlag mit der ersteren Spannung noch nicht tötet, die letztere genügt sicher. Es leuchtet daher sofort ein, daß die Reihenschaltung nicht so ohne weiteres angewendet werden kann. Aber abgesehen von der Sicherheit, bleibt bei der Parallelschaltung auch die größere Unabhängigkeit der einzelnen Lampen voneinander als Vorzug bestehen. Bei der Reihenschaltung wird eine Unterbrechung an einer Stelle des Stromkreises alle Lampen zum Verlöschen bringen, bei der Parallelschaltung nur diejenigen, welche in dem betreffenden Zweige liegen.



Fig. 216 A. Reihenschaltung

dreier Mühlenräder zur Erläuterung der elektrischen Schaltungsarten.



Fig. 216 B. Parallelschaltung

Wir sehen also, daß die Parallelschaltung mit Notwendigkeit zur Anwendung kommen muß, wenn es sich um die Speisung vieler Lampen von einer Zentralstelle aus handelt. Dagegen wird man die Reihenschaltung in solchen Fällen anwenden, wo eine beschränkte Anzahl Lampen, die von der Stromerzeugungsstätte entfernt stehen, zu speisen sind und der nötige Schutz gegen Berührung der Hochspannungsleitung gewährt werden kann. Für Glühlampen ist die Reihenschaltung nur ausnahmsweise in Anwendung gekommen, dagegen ist sie vielfach für Bogenlampen benutzt worden. In Deutschland ist man bei dieser Verwendung in viel engeren Grenzen geblieben wie in Amerika. Während wir im allgemeinen kaum über 15 Lampen, die eine Gesamtspannung von etwa 800 Volt bedingen, hinausgegangen sind und Leitung wie Lampen der Berührung und Einwirkung seitens Unkundiger entzogen haben, hat man in Amerika bis zu 60 Lampen, welche zusammen nahezu 3000 Volt ausmachen, in einen Stromkreis eingeschaltet, ist auch nicht davor zurückgeschreckt, solche Lampen in Läden, Büreaux u. anzubringen, um Leitungen zu ersparen. Da nun die Amerikaner, deren Verdienst um die Entwicklung der Elektrotechnik nicht verkannt werden soll, in bezug auf Sorgsamkeit in den Anlagen just nicht als Muster hingestellt werden können, so kann man sich nicht wundern, daß drüben die Zahl der Menschen, die durch die Berührung der Hochspannungsleitungen um ihr Leben gekommen sind, erheblich größer ist als in der Alten Welt.

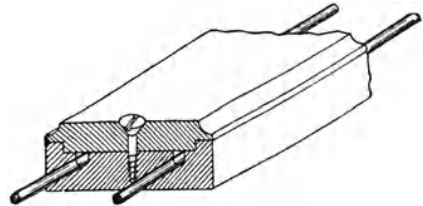


Fig. 217. Nuttiefse für die Leitungsführung.

Die Leitungen und ihre Verlegung. Die Wahl des Leitungsmateriales wird in erster Reihe durch den Querschnitt bestimmt, den man jedem Leitungszweig zu geben hat. Es wird nun weiter von den örtlichen Verhältnissen abhängen, ob die Leitung frei durch die Luft geführt werden muß, oder ob man sie an den Mauern befestigen kann. In

Einzelanlagen spielt die letztere Befestigungsart die Hauptrolle, und wir betrachten zunächst die Ausführung derartiger Leitungsanlagen.

Hier kommt als wesentlicher Punkt die Art der Isolation in Betracht, welche in den verschiedenen Fällen anzuwenden ist. In der Hauptsache haben wir drei solcher Fälle aufzustellen, welche durch die An- oder Abwesenheit von Wasser bestimmt werden. Wir werden daher Leitungen für trockene, für feuchte und für nasse Räumlichkeiten unterscheiden. In trockenen Räumen genügt eine gut isolierende Hülle für den Draht, welche nicht wasser-

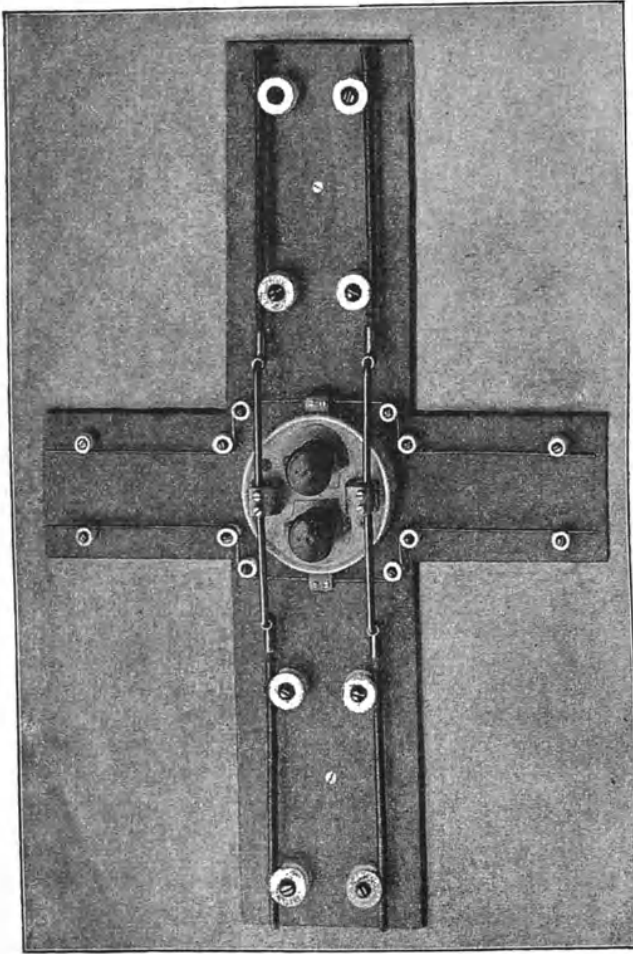


Fig. 218. Befestigung der Leitungen an Porzellanrollen.

dicht zu sein braucht. Es wird deswegen zumeist eine gut und mehrfach umspinnene Leitung, die zur weiteren Sicherung noch eine innere oder äußere Bandbewicklung hat, angewendet. Um die Umhüllung gegen die Wirkung einer etwaigen Erwärmung des Drahtes zu sichern, erhält die Isolierung häufig eine Tränkung, welche sie unentzündbar macht.

Es handelt sich nun aber darum, den längs den Mauern gezogenen Leitungen einen Schutz gegen äußere Einwirkungen zu geben, und für diesen Zweck legt man sie mit Vorliebe in sogenannte Nut- oder Drahtleisten, schmale Holzleisten (Fig. 217), welche zwei parallele Nuten enthalten. Diese Nuten nehmen den isolierten Draht auf und bedecken ihn nach außen durch die Deckleiste, welche mit Holzschrauben am Unterteil befestigt wird. Zur Befestigung der Leisten an der Mauer werden in die letztere Holzstücke, Dübel, eingesetzt und die Leisten mit Schrauben darauf befestigt. Solche Holzleisten, welche sich mit Tapeten, Borten u. leicht verdecken lassen, geben dem Draht eine gesicherte Lage, allein sie haben auch den Nachteil, daß sie bei etwaigen Fehlern in der Leitung den Zündwirkungen des Stromes Nahrung geben und bei etwaigem Feuchtwerden der Leitung die Beeinträchtigung der Isolation unterstützen. Wo also die Verhältnisse es erlauben, verdeckt man den isolierten Draht nicht, sondern befestigt ihn derart an Porzellanknöpfen längs der Mauer, daß er etwa ein Zentimeter davon entfernt bleibt (Fig. 218), oder man legt ihn zwischen Holzklammern, wie sie Fig. 219 darstellt; statt Holz wendet man neuerdings auch Porzellan als Material für diese Klammern an.

In feuchten Räumen befestigt man die Leitungen in ähnlicher Weise wie im vorigen Falle, nur benutzt man eine Leitung, die namentlich gegen Feuchtigkeit gut geschützt ist,

dicht zu sein braucht. Es wird deswegen zumeist eine gut und mehrfach umspinnene Leitung, die zur weiteren Sicherung noch eine innere oder äußere Bandbewicklung hat, angewendet. Um die Umhüllung gegen die Wirkung einer etwaigen Erwärmung des Drahtes zu sichern, erhält die Isolierung häufig eine Tränkung, welche sie unentzündbar macht.

Es handelt sich nun aber darum, den längs den Mauern gezogenen Leitungen einen Schutz gegen äußere Einwirkungen zu geben, und für diesen Zweck legt man sie mit Vorliebe in sogenannte Nut- oder Drahtleisten, schmale Holzleisten (Fig. 217), welche zwei parallele Nuten enthalten. Diese Nuten nehmen den isolierten Draht auf und bedecken ihn nach außen durch die Deckleiste, welche mit Holzschrauben am Unterteil befestigt wird. Zur Befestigung der Leisten an der Mauer werden in die letztere Holzstücke, Dübel, eingesetzt und die Leisten mit Schrauben darauf befestigt. Solche Holzleisten,

Guttaperchaleitungen oder Bleifabel. Als ein hierher gehöriger Fall ist auch die Durchführung einer Leitung durch eine Mauer zu betrachten; da fast jede Mauer mehr oder weniger Feuchtigkeit enthält, auf alle Fälle nach dieser Richtung hin verdächtig werden muß, so hat man dem durchgeführten Stück einen besonderen Schutz zu geben. Ein wasserdichtes Stück Leitung in den Strang einzufügen, wäre umständlich, man setzt deswegen in die Mauer ein Glas-, Porzellan- oder Hartgummirohr ein und zieht die Leitung durch diesen Schutzkanal.

Manche Hausbesitzer verlangen, daß die Leitung in den Fuß verlegt wird, nebenbei gesagt, ein wenig kluges Verlangen, denn tritt ein Fehler in der Leitung auf, wogegen es keine Gewähr gibt, so muß entweder der Fuß aufgerissen oder schließlich doch eine Leitung auf die Tapete zc. gelegt werden. Solche Leitungen im Fuß verlangen naturgemäß eine sehr gute Isolation, da andernfalls die Feuchtigkeit des frischen Fußes die Hülle zerstören und zum Draht bringen würde. Für die Verlegung solcher Leitungen wird in dem noch nassen Fuß eine Rinne gezogen, welche später nach bewirkter Einlegung des Drahtes mit Fußmasse, Gips zc. verschmiert wird.

Um die Verlegung in das Mauerwerk, welches den Vorteil hat, die keineswegs schöne Leitung dem Auge zu entziehen, mit einer zuverlässigen Sicherung der Leitung zu vereinigen, hat die Firma Bergmann & Co. in New York und Berlin ein Verfahren erfunden, welches nach mancher Seite hin Beachtung verdient. Bei demselben werden in den Fuß oder Mauerwerk fortlaufende Röhrenstränge aus einer festen Papiermasse gelegt, welche durch besondere Vorrichtungen an den Stellen der Vereinigung zweier Röhren zuverlässig abgedichtet werden. Nach Fertigstellung dieser Röhrenanlage, die mit einer Gasrohrleitung Ähnlichkeit hat, werden die Leitungen in die Röhren eingezogen und liegen nun sicher gegen Feuchtigkeit und mechanische Einwirkungen verdeckt.

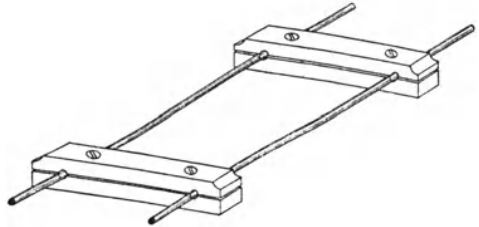


Fig. 219. Befestigung der Leitungen in Holzklammern.

Handelt es sich um geradezu nasse Räume, in denen Wasser an den Wänden herabrieselt oder tropft — als Beispiel seien Kellereien genannt — so bleibt als einfachstes Auskunftsmitglied die Verwendung nackter oder nur zum Schutz gegen Berührung schwach bedeckter Leitungen, welche als Luftleitungen auf Porzellanisolatoren geführt werden, übrig. Andernfalls hat man Kabel, wie sie für unterirdische und Unterseeleitungen angewendet werden, zu benutzen, was erheblich teurer zu stehen kommen würde.

Hierher gehören auch die unterirdischen Leitungen, für welche wir die größeren Anlagen später bei den Elektrizitätswerken zu beschreiben haben. Für ihre Verlegung in den Erdboden wird ein schmaler Graben von 60 bis 80 Zentimeter Tiefe aufgeworfen und die beiden Kabel für Hin- und Rückleitung, oder wenn beide Leitungen, wie in den konzentrischen Kabeln, vereinigt sind, die einzige Leitung auf die Sohle des Grabens gelegt. Um bei späterem Aufgraben das Kabel nicht zu beschädigen, bedeckt man es auf der ganzen Strecke hin mit Ziegelsteinen. Bei manchen Anlagen legt man in den Graben einen fortlaufenden Strang eiserner Röhren und zieht die Kabel später von einem Endpunkte aus ein; dies bietet den Vorteil, daß bei dem Auftreten von Fehlern das fehlerhafte Kabel leicht heraus- und nach Beseitigung des Fehlers wieder eingezogen werden kann, man auch in der Lage ist, weitere Kabel einzuziehen zu können, wenn die Weite des Rohres es erlaubt. Wir werden später sehen, daß dieses Verfahren in ausgedehntem Maße sowohl bei Anlagen für elektrische Beleuchtung wie auch bei solchen für Telegraphen- und Telephonleitungen zur Verwendung gekommen ist.

Die Schaltvorrichtungen. Wir müssen es in der Hand haben, dem Strom den Weg beliebig öffnen oder verschließen zu können. Nun wollen wir vorerst bemerken, daß der Elektriker die beiden Bezeichnungen „Öffnen“ und „Schließen“ im umgekehrten Sinne braucht. Wird nämlich der Stromkreis geschlossen, so kann der Strom durch den

vollständig gemachten Kreis zirkulieren; öffnet man den Stromkreis, so ist der Kreisweg und damit der Stromkreis unterbrochen. Den Stromkreis schließen heißt also dem Strom den Weg eröffnen, und umgekehrt bedeutet „den Stromkreis öffnen“ einen Verschuß des Weges. Die vom Elektriker benutzten Bezeichnungen „Öffnen“ und „Schließen“ beziehen sich also auf den Kreis, nicht auf den Weg; daher die den Anfänger manchmal verwirrende Gegenfälligkeit der Bezeichnungen. Statt „(den Stromkreis) öffnen“, werden wir vorziehen zu sagen: „den Stromkreis oder Stromweg unterbrechen“.

Wir bedürfen nun, wie gesagt, Vorrichtungen, welche es uns ermöglichen, den Strom über irgend einen Weg gehen zu lassen oder ihm diesen Weg zu versperren, und hierfür genügt es, wenn wir den Strom an einer Stelle über eine Art Brücke führen, welche wir nach Belieben aufziehen oder niederlassen können. Solche Vorrichtungen begreift man unter dem Sammelnamen: Schaltvorrichtungen, weil sie das „Ein- und Ausschalten“ des Stromes, d. h. seine Zulassung auf einen Stromweg oder die Versperrung desselben gestatten. Soll dem Strom statt eines bisher begangenen Weges ein anderer gegeben werden, so wird ihm durch einen „Umschalter“ der erste Weg versperrt und der neue geöffnet.



Fig. 220. Einfachste Schaltvorrichtung.

Im Prinzip bestehen solche Schaltvorrichtungen darin, daß an einer Stelle des Stromweges nach Belieben ein leitendes oder isolierendes Stück eingefügt werden kann, so daß im letzteren Falle der Strom die ungangbare Strecke nicht überspringen kann. Die primitivste Vorrichtung dieser Art zeigt unsere Fig. 220. Die Leitung ist auf ein kurzes Stück unterbrochen, und auf die beiden Enden sind zwei kleine Metallnapfchen gesetzt, die mit etwas Quecksilber angefüllt sind. Ein Drahtbügel kann mit seinen umgebogenen Enden in beide Napfchen eingefügt werden, und dann geht der Strom von dem einen Leitungsende durch das metallene Napfchen und das leitende Quecksilber zum Bügel und weiter zum andern Drahtende. Wird der Bügel herausgehoben, so liegt zwischen den beiden Drahtenden eine Luftschicht, die der Strom nicht überbrücken kann, wenn nicht seine Spannung so hoch ist, daß er in Funken oder in einem Flammenbogen übergeht. Der erstere Fall kann für uns als ausgeschlossen betrachtet werden, da er eine außerordentliche Spannung voraussetzen würde, bei welcher man Unterbrechungsvorrichtungen kaum anwenden könnte

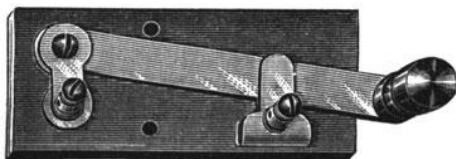


Fig. 221. Scheltauschalter.

und mit anderen Hilfsmitteln zum Ziele kommt. Die Entstehung des Flammenbogens, wie er ja schon bei niederer Spannung zustandekommen kann, verhindern wir wirksamst dadurch, daß wir die Entfernung beider Drahtenden genügend groß machen. Die Verwendung von Quecksilber in elektrischen Anlagen würde nicht thunlich sein, und wir können sie auch leicht entbehren, da das Quecksilber nur dazu dient, die leitende Berührung zwischen Draht und Bügel zu vermitteln. Wir erreichen aber denselben Zweck, wenn wir dafür sorgen, daß die in leitende Berührung zu bringenden Teile metallisch blank sind. Unter diesen Umständen könnten wir die Brücke, d. h. den Bügel, einfach auf die Drahtenden legen und erzielen auch damit eine Schaltvorrichtung. Es würde aber in diesem Falle der Druck zwischen den sich berührenden Flächen und damit die leitende Berührung nicht genügend sein, und außerdem ziehen wir es vor, das Brückenstück in dauernder Verbindung mit dem einen Drahtende zu lassen, damit es stets bequem zur Hand ist. So ändern wir unsere Vorrichtung dahin ab, daß wir das Brückenstück mit seinem einen Ende in drehbare Verbindung mit dem einen Drahtende (Fig. 221) bringen, so daß es mit Hilfe eines Knopfes an das andre Ende bewegt oder von ihm entfernt werden kann. Wir tragen dabei Sorge, daß es bei der Berührung mit dem freien Ende auf einem Kontaktplättchen schleift, wodurch die Berührungsflächen stets blank gehalten werden. Eine gleiche Schleifwirkung wird auch im Gelenk stattfinden, so daß bei dieser einfachen Vorrichtung stets für guten Kontakt gesorgt ist.

Statt des einfachen Hebels können wir einen doppelarmigen anbringen, der mit seinen beiden Enden in Berührung mit den beiden zu verbindenden Drahtenden kommt. Wir gewinnen dabei eine symmetrische Anordnung, welche vorteilhaft für die Konstruktion ist.

Einen Ausschalter mit dieser Anordnung zeigt unsere Fig. 222. Die beiden Hebelarme stehen in einem Winkel zu einander, was keine prinzipielle Abänderung bedeutet. Zur Bewegung des Kontakthebels dient der zu einer flachen Platte gestaltete Griff. Die dritte Kontaktplatte, die mit den zwei Schrauben, welche wir auf der Grundplatte befestigt erblicken, dient einem nebensächlichen Zwecke.

Wir haben aber bei solchen Umschaltern noch auf einen Punkt Rücksicht zu nehmen. Es ist dafür Sorge zu tragen, daß die Enden des Hebels, wenn sie von den Kontaktplatten getrennt sein sollen, auch möglichst weit und nicht in geringer Entfernung davon stehen bleiben, daß ebenso auch, wenn Berührung erzielt werden soll, die Enden ganz auf die Platten gehen und sie nicht etwa nur an einer einzelnen Stelle berühren. Andernfalls könnte bei zu geringer Entfernung ein Flammenbogen oder bei ungenügender Berührung eine Erhitzung der Berührungsstelle entstehen. Um dies zu verhindern, gibt man dem Ausschalter eine kleine mechanische Hilfseinrichtung, welche den Hebel nicht in einer Zwischenstellung stehen läßt, ihn also zum vollen Kontakt oder zur weitesten Unterbrechung zwingt. Derartige Einrichtungen lassen sich in verschiedener Weise erzielen; wir wollen hier nur ein Prinzip derselben wiedergeben, welches die Wirkungsweise dieser Vorrichtung erkennen



Fig. 222 a.
Ausschalter mit doppeltem Kontakt.



Fig. 222 b.
Äußere Ansicht des Schalters.

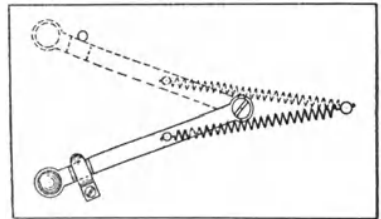


Fig. 223.
Prinzip des Schnappschalters.

läßt. An unserm einfachen Hebelausschalter von Fig. 221 wird eine Zugfeder derart befestigt, daß sie den Hebel in die weiteste Unterbrechungsstelle zieht. Überschreitet der Hebel aber einen gewissen Punkt seiner Bewegung zum Kontakt, so zieht ihn die Feder zum Kontakt hin. Fig. 223 wird diese einfachen Verhältnisse leicht erkennen lassen. Der Hebel wird dann stets in die eine oder andre Stellung gehen, und wenn etwa eine sorglose Hand den Umschalter nicht genügend weit gedreht hat, so bleibt darum der Hebel doch nicht in einer Zwischenstellung, weil er durch die Wirkung der Feder entweder zurück oder vorwärts schnappt, je nachdem der kritische Punkt überschritten ist oder nicht. Es wird also entweder vollkommene Ein- oder Ausschaltung erfolgen, und die manipulierende Person wird dadurch gezwungen, den Schalter richtig zu stellen.

Von wesentlicher Bedeutung bei einem Ausschalter ist die genügende Bemessung der Berührungsfläche, welche der Stärke des durchgeleiteten Stromes entsprechen muß, und der sichere Kontakt zwischen beiden Flächen. Man wird daher, was den letzteren Punkt angeht, dafür sorgen müssen, daß die Flächen unter federndem Druck aufeinander liegen. Man kann dies dadurch erreichen, daß man den Kontakthebel aus einzelnen federnden Blättern zusammensetzt, von denen jedes einzelne auf die Kontaktplatte drückt; man erreicht hierdurch, daß sich das Ende des Hebels gut anschmiegt und so die Berührung auf breiter Fläche sichert. (Vergl. Fig. 224.)

In anderer Weise wird eine breite Kontaktfläche mit Sicherung des guten Schlusses und der blank machenden Reibung bei solchen Ausschaltern erzielt, welche wir als Schalter mit Schneide und Scheide bezeichnen wollen. Bei diesen Ausschaltern wird eine messerartige Platte zwischen zwei federnde Blätter geschoben. Dieser Kontakt wird bei Ausschaltern von allen Größen angewendet, und empfiehlt sich besonders bei Ausschaltern für

starke Ströme. Man hat zu berücksichtigen, daß jetzt Ausschalter für 2000 und mehr Ampère angewendet werden müssen, eine Stromstärke, die genügt, um bei ungenügendem Kontakt den ganzen Schalter in wenigen Minuten fortbrennen zu lassen. In Fig. 225 geben wir einen solchen Ausschalter von August Hopfer in Leipzig.

Es bleibt noch eine besondere Klasse von Ausschaltern zu erwähnen, welche nicht so sehr durch ihre Konstruktion als durch ihre Anbringung eine Sonderstellung einnehmen, nämlich die Ausschalter an den Fassungen der Glühlampen. Das Publikum ist durch die Gasbeleuchtung daran gewöhnt, die Ausschaltvorrichtung gleich hinter der Flamme zu

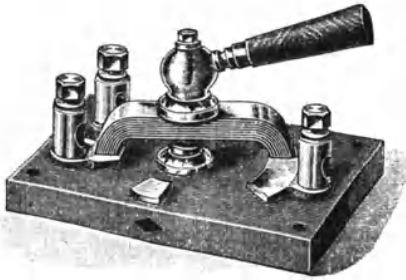


Fig. 224. Federnde Blätterficht für den Kontakthebel.

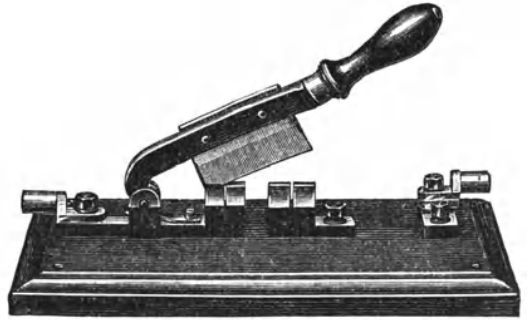


Fig. 225. Scheide und Schneide als Kontakt an Ausschaltern.

finden, und in Nachahmung des Gasbrenners hat man eine äußerlich ähnliche Vorrichtung an den Glühlampen angebracht, indem man die Fassung selbst mit einem Ausschalter versehen hat. Diese Fahnfassungen gewähren überdies den Vorteil, daß man jede einzelne Lampe nach Belieben zum Leuchten oder Verlöschen bringen kann, ohne daß es hierfür nötig wäre, längere besondere Zuleitungen zu jeder Lampe von einem Umschalter zu führen. Unsere Abbildungen Fig. 226 a und 226 b geben eine Außenansicht einer solchen Fahnfassung und eine Ansicht der Konstruktion zweier solcher Fassungs-ausschalter, welche übrigens sehr verschiedene Formen aufweist. Unsere Konstruktionszeichnung soll nur zeigen, wie man die Schaltvorrichtung in dem engbegrenzten Raume untergebracht hat.

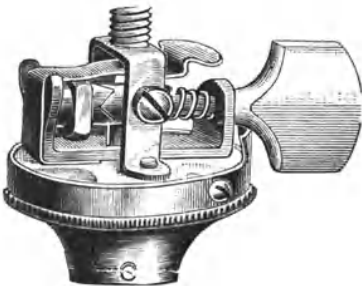


Fig. 226 a. Ausschalter für Glühlampenfassung.

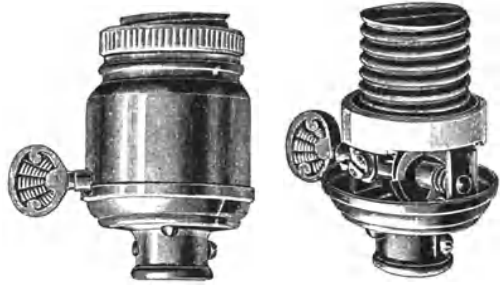


Fig. 226 b. Fassung mit Ausschalter; sog. Fahnfassung.

Nicht unwesentlich ist das Material der Grundplatte, welche früher aus Holz z. hergestellt wurde, bis böse Erfahrungen lehrten, daß man dem Strom jede Gelegenheit nehmen muß, um Zündwirkungen hervorzurufen. Man benutzt deswegen jetzt feuerfeste Materialien, Porzellan, Schiefer und ähnliches.

Zur sicheren Verdeckung des Schalters wird derselbe mit einer Kapfel aus Metall, zuweilen auch aus dem Material der Grundplatte verdeckt und gewinnt dann die Form, welche Fig. 227 zeigt.

Die größeren Ausschalter in den Maschinenräumen bleiben, wenn es sich nicht um gefährliche Spannungen handelt, unbedeckt. Außerhalb der Maschinenräume bringt man sie in verschließbaren Gehäusen an.

Die Anbringung der Schalter erfolgt in bewohnten Räumlichkeiten an passend und bequem erreichbarer Stelle. In vielen Fällen werden sie in unmittelbarer Nähe der Thür angebracht, so daß man beim Eintritt ins dunkle Zimmer dasselbe sofort erhellen kann.

Zuweilen wünscht man, daß die Schaltung selbstthätig erfolgt. So hat z. B. die Berliner Firma S. A. Tolzmann & Co. einen selbstthätigen Schalter für Aborte und andre Räumlichkeiten konstruirt, welcher die Lampe einschaltet, wenn die Thür durch die eintretende Person geöffnet wird, und sie ausschaltet, wenn die Person den Ort wieder verläßt; allerdings darf keine zweite Person in den Raum eintreten, während die erstere sich noch darin befindet, weil das zweite Öffnen und Schließen der Thür die Glühlampe ausschalten würde, und es würde dann der Status quo durch ein drittes Öffnen und Schließen wieder erzielt werden müssen.

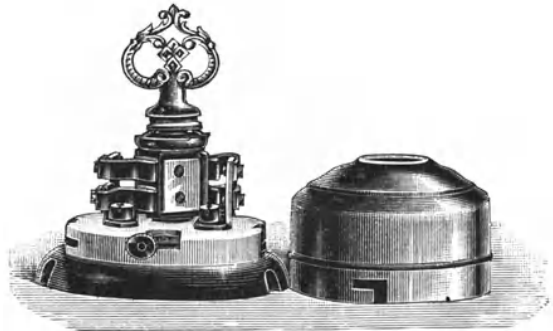


Fig. 227. Ausschalter von Voigt & Häffner auf Porzellanplatte mit Blechdeckel.

In anderer Weise haben selbstthätige Schalter Verwendung gefunden, um dem nächstlich heimkehrenden Hausbewohner die Treppe herauf in seine Wohnung zu leuchten. Sobald die Hausthür geöffnet wird, beginnt eine Glühlampe im Hausflur zu leuchten. Mit dem Tritt auf die erste Treppenstufe, welche beweglich ist, und durch ihre Bewegung den mit ihr verbundenen Umschalter bethätigt, verlischt die erstere Lampe und eine andre auf dem ersten Treppenabsatz beginnt zu leuchten. Beim Betreten der Treppe zum nächsten Stockwerk wird wiederum die vorige Lampe aus-, eine neue höhere eingeschaltet, und so begleitet das freundliche Licht den müden Wanderer bis zur Thür seiner Wohnung.

Die Umschalter sind den Ausschaltern in der Konstruktion verwandt, nur ist, wie schon gesagt, ihr Zweck ein anderer; sie sollen den Strom von einem Weg auf den andern bringen. Das Prinzip dieser Vorrichtungen läßt sich mit wenigen Worten erläutern. Es sei auf unserm Schalter von Fig. 221 statt einer Kontaktplatte deren zwei angebracht (vergl. Fig. 228). Der Kontaktthebel geht nun entweder auf die eine oder andre Kontaktplatte und führt so den Strom über den einen oder andern Stromweg, oder wird in die Mitte zwischen beide Platten gestellt, in welchem Falle dann jeder Stromweg unterbrochen ist. Statt zwei können auch beliebig viel Kontaktplatten angebracht und der Strom also über eine entsprechende Anzahl Stromwege geschickt werden.

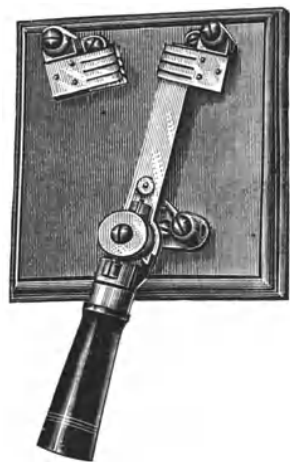


Fig. 228. Umschalter für zwei Stromwege.

Außer dieser Konstruktion werden noch manche andre angewendet, auf die wir gelegentlich zu sprechen kommen. Wir werden später bei den Telephonanlagen sehen, daß dort Umschalter angewendet werden, welche die größten Einrichtungen dieser Art darstellen und von 1000 und mehr Stromwegen je zwei beliebige in Verbindung bringen. Für solche Zwecke würden sich die hier geschilderten Vorrichtungen nicht eignen, und man hat dafür Konstruktionen angewendet, welche auf andern Prinzipien beruhen.

Die Sicherungen. Den Zuleitungen zu einzelnen Teilen einer elektrischen Anlage gibt man eine solche Abmessung im Querschnitt, daß einerseits, wie gesagt, der Verlust nicht zu groß wird, andererseits aber auch eine zu starke Erwärmung der Leitung nicht eintreten kann. Die letztere Frage wird insbesondere bei Hausleitungen von Wichtigkeit sein, weil man jeder Zündwirkung des Stromes ängstlich vorzubeugen hat. Nun kann es

aber doch geschehen, daß durch eine Leitung ein Strom von größerer Stärke fließt, als sie ohne Erwärmung tragen kann. Ein solcher „Überstrom“ wird namentlich dann eintreten, wenn statt des normalen Widerstandes der Leitung ein erheblich kleinerer eingeschaltet wird. Denken wir uns beispielsweise, daß eine Leitung eine Glühlampe von 16 Normalkerzen bei 100 Volt Spannung speist. Der Widerstand einer solchen Lampe beträgt rund 200 Ohm, ihre Stromstärke, für welche also die Leitung bemessen sein wird, $\frac{1}{2}$ Ampère. Durch einen Fehler werden nun die beiden Leitungen vor der Glühlampe in Berührung gebracht, so daß also der Strom nicht mehr durch die Glühlampe, sondern direkt von einer Leitung zur andern geht, und somit der Widerstand des die Lampe speisenden Zweiges mit einem Schlage von 200 Ohm auf sagen wir 1 oder $\frac{1}{2}$ Ohm herabgemindert wird, auf den Widerstand der Zweigleitung allein. Jetzt geht durch den Draht die 200- oder 400-fache Stromstärke, für welche er nicht berechnet ist, und der Draht wird glühend. Er

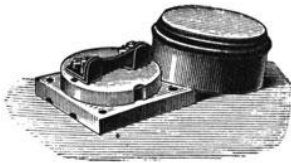


Fig. 229. Einfache Bleisicherung; von Voigt & Häffner.

würde also in gefährlicher Weise zündend wirken können, wenn nicht Vorrichtungen vorhanden wären, welche den Leitungszweig sofort beim Eintritt des Überstromes ausschalteten. Diese Vorrichtungen sind also unbedingt notwendig, um einer elektrischen Anlage die notwendige Sicherheit zu geben.

Man hat nun eine ebenso einfache wie sinnreiche Vorrichtung erdacht, welche den genannten Zweck erfüllt. In die Zweigleitung wird, thunlichst nahe an der Stelle, wo sie von ihrer Mutterleitung abzweigt, ein Bleistreifen in die Leitung eingesetzt. Derselbe ist so bemessen, daß er bei der normalen Stromstärke — in unserm obigen Falle war es $\frac{1}{2}$ Ampère — den Strom ungehindert fortleitet. Tritt aber Überstrom ein, so erhitzt dieser den Bleistreifen, derselbe schmilzt und der Stromweg ist unterbrochen. Der Strom kann nicht mehr über den Weg gehen, auf welchem er wegen des verminderten Widerstandes sofort zum gefährdenden Überstrom ausarten würde. Wollten wir einen neuen Bleistreifen einsetzen, so würde derselbe ebenfalls im Moment wegbrennen, bis die Störung, der Kurzschluß der Leitung, behoben ist und der Zweig seinen normalen Widerstand erhalten hat.

In der einfachsten Form bestehen diese „Bleisicherungen“ aus zwei Klemmen, an welche die beiden Enden der an dieser Stelle zerschnittenen Leitung angeschraubt werden. Der Bleistreifen verbindet diese beiden Klemmen und stellt also auf diese Weise den unterbrochenen Stromweg wieder her. Unsere Figur 229 gibt eine einfache Konstruktion einer solchen Bleisicherung von Voigt & Häffner in Bockenheim,



Fig. 230. Abschmelzstreifen in Glaspatrone.

bei welcher die Enden des Bleistreifens zwischen federnden Plättchen eingeklemmt werden. Ein Deckel schließt die Sicherung nach außen ab. Bei andern Sicherungen liegt der „Abschmelzstreifen“ in einer Kapsel oder Röhre, welche mit Kontaktstücken besetzt ist und mit diesen in die entsprechenden Kontakte der Leitungsklemmen eingesetzt wird. So zeigt unsere Fig. 230 eine solche Abschmelzsicherung, bei welcher der Bleidraht in einem Glasrohr liegt. Die Enden des Rohres tragen Messinghütchen, mit denen die Enden des Bleidrahtes verbunden sind. Diese Patrone wird zwischen die Kontaktfedern der Leitungsklemmen gesteckt und vermittelt nun den Stromweg, der also durch den Bleidraht führt.

Eine andre Konstruktion hat Edison gewählt, der für dieselbe die mechanische Form seiner Glühlampenkontakte (siehe unter Glühlampenfassungen) angewendete.

Diese Sicherung kann in einen sehr geschickten Zusammenhang mit den Abzweigungsvorrichtungen gebracht werden, und in dieser Verbindung wollen wir sie hier beschreiben, da wir dadurch gleichzeitig Gelegenheit gewinnen, etwas über die Abzweigungen zu sagen. Die Abzweigung einer Leitung von einer stärkeren Leitung kann in einfachster Weise dadurch bewirkt werden, daß man die „ältere“ an der Anschlußstelle blank legt und nun das ebenfalls blank gemachte Ende der Tochterleitung durch Lötung anschließt, worauf denn die blanken Stellen mit isolierendem Band gut umwickelt und sicher verdeckt werden.

Das Löten ist aber nicht überall in Montagen beliebt, und so hat man statt dessen vielfach auch Schraubverbindungen angewendet. Für diese Verbindungsart dient nun die in Fig. 231 a abgebildete Vorrichtung. Eine Porzellanplatte enthält in der Mitte zwei parallele Nuten, in welche man die Hauptleitungen legt. Auf dem Boden dieser Nuten liegen Metallplatten, auf welche man die Leitungen durch breitköpfige Schrauben aufpreßt und sie so in Kontakt mit denselben bringt. Jedes Kontaktstück schiebt nun nach rechts und links Leiterstücke, welche in ähnlichen Schraubkontakten endigen, und an diese schraubt man die Enden der abzweigenden Leitungen. Das Kontaktstück in der rechts liegenden Nute steht mit den beiden vorderen, rechts und links liegenden Kontaktstücken, das der andern mit den beiden hinteren in Verbindung. Man kann also auf diese von den beiden Hauptleitungen nach rechts und links Leitungspaare abzweigen.

Nun ist aber das Kontaktstück einer Hauptleitung nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit einem zugehörigen Kontaktstück einer Zweigleitung. Vielmehr steht das erstere mit einer Kontaktplatte, das zweite mit einem Kontaktmuttergewinde, in der Art, wie wir es bei der Edison-Fassung (Fig. 199 b) gesehen hatten, in Verbindung. Um nun den Stromweg herzustellen, wird in diese Vorrichtung ein Kontaktstößel (Fig. 231 b) eingeschraubt, welcher der Bewehrung einer Glühlampe (Fig. 199 a) gleich ist. Das zentrale Kontaktstück am Fuß des Stößels und das konzentrische, das Gewindestück, sind im Innern des Stößels durch einen Bleidraht verbunden, und eben dieser ist der Abschmelzstreifen

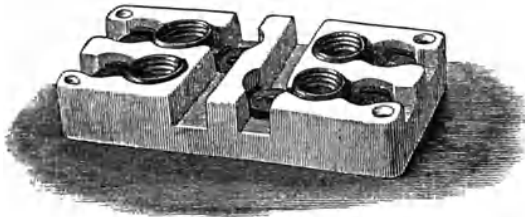


Fig. 231 a. Edison-Abzweigung mit Abschmelzsicherung.



Fig. 231 b.
Bleistößel; Außen-
ansicht.



Fig. 231 c.
Verbindung der
beiden Kontakt-
stücke des Stöß-
fels durch den
Bleistreifen.

(Fig. 231 c). Der Strom, welcher von der Hauptleitung kommt, muß erst diesen Bleistreifen durchgehen, um nach der Zweigleitung zu gelangen, und diese ist also dadurch gesichert. Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß der „Bleistößel“, wie man ihn kurz heißt, bequem eingesetzt und ausgewechselt werden kann, und deshalb ist diese Sicherung sehr beliebt.

Für gewöhnlich legt man in jede der beiden Leitungen eines Zweiges eine solche Abschmelzsicherung, insbesondere dann, wenn die Möglichkeit vorhanden ist, daß der Strom auf einem Nebenwege unter Umgehung der im andern Zweig eingeschalteten Sicherung gehen und zu Überstrom werden kann:

Man schaltet ferner thunlichst in jede Abzweigung eine einfache oder doppelte Sicherung ein. Dies hat seinen Grund in folgendem. Wenn durch Kurzschluß in einem Zweig Überstrom entsteht, so kann derselbe nur für die Zweigleitung Überstrom bedeuten, während ihn die vielleicht viel stärkere Mutterleitung noch tragen kann und deren Sicherung noch nicht abschmilzt, weil die anormale Stromstärke für sie noch nicht erreicht ist. Aber selbst wenn die Mutterleitung schwächer ist und daher schon bei Überstrom in der Zweigleitung ihre Sicherung zerschmilzt, wird man doch in die Zweigleitung noch eine besondere Sicherung setzen. Das Abschmelzen einer Sicherung setzt nämlich alle Lampen, deren Strom durch sie hindurchführt, außer Tätigkeit, und ein Abschmelzen der Sicherung der Mutterleitung, welches durch einen Kurzschluß in der Tochterleitung verursacht wird, würde nicht nur den kurzgeschlossenen Tochterzweig, sondern alle ihre Töchter stromlos machen. Um wegen eines ungeratenen Kindes aber nicht alle zu strafen, gibt man jeder abzweigenden Leitung eine besondere Sicherung, und dies gilt auch für die aufsteigende Linie, indem die Mutter-, die Großmutter-, die Urahnleitungen samt und sonders bei ihrem Eintritt in die Welt Sicherungen erhalten, bis herauf zur Strommutter Dynamomaschine, deren Strom

ebenfalls kurz hinter der Maschine eine Sicherung zu passieren hat. Das Schema eines solchen Sicherheitsapparates gibt Fig. 232, in welcher die schwarzen Linien die Leitungen, die gestrichelten die Bleistreifen bedeuten.

An Stelle der eben beschriebenen Abschmelzsicherungen werden, wenn auch seltener, andre Vorrichtungen gebraucht, bei welchen der Stromweg durch eine mechanische Vorrichtung unterbrochen wird. Um dieselbe bei der Überschreitung der normalen Stromstärke in Thätigkeit zu setzen, ist in die Leitung ein Elektromagnet eingeschaltet, der einen Anker anzieht. Bei normaler Stromstärke ist diese Anziehung nicht groß genug, um dadurch den Anker in Bewegung zu setzen. Wird aber der Normalpunkt überschritten, so wird die Anziehung so groß, daß der Anker sich gegen die Pole des Magneten bewegt. Durch diese Bewegung wird ein Mechanismus ausgelöst, welcher die Unterbrechung des Stromweges bewirkt.

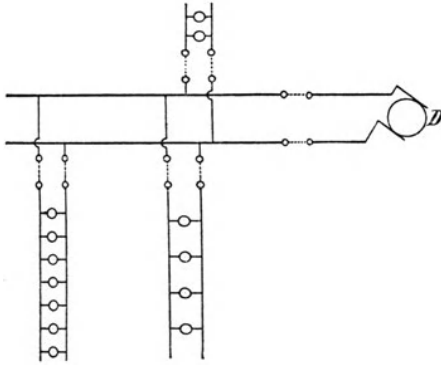


Fig. 232. Die Einschaltung der Bleistreifen in Leitungsanlagen.

Größen zu ermitteln und gegebenenfalls dieselben auf die normale Höhe abzuändern. Zu diesem Zwecke ist erforderlich, daß er ohne umständliche Messungen die Stromstärke oder Spannung sofort an einer Vorrichtung ersehen kann. Es sind nun viele solche Instrumente konstruiert worden, welche die betreffenden Größen an einer Stala ersichtlich machen, und wir wollen einige derselben hier beschreiben. Da die gebräuchlichen Spannungsmesser nur eine Abart der Strommesser sind, so beschreiben wir zunächst die letzteren.

Das einfachste Instrument dieser Art erhalten wir, wenn wir einen Eisenkern an einer Hebelwage befestigen und in eine stromdurchflossene Spule eintauchen lassen. Denken wir uns (Fig. 233) einen mit einem kleinen Gewichte beschwerten Hebelarm h an einer Welle befestigt und auf der Welle eine kleine Rolle befestigt, um welche eine Schnur gelegt ist. An der Schnur hängt ein Eisenkern e , welcher in die stromdurchflossene Spule S taucht. Sobald der Strom in die Spule eintritt, zieht diese den Eisenkern in sich hinein, wodurch der Hebel h gehoben wird. Die Gegenwirkung desselben, welche durch das Gewicht und die Lage des Hebelarmes bedingt ist, wächst aber, je höher der Hebelarm steigt, und es wird eine Stellung eintreten, in welchem Spulenwirkung und Gegenwirkung einander gleich sind.

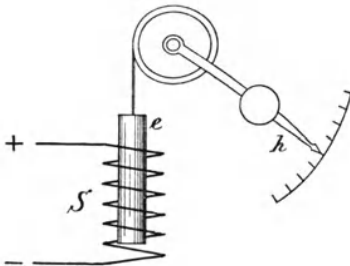


Fig. 233. Prinzip des Strommessers.

Da nun die Spulenwirkung von der Stromstärke abhängt, so wird für die verschiedenen Grade der Stromstärke der Hebel verschiedene Stellungen einnehmen, und wenn wir durch vorhergehende Messungen für jede Stromstärke die Stellung ermittelt haben, können wir die Vorrichtung zum Messen der Stromstärke benutzen. Wir werden zu diesem Zwecke am Hebelarm einen kleinen Zeiger befestigen, welcher sich über einem Gradbogen bewegt und auf demselben bei der Justierung für jede Stellung des Zeigers die zugehörige Stromstärke anmerken.

Dieses einfache Instrument ist nicht ganz genau; es verändert seine Justierung mit der Zeit. Ein besseres Meßinstrument, welches große Verbreitung gefunden hat, ist das von dem Oberingenieur der Firma Schuckert & Co., Hummel erfunden und wird von

der genannten Firma fabriziert. Bei demselben liegt in dem Hohlraume einer stromdurchflossenen Spule (Fig. 234) ein gebogene Eisenplättchen, das sich um eine Achse, die exzentrisch zu der Spulennachse liegt, drehen kann. Die stromdurchflossene Spule sucht nun das Eisenplättchen an die Wandung der Bohrung der Spule zu ziehen; dabei wird aber ein kleiner Hebelarm gehoben, an welchem ein Gegengewicht sitzt, und nun tritt die vorhin geschilderte Wirkung ein, bei welcher in einer gewissen Stellung Anziehung der Spule und Wirkung des Gegengewichtes ins Gleichgewicht kommen. Mit dem Plättchen ist ferner noch ein Zeiger verbunden, der über einer Skala spielt. Auf der letzteren werden nun die verschiedenen Stellungen des Zeigers für die einzelnen Stromstärkegrade vermerkt und das so justierte Instrument kann dann zur Strommessung benutzt werden. Eine perspektivische Ansicht des Instrumentes gibt Fig. 235, welche den nach diesem System konstruierten Spannungsmesser zeigt; der Strommesser ist bis auf die Dicke des Drahtes in der Spule und der Anzahl der Windungen in derselben mit dem abgebildeten Instrumente identisch.



Fig. 234.
Prinzip des Hummel'schen
Strommessers.

Verwandt mit diesem Strommesser ist der von der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“. Bei demselben dreht sich in der Höhlung der stromdurchflossenen Spule ein Eisenstäbchen, das sich in der Achse der Spulen oder in einem Winkel zu derselben stellen kann. Durch die Stromwirkung der Spule wird nun das Stäbchen in die Richtung der Achse der Spule zu drehen gesucht, während ein Gegengewicht dasselbe in die horizontale Lage zu stellen strebt. Für jede Stromstärke werden nun bei einer bestimmten Stellung des Stäbchens bzw. des Zeigers beide wirkende Kräfte im Gleichgewicht sein.

Die Spannungsmesser beruhen auf dem gleichen Prinzip, nur sind bei ihnen die wenigen Windungen von dickem Draht der Strommesser durch sehr viele Windungen eines sehr feinen Drahtes ersetzt worden, welche zusammen einen großen Widerstand haben. Legen wir die Enden dieser Drahtwindungen an zwei Leiter an, welche einen Spannungsunterschied aufweisen, so wird durch die Windungen ein Strom gehen, welcher der Spannung zwischen beiden Leitern nach dem Ohm'schen Gesetz proportional ist. Da der Zeiger entsprechend der Stromstärke in dem Umwindungsdraht abgelenkt wird, so entspricht einer bestimmten Spannung an den Enden der Windungen auch eine bestimmte Stellung des Zeigers, und man ermittelte durch geeignete Messung für die verschiedenen Spannungsgrade die zugehörigen Stellungen des Zeigers, welche man auf der Skala vermerkt. Das Instrument kann dann zur Bestimmung von Spannungen verwendet werden.

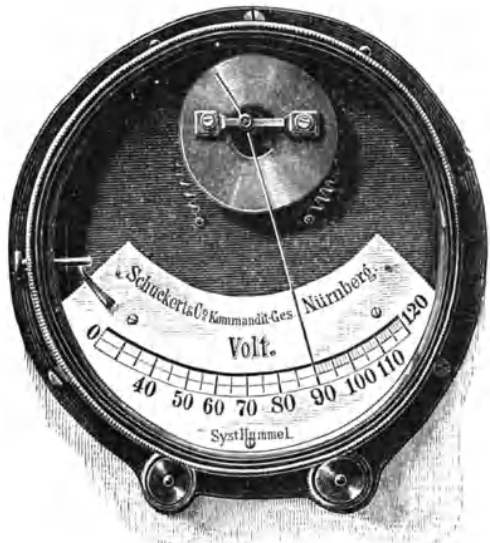


Fig. 235. Spannungsmesser nach Hummel.

Blitzschutzvorrichtungen. Wir haben noch einer Vorrichtung bei Leitungsanlagen Erwähnung zu thun, welche die Aufgabe hat, einen sehr unliebsamen Gast der elektrischen Leitungen schleunigst ins Freie zu befördern. Ist nämlich eine Leitung durch die Luft geführt, so kann atmosphärische Elektrizität in dieselbe eindringen, welche den überaus bequemen metallischen Weg benutzt, um zu der von ihr erstrebten Erde oder in anderer Weise zum Ausgleich zu gelangen. Bei der Rücksichtslosigkeit, mit welcher sie dabei die feinen Apparate oder auch den Telegraphisten, den Maschinisten behandelt, ist ein solcher

Besuch in keiner Weise willkommen, und wenn Frau Elektrizität gar einmal ihren ältesten Sprößling, Herrn Blitz, in die Leitung schickt, so kann dieser auf den Telegraphenstationen, in den Maschinenhäusern, bei den angeschlossenen Teilnehmern der Licht- oder der Telegraphenanlagen geradezu Unheil anrichten, und es ist niemand zu verdenken, wenn er nicht den Blitz ins Haus geleitet haben will.

Wir wollen zunächst die Blitzschutzvorrichtungen für Telegraphen- und Telephonleitungen besprechen, welche die ältesten und mit Rücksicht auf die große Ausdehnung der oberirdischen Telegraphenleitungen die verbreitetsten sind.

Da die hochgespannte atmosphärische Elektrizität mit Leichtigkeit eine dünne Luftschicht durchbrechen kann, welche für den Telegraphierstrom ein unüberwindliches Hindernis ist, so

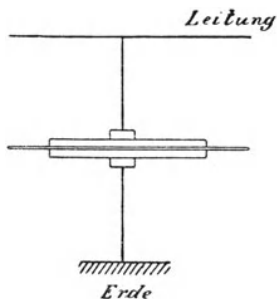


Fig. 236. Blitzableiter mit Papierblatt.

gibt man den Telegraphenleitungen Nebenschlüsse, die auf einem guten und kurzen Wege zur Erde führen. An einer Stelle ist diese Leitung unterbrochen und ein schmaler Luftzwischenraum oder in seiner Ersetzung eine andre dünne isolierende Schicht eingeschaltet, welche die atmosphärische Elektrizität überspringt und auf diesem Nebenwege zur Erde geht, so daß sie nicht in die Apparate gelangt oder sonst auf weiteren Leitungstrecken Unfug anrichten kann. Es ist dabei nur Sorge zu tragen, daß der atmosphärischen Elektrizität das Durchbrechen der trennenden Schicht recht leicht gemacht wird. Dies geschieht, indem man der Trennschicht und den an ihr anliegenden Leitungsteilen thunlichst großen Querschnitt und die Form von Spitzen oder Kanten gibt. Die Wirkung der letzteren Anordnung beruht darauf, daß die hochgespannte Elektrizität aus solchen Spitzen — um es einfach auszudrücken — leichter hervorbrechen kann. Den einfachsten Blitzableiter der ersteren Art erhalten wir, wenn wir in die zur Erde gehende Nebenschlußleitung (Fig. 236) zwei entsprechend große Metallplatten einschalten, die durch ein dünnes paraffiniertes Papierblatt getrennt sind. Diese Schicht kann der Telegraphierstrom nicht durchbrechen, während ihn die atmosphärische Elektrizität, sobald sie eine gefährliche Spannung erreicht, mit einem Funken durchschlägt.

In noch einfacherer Weise können wir diese Vorrichtung herstellen, wenn wir den Leitungsdraht (Fig. 237) und Erdleitung in einigen Windungen umeinander legen; zwischen

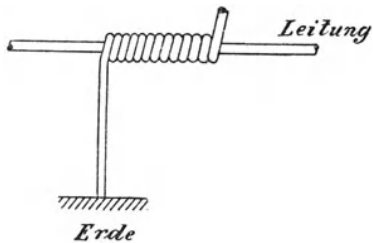


Fig. 237.
Prinzip des Spindelblitzableiters.

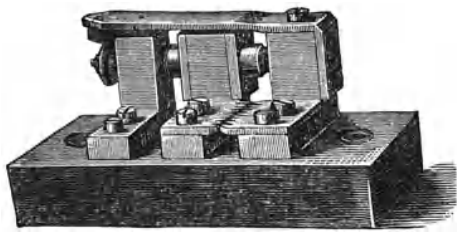


Fig. 238. Spindelblitzableiter der deutschen Telegraphenverwaltung.

Draht und Erdleitung muß aber eine dünne isolierende Schicht liegen, und dies erzielen wir einfach dadurch, daß wir für den Leitungsdraht an dieser Stelle ein mit Seide übersponnenes Stück benutzen. Blitzableiter dieser Konstruktion werden in den Fernsprechanlagen unserer Reichstelegraphenverwaltung benutzt. Derselbe besteht aus drei Messingständern (Fig. 238), welche derart durchbohrt sind, daß eine cylindrische Spindel durch die Bohrungen gesteckt werden kann. Diese Spindel (Fig. 239) besteht aus einem runden Messingstabe, der in der Mitte eine Verstärkung aufweist. Zu beiden Seiten sind isolierte metallene Köpfe aufgesetzt, welche den Durchmesser der Verstärkung des mittleren Teiles haben. Der mittlere Teil wird nun an seinen beiden dünnen Stellen mit feinem Draht, der mit Seide übersponnen ist, umwickelt. In die Verstärkung ist eine Rinne geschnitten, in

welcher der von einer Wickelungsstelle zur andern gehende Draht vertieft liegt. Die Enden des Drahtes sind mit den beiden Metallstücken an den Enden verbunden. Wird nun diese Spindel in die Bohrungen der Metallständer eingesetzt, so berührt der eine Kopf leitend den linken, der andre den rechten Ständer und die Verstärkung im Mittelstück den mittleren. Der Seidendraht verbindet aber die beiden Endstücke miteinander und der Strom geht von dem rechten zum linken Ständer, während er über das mittlere, das mit der Erde verbunden ist, keinen Weg findet. Tritt aber atmosphärische Elektrizität in die Leitung, so nimmt sie den kürzeren Weg, durchbricht die dünne Seidenhülle, geht durch die Spindel, auf welche der Draht gewickelt ist, nach der Verstärkung der Spindel und von da zu dem mittleren Ständer also zur Erde. Hat sie nun hierbei die Isolation des Drahtes beschädigt, so hat man nur die Spindel herauszuziehen und eine neue einzustecken, kann also, wenn dergleichen Spindeln immer in Reserve gehalten werden, die Blitzschußvorrichtung leicht wieder in den gebrauchsfähigen Zustand setzen.

Die andre Form der Leitungsblitzableiter benutzt Spitzen, zwischen denen der Funke leicht übergeht. In der einfachsten Form stellt man zwei gezackte Platten (Fig. 240) mit ihren Spitzen gegenüber und verbindet die eine mit der Leitung, die andre mit der Erde. Die in die Leitung eingedrungene atmosphärische Elektrizität springt dann zwischen den Spitzen über und geht unschädlich zur Erde. Statt der Spitzenplatten kann man auch geriefelte Platten anwenden, die übereinander liegen und durch ihre vielfachen Vorsprünge dem Funken einen bequemen Weg geben. Solche Blitzableiter wendet man u. a. an, um die Leitungen nicht nur vor dem Eingang zu den Apparaten, sondern auch in angemessenen Zwischenräumen auf der freien Strecke zu schützen. Man bringt zu diesem Zweck an der Telegraphenstange einen Stangenblitzableiter an. Derselbe besteht aus einer Doppelglocke aus Hartgummi, die in ihrem Kopf zwei voneinander isolierte Metallplatten trägt. Die einander zugekehrten Flächen der Platten, zwischen denen nur ein ganz geringer Zwischenraum ist, sind geriefelt. Da nun die untere Platte mit der Leitung, die obere mit einer an der Stange herabgeführten Erdleitung versehen ist, so wird die atmosphärische Elektrizität von der Leitung über die Platten zur Erde geleitet.

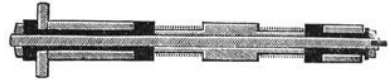


Fig. 239. Spindel des Spindelblitzableiters.

Die hier beschriebenen Blitzschußvorrichtungen eignen sich nun nicht für Starkstromanlagen. Würden nämlich solche Blitzableiter in eine Starkstromanlage eingeschaltet und hätte, was immer vorkommen kann, die Dynamomaschine Erdschluß, d. h. stände sie mit einem Pol infolge eines Isolationsfehlers mit der Erde in leitender Verbindung, so würde, wenn der Funke überspringt, die Entstehung eines Flammenbogens eingeleitet werden können, und es würde dann der Starkstrom kontinuierlich von Platte zu Platte übergehen, diese zum Schmelzen bringen und zündend wirken können. Dies wird eintreten, wenn die Erdplatte durch den Erdschluß mit dem einen Pol der Dynamomaschine in Verbindung ist, während die andre Platte durch ihre Leitung mit dem andern Pol verbunden ist.

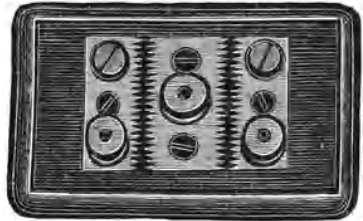


Fig. 240. Spitzenblitzableiter.

Es gilt daher, die Entstehung des Lichtbogens zu verhindern oder den etwa entstandenen Lichtbogen sofort zu zerreißen. Dem letzteren Zwecke dienen Vorrichtungen, bei denen die beiden Blitzplatten sofort voneinander entfernt werden, sobald ein Flammenbogen zwischen ihnen entsteht. Um diese zu bewirken, benutzt man den vom Flammenbogen selbst übergeleiteten Strom, welcher einen Elektromagneten erregt; dieser letztere zieht einen Anker an und bewirkt eine Auslösung, welche die eine Platte, welche vorher festgehalten wurde, herabfallen läßt. Das Prinzip dieser sehr hübschen Vorrichtung mag Fig. 241 erläutern. Die Leitung steht mit der oberen gezackten Blitzplatte in Verbindung, welche fest liegt. Die unter ihr liegende zweite Platte ist beweglich gelagert und dreht sich um einen Stift, der durch das untere Ende der verlängerten Platte geht. Diese Platte

wird durch die Nase des Ankers gehalten, der unter dem Elektromagneten liegt. Der Funke geht nun von der oberen nach der unteren Platte und von dieser durch den Anker; von hieraus führt der Stromweg zunächst nach dem Elektromagneten und über diesen zur Erde. Entsteht nun infolge von Flammenbogenbildung ein dauernder Strom, so wird der Elektromagnet erregt, zieht den Anker an, und die untere Platte klappt herunter. Der Flammenbogen ist zerrissen, und man kann nun die untere Platte wieder in die frühere Lage bringen.

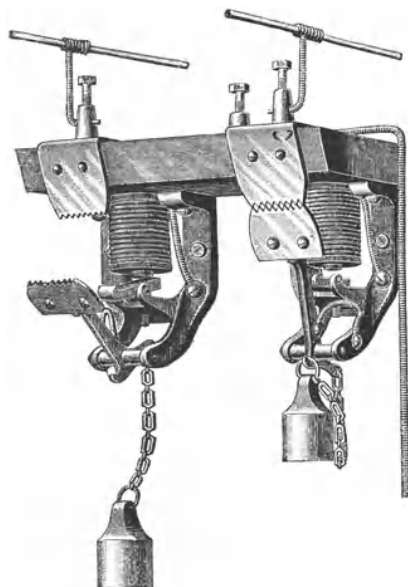


Fig. 241. Blitzableiter für Starkstromanlagen.

unbeträchtliches Maß Erfahrung dazu, die Verteilung der Lampen richtig zu projektieren, weil jeder Betrieb, jedes Gewerbe besondere Anforderungen stellt, die aus den Eigentümlichkeiten der besonderen Tätigkeiten entspringen. Zunächst wird sich der projektierende Ingenieur und mit ihm der Bauherr zu entscheiden haben, welche Art Lampen er für jede einzelne Räumlichkeit anwenden will. Wo große ausgedehnte Flächen zu beleuchten sind,

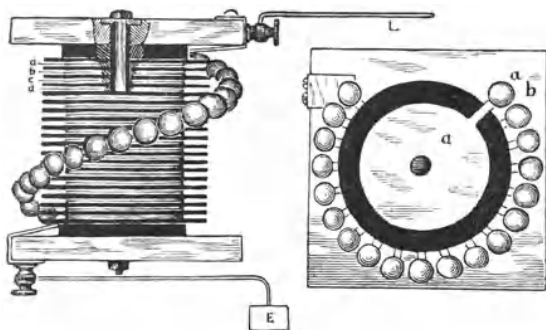


Fig. 242. Thomsons Blitzableiter.

wird man dem Bogenlicht den Vorzug geben, sofern es nicht zu niedrig zu hängen kommt und das Auge blendet. Freie Plätze, große Hallen und ähnliches werden meistens mit Bogenlicht erleuchtet. Kleinere geschlossene Räumlichkeiten und Orte, an welchen man das Licht auf gewissen anbegrenzten Stellen konzentrieren will, wird man dagegen mit Glühlicht beleuchten. In manchen Fällen, z. B. bei der Beleuchtung von Sälen kann die eine wie die andre Lichtart gewählt werden,

und es entscheiden hier mehr der Geschmack und die Kosten die Frage, welche Art Lampen zur Verwendung kommen sollen. Durch die in den letzten Jahren konstruierten kleinen Bogenlampen von 200 Normalkerzen aufwärts sind jetzt Bogenlampen auch dort in Verwendung gekommen, wo sie früher fast ausgeschlossen blieben, so in kleineren Sälen, in Schaufenstern zc.

Es wird sich nun darum handeln, ob man nur Bogenlampen verwenden oder gleichzeitig mit jenen auch Glühlampen brennen will. Im ersteren Falle kann man die Bogenlampen

Prof. Thomson in Amerika verhindert in seiner Blitzschutzvorrichtung die Entstehung des Flammenbogens. Zu diesem Zwecke sichtet er eine Anzahl Metallplatten mit isolierenden Zwischenlagen übereinander und verbindet die oberste Platte mit der Leitung, die unterste mit der Erde. Jede Metallplatte trägt einen kleinen hervorspringenden Arm, an welcher ein Metallkugeln sitzt, und die Platten sind so gelegt, daß das Metallkugeln einen Spiralweg bildet, bei welchem jede Kugel von der andern durch einen kleinen Luftraum getrennt ist (Fig. 242). Der Funke überspringt diese kleinen zahlreichen Abstände leicht, aber der Flammenbogen wird durch die zahlreichen Unterbrechungen in seiner Entstehung gehindert, und so erreicht man ohne alle bewegten Teile die sichere Abführung der atmosphärischen Elektrizität.

Wahl und Verteilung der Lampen. Das Lichtbedürfnis in einer Anlage ist ein sehr verschiedenes, und es muß auf diese Verschiedenheit Rücksicht genommen werden. Es gehört ein nicht

in Reihenschaltung legen, im zweiten Falle ist man gezwungen, sofern man nicht eine besondere Maschine für die Bogenlampe aufstellt, diese Lampen mit den Glühlampen parallel zu schalten. Nun hat die Bogenlampe ihre ziemlich unveränderliche Spannung, welche wir, Leitungsverlust eingerechnet, mit 50 Volt annehmen können. Man hätte nun entweder auch Glühlampen von ähnlicher Spannung anzuwenden oder muß, wenn man solche von 100 Volt benutzt, zwei Bogenlampen hintereinander und diese Reihe dann parallel zu den Glühlampen schalten. Dies ist der häufigste Fall, der aber insofern eine Unbequemlichkeit mit sich bringt, daß man nur beide in einer Reihe stehenden Lampen gleichzeitig brennen lassen kann, wenn man nicht an Stelle der auszulöschenden Lampe einen entsprechenden Widerstand einschaltet, welcher gerade so viel Betriebskraft fortnehmen würde, wie die ausgelöschte Lampe; man sparte also durch das Auslöschchen nur das, was die Lampe noch an Kohlenstäben verzehren würde.

Wo Bogenlampen parallel geschaltet sind, ist es notwendig, vor die Bogenlampen einen sogenannten Beruhigungswiderstand einzuschalten. Ohne denselben würde die Lampe, wenn sich ihre Kohlen berühren oder zu nahe zusammenstehen, wegen ihres dann geringen Widerstands einen zu großen Teil des Stromes fortnehmen, so daß entweder eine Unterbrechung durch den Sicherheitschalter eintritt oder den andern Lampen zuviel Strom entzogen wird, und diese dann dunkel brennen. Insbesondere würden sich diese Einwirkungen dann bemerkbar machen, wenn nur eine Bogenlampe parallel zu Glühlampen von entsprechender Spannung geschaltet wäre. Man wird daher im letzteren Falle die Spannung im Netz nicht mit 40—45 Volt bemessen, welche die Bogenlampe braucht, sondern um 20—25 Volt höher, benutzt also Glühlampen von 60—65 Volt und gleicht den Überschuß der Spannung bei der Bogenlampe durch einen eingeschalteten Widerstand aus, der von der Spannung für die Bogenlampe die 20—25 Volt abnimmt. Was dieser Widerstand an Betriebskraft verzehrt, geht natürlich nutzlos verloren, denn die Wärme, die er erzeugt, ist zu gering, um für Heizzwecke dienen zu können, aber anderseits groß genug, um Vorsichtsmaßregeln gegen unliebsame Erhitzungen zu erfordern.

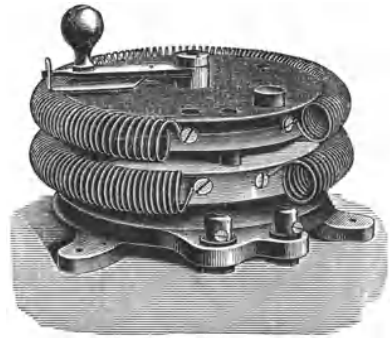


Fig. 243. Vorhaltwiderstand für Bogenlampen.

Wo man diesen Zusatzwiderstand nicht bereits in die Zuleitung zur Bogenlampe (s. S. 121) verlegt, benutzt man im allgemeinen Drahtspiralen aus Neufilber, das einen verhältnismäßigen hohen Widerstand gegenüber gleich dimensionierten Drähten aus andern Metallen hat. Zu Spiralen wickelt man den Draht, um eine große Länge derselben auf thunlichst kleinem Raum zu bringen. Zuweilen legt man solche Neufilberdrahtspiralen in die Lampe selbst; häufiger jedoch bringt man sie in einem feuer sichereren Kasten unter, der an der Wand befestigt wird; um die Stromstärke der Lampe abändern zu können, wird der Zusatzwiderstand auch derart gestaltet, daß man mehr oder weniger Draht von ihm einschalten kann. Einen solchen abzuändernden Vorhaltwiderstand von Voigt & Häffner zeigt unsre Fig. 243.

Wahl und Verteilung der Lampen wird zwar in erster Reihe durch das Lichtbedürfnis bedingt, und zumeist verfährt der Bauherr bei der Angabe seiner Wünsche in der Art, daß er sagt: „Hier habe ich bis jetzt so viel Gasflammen benötigt, also setzen Sie mir dafür die entsprechenden elektrischen Lampen hin.“ So geht es gewöhnlich bei der ersten Aufstellung. Dann kommt aber der Bauherr und meint: „Wenn wir schon einmal elektrisches Licht anlegen, dann wollen wir auch hier und dort und da und an jener Stelle eine Lampe anbringen. Etwas mehr Licht als früher müssen wir außerdem auch haben, und weil wir gerade dabei sind, wollen wir auch an jenem Platz ein paar Bogenlampen aufstellen u. s. w.“ Das Lichtbedürfnis steigert sich mit einem Male sehr rasch, und zumeist übertrifft die elektrische Beleuchtungsanlage an Lichtleistung die alte ganz bedeutend.

Namentlich wird sich dort das Lichtbedürfnis außerordentlich steigern, wo man nicht nur eine beleuchtende Beleuchtung, sondern eine glanzvolle haben will, in Luxusräumen, und bei solchen Anlagen werden die Glühlampen zum Teil anfangs nur dekorativ verwendet. Da sie aber auch in solcher Verwendung leuchten und beleuchten, so steigern sie, sobald erst das Auge an den Glanz gewöhnt worden ist, das Lichtbedürfnis weiter. Wir können deswegen auch von Jahr zu Jahr das Steigen der Helligkeit in elektrischen Beleuchtungsanlagen verfolgen, und es erklärt sich daraus, warum man elektrische Beleuchtungsanlagen, die vor etwa zehn Jahren hergestellt und als Wunder angestaunt wurden, heute als düster bezeichnet.

Wir haben an dieser Stelle noch einige Worte über den Unterschied des Bogenlichtes und des Glühlichtes hinzuzufügen, welcher ja wesentlich bei der Wahl der Lampen mitspricht. Kommt lediglich das Lichtbedürfnis in Frage, so entscheiden technische und geschäftliche Rücksichten, welche Beleuchtungsart zu wählen ist. Anders dagegen, sobald der Geschmack und die ästhetische Wirkung mitsprechen. Das Bogenlicht ist ein reines aber kaltes Licht; es gibt den Gegenständen ein hartes, fast könnte man sagen rohes Ansehen, was außer durch die Farbe des Bogenlichtes auch durch die scharfen Schatten, welche dieses Licht wirft, bedingt ist. Das Glühlicht ist warm im Ton, aber es benimmt den Körpern die scharfe Kontur und verändert unvorteilhaft manche Farben; ein Zimmer, dessen Farben im Tageslicht gut zusammenpassen, werden manchmal diese Harmonie im Glühlicht verlieren. Bekannt ist ja auch, daß die Schauspieler ihre Schminke ändern müssen, wenn die Gasbeleuchtung des Theaters in elektrische umgewandelt wird. Das Glühlicht hat nämlich verhältnismäßig mehr rote und gelbe Strahlen als Gas- (und noch mehr als Bogen-) Licht, und man erkennt den dadurch bedingten Unterschied der Färbung beider Beleuchtungsarten sofort, wenn man eine Gasflamme neben einer Glühlampe brennen sieht.

Unter diesen Umständen hat man in der Wahl der Beleuchtungsart vorsichtig zu sein, sobald die Färbung der beleuchteten Gegenstände in Frage kommt. In Wohnräumen wird man ja zumeist nur Glühlicht anwenden, und sein warmer freundlicher Ton entspricht der Stimmung des Wohnraumes. In Läden u. s. w. dagegen wird man in einem Falle das Bogenlicht, im andern das Glühlicht vorziehen, je nachdem man die beleuchteten Gegenstände mehr nach der blauen und grünen oder mehr nach der roten und gelben Seite hin koloristisch hervorheben und ob man scharfe oder gemilderte Konturen haben will.

Das Höchste, was man an Lichtwirkung mit elektrischer Beleuchtung erzielen kann, erreicht man, wenn man gemischtes Licht, Glüh- und Bogenlicht in etwa gleichem Verhältnis anwendet. Man erhält dann ein Licht von sonst nicht erreichter Reinheit, Wärme und Glanz, und namentlich für die Beleuchtung von Gemälden existiert kein Licht, wir schließen das Tageslicht sogar ein, welches die Wirkung wie mit gemischtem Licht erzielen läßt. Diese Wirkung tritt in auffallender Weise hervor, wenn man Gemälde einmal mit Glüh-, dann mit Bogenlicht, und darauf mit beiden Lichtarten zusammen beleuchtet. Wer den geradezu frappanten Unterschied sieht, ist sofort von der Überlegenheit des gemischten Lichtes für künstlerische Zwecke überzeugt. Das Gesagte läßt sich selbstverständlich auch für solche Beleuchtungen anwenden, welche einem kunstgewerblichen Zwecke dienen, z. B. für unsere Läden u. s. w.

Die Montage. Hat der projektierende Ingenieur unter Berücksichtigung der Verhältnisse und der Wünsche des Bauherrn seinen Plan fertig gestellt, so beginnt der Monteur seine Arbeit, die Aufstellung der Maschinen und Apparate, die Verlegung der Leitung, die Anbringung der Beleuchtungskörper. Er erhält hierzu genaue Zeichnungen und für die Leitungsanlage den Drahtplan, auf welchem Weg und jeweilige Stärke der Leitungen, wie auch Ort und Art der Lampen, Schalter u. s. w. eingezeichnet ist. Mit einem solchen Plane kann dem Monteur aber nicht jede Einzelheit vorgeschrieben werden, und er muß manchmal aus eigener Einsicht handeln, wie es die Umstände verlangen. Bei schwierigen Anlagen überwacht der Ingenieur die Ausführung, aber in vielen Fällen ist der Monteur gut genug geschult, daß man ihm die selbständige Ausführung überlassen darf. Er wird nun zunächst die Leitungsanlage in Angriff nehmen; er kann auch erst die Maschinen

aufstellen, aber da er in unserm Beispiel nur das eine oder das andre zuerst vornehmen kann, so lassen wir ihn mit der Leitung beginnen.

Zunächst wird er das Befestigungs- und Isoliermaterial anzubringen haben, wird seine Isolatoren aufsetzen, die Dübel der Drahtleisten in die Wände gipsen und dann die Leisten auf denselben befestigen, die Mauerdurchführungen durchschlagen und mit den Isolationsröhren versehen, wird die Abzweigungsstücke und die Sicherheitschaltungen befestigen und kann dann mit der Leitungslegung beginnen. Er beginnt zunächst mit der Stammleitung, zweigt von dieser die ersten Zweige, von diesen ihre Tochterleitungen u. s. w. ab, bis er an die letzten Ausläufer gelangt. Dieser Gang ist nicht unbedingt notwendig, aber mit Rücksicht auf die Erleichterung bei der Herstellung der Abzweigungen wird er ihn im großen und ganzen innehalten.

Um sich allezeit zu vergewissern, daß eine verlegte Leitung richtig funktioniert, prüft der Monteur, ob alles an ihr gut isoliert ist, ob kein Kurzschluß und keine Unterbrechung in ihr ist. Früher benutzte man hierfür eine Batterie und ein Galvanometer; heute wendet man vielfach einen Magnetinduktor an, in dessen Stromkreis eine Klingel eingeschaltet ist, Fig. 244. Will der Monteur mit dieser Vorrichtung die Stromfähigkeit einer Leitung, d. h. den ununterbrochenen Zusammenhang des Stromweges prüfen, so verbindet er die beiden Stränge der Leitung an einem Ende mit seinem Apparat, an dem andern Ende miteinander. Seine Klingel ertönt bei Inbetriebsetzung des Apparates, die Leitung ist also stromfähig. Jetzt löst er die Verbindung der beiden Leitungen miteinander und dreht wieder. Da jetzt der Stromweg unterbrochen ist, darf die Klingel nicht ertönen. Sie ertönt aber doch. „Halt!“ sagt der Monteur, „wir haben Kurzschluß im Zweige“ und nimmt nun die Strecke in Augenschein. Wichtig, bei einer Abzweigung war ein Fehler, der beseitigt wird. Wiederum geht er zu seinem Prüfungsapparat und stellt nun zu seiner Genugthuung fest, daß die Klingel schweigt und also kein Strom von einem Leitungsstrange zum andern übergeht. Kurzschluß hat die Leitung also nicht mehr und die Isolation zwischen beiden Strängen muß gut sein. Aber einer derselben kann noch Schluß mit der Erde haben. Der Monteur prüft also jede Leitung einzeln, indem er sie auf ihre Isolation gegen die Wasserleitung, die der beste Stromweg zur Erde ist, untersucht. Auch hier stellt sich kein Fehler heraus.

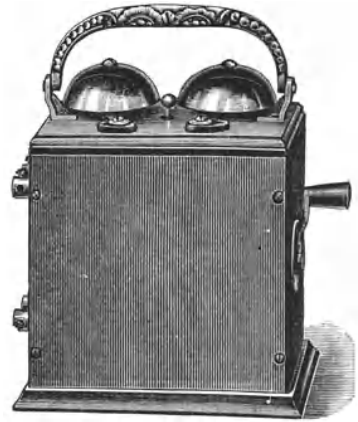


Fig. 244. Magnetinduktor mit Klingel für Leitungsprüfungen.

So arbeitet er weiter, bis das weitverzweigte Netz der Leitungen gelegt, die Beleuchtungskörper angebracht, die Drähte in dieselben eingezogen und mit den Fassungen verbunden sind. Dann wird noch einmal die ganze Anlage von dem Maschinenende aus untersucht, etwa sich kundgebende Fehler werden aufgesucht und beseitigt.

Jetzt geht er an seine Maschinenanlage. Der Sockel ist gemauert, die Gleitbahnen sind aufgesetzt, und ihre Ankerbolzen mit Zement u. vergossen. Die Dynamomaschine wird ausgepackt, auf die Gleitbahnen gestellt und der Riemen aufgelegt. Das Schaltbrett, das zumeist fertig montiert aus der Fabrik kommt, wird aufgehängt, die nötigen Verbindungsleitungen werden gezogen. Der Monteur kann nun seine Anlage in Betrieb setzen. Zunächst läßt er seine Maschine, deren leichten und richtigen Gang er schon durch Drehung des Ankers mit der Hand probiert hat, leer anlaufen, um sich zu vergewissern, ob auch die Lagerverhältnisse gut sind, und unterdessen setzt er die Lampen in die Fassungen. Dann schaltet er die Anlage ein, und das Haus erstrahlt in dem neuen Lichte. Bauherr und Baufrau, auch Baukind, wenn vorhanden, sind in Erwartung des großen Ereignisses herbeigekommen, um der Einweihung beizuwohnen, und freuen sich, daß das ihnen ziemlich räthelhafte Thun des Monteurs zu einem guten Ende gekommen ist. Auch der Monteur freut sich, wie sich jeder Mensch der fertigen und gelungenen Arbeit freut. Dann instruiert

er den Maschinenisten, der die Anlage später zu führen hat, und wenn er einige Tage den Betrieb geleitet und die Anlage übergeben hat, verschwindet er, um an anderer Stelle seine Netze zu weben.

So einfach, wie hier beschrieben, gestaltet sich die Arbeit des Monteurs nun nicht. Das Allgemeine seines Thuns ist freilich ziemlich simpel, aber nicht darin, sondern in den Einzelheiten steckt das Geschick des Monteurs. Er muß zunächst ein Stück von sieben Handwerkern sein. Für das Einsetzen der Dübel und die Anbringung der Durchführungsröhren muß er den Maurer spielen, für die Zurechtschneidung und Befestigung der Drahtleisten Tischler, er muß Metall feilen, bohren u. s. w. können, hat also auch den Schlosser zu spielen, für die Verbindungen der Leitungen und Leitungsteile muß er lüten können



Fig. 245. Unrichtige Abwicklung des Drahtes aus einer Drahtrolle.

wie ein Klemmner, er muß auf Dach und Boden, Balken und Leitern klettern können wie ein Dachdecker und gelegentlich auch Schmied und Zimmermann sein. Dabei muß er Politiker und Diplomat sein, um sich gelegentlich Hilfe zu verschaffen, auch um dem Bauherrn die Meinung beizubringen, welches Glück dieser gehabt habe, daß er gerade zu seiner, des Monteurs, Firma gekommen sei; er muß messen können, was leichter aussieht, als es ist, muß einen Riß machen und einen Bericht schreiben können. Man sieht, daß der Monteur ein vielgewandter Mann sein muß, und so mag er, wenn er von der Firma spricht, denn auch sagen: „Wir —“. Ist doch ein guter Monteur ein geschätzter Gehilfe der Firma, und daraus erklärt es sich, daß zur Zeit tüchtige Leute dieser Art besser bezahlt werden als mancher Ingenieur.

Gute Arbeit erfordert gutes Werkzeug, und bei der Montage elektrischer Anlagen gilt nicht der Franklinsche Spruch, man müßte mit der Säge bohren und mit dem Bohrer sägen können. Das gäbe eine Arbeit, die der Techniker mit „Murrkerei“ bezeichnet; die elektrischen Anlagen sollen aber nicht „gemurrkt“ sein, sondern gerade bei ihnen wird Sauberkeit der Arbeit verlangt, weil nur eine solche die Fehler und Schäden verhüten kann. Es haben sich nun im Laufe der Zeit aus den bestimmten Arbeitsverfahren und -vorgängen auch spezielle Handwerkszeuge entwickelt, welche in Handgriff und Leistung den Anforderungen des elektrotechnischen Monteurs entsprechen.

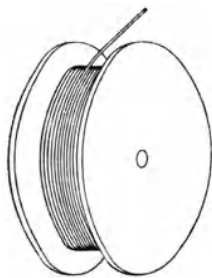


Fig. 246. Holzrolle zur Aufnahme der Leitung.

In erster Reihe ist es die Leitung, welche in ihrer Behandlung besondere Werkzeuge erfordert. Zunächst verlangt sie eine passende Vorrichtung, auf welcher sie zu liegen kommt, und von der sie abgerollt werden kann, ohne beschädigt zu werden. Legt man die Drahtrolle lose hin und zieht sie in Ringen ab (Fig. 245), so bleibt die Windung im Draht, und er bildet Schlingen, welche sich verwickeln, und zu sehr unangenehmen Verschlingungen Anlaß geben. Es ist notwendig, ihn abzurollen, und um dies in bequemer Weise zu können, wickelt man ihn entweder auf eine Holzrolle (Fig. 246) oder legt ihn auf eine Winde (Fig. 247), welche sich um einen senkrechten Zapfen dreht.

Zum Durchschneiden des Drahtes braucht der Monteur eine Aneißzange; für seine Zwecke bedient er sich zumeist einer besonders für ihn angefertigten Zange, die eine große Flachzange mit Schneiden an den Seiten ist, wodurch sie gleichzeitig zum Drahtschneiden verwendbar ist. Fig. 248 zeigt eine Abbildung einer solchen Zange. Zum Entblößen des Drahtes von der isolierenden Hülle benutzt der Monteur das Messer, das aber die Arbeit umständlich und keineswegs sauber macht. Man hat deswegen in neuerer Zeit besondere Vorrichtungen, Drahtentblößer, erfunden, welche die Arbeit des Freilegens des Drahtes erheblich erleichtern. Sind Leitungstücke zu vereinigen oder Abzweigungen anzusetzen, so wird die Verbindung durch Lötung bewirkt. Ist der Draht massiv, so verbindet man ihn

nach Art der in Fig. 139 gegebenen Verbindung; sind dagegen Kupferlitz in der Leitung, so werden die einzelnen Drähte quirlartig aufgebogen, die beiden Quirle ineinander gesetzt, und nun die einzelnen Drähte in Spiralen um die Litze des gegenüberstehenden Drahtes gelegt (Fig. 249). In ähnlicher Weise stellt man die Abzweigungen her. Sind die metallischen Verbindungen gemacht, so werden die Verbindungsstellen mit dem Lötkolben unter Zuhilfenahme von Kolophonium oder einem andern säurefreien Lötmedium gelötet, und dann mit Gummistreifen oder einem gummierten Band gut umwickelt, um die vorher entfernte Isolationshülle wiederherzustellen.

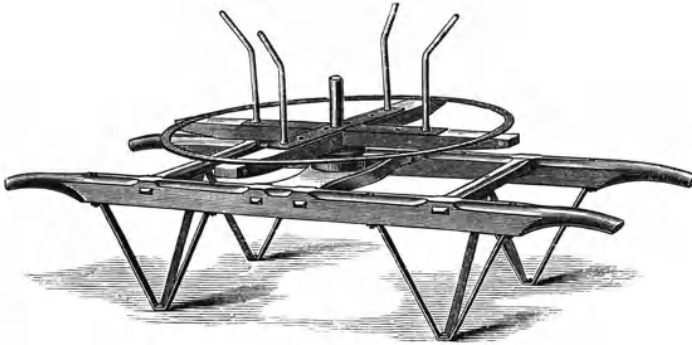


Fig. 247. Tragbarer Leitungshäpel.

Für das Zuschneiden der Drahtleisten benutzt der Monteur eine Handsäge und ein Gehrungsmaß, gegebenenfalls auch zum Zusammenpassen den Stechbeitel. Die Amerikaner haben kleine Schneidmaschinen konstruiert, welche durch Druck auf ein Messer die Leiste gleich in der Gehrung schneiden, was die Arbeit erheblich erleichtert.

Entsprechend der vielfachen Arbeitsverrichtungen, die dem Monteur obliegen, hat er mancherlei Werkzeuge für die Bearbeitung von Draht, Holz, Metall und Stein anzuwenden, die er wohlverpackt und wohlgeordnet mit sich führen muß. Man ist nun bemüht gewesen, praktische Werkzeugbestecks und -Koffer zusammenzustellen, und wir haben hier in erster Reihe die Elberfelder Werkzeugfirma W. Kücke & Co. zu erwähnen, welche sich seit geraumer Zeit mit der Herstellung von Spezialwerkzeugen und Werkzeugsammlungen für die Elektrotechnik befaßt. Es seien hier die Abbildungen verschiedener Spezialvorrichtungen der Firma wiedergegeben. Fig. 250 zeigt uns einen Werkzeugkoffer für Monteurs, wie er ihn auf seinen Montagen benötigt. Im Deckel sind eine Anzahl Holz- und Steinbohrer von verschiedenen Längen befestigt. Der Kasten selbst enthält in zwei Abteilungen die zahlreichen Schraubenzieher, wie sie bei der Montage benötigt werden, die Zangen, Lötcolben, Brustkleier u. s. w.; ein Mittelfach bleibt für die Aufnahme der verschiedenen Materialien, wie Lötzinn, Isolierband, Bindedraht u. s. w. In dieser Weise wohl verpackt, läßt sich das Werkzeug bequem transportieren, und der Monteur übersieht sofort, ob er alle Stücke bei einander hat.

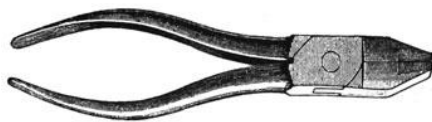


Fig. 248. Montagezange.



Fig. 249. Verbindung von Litzenenden.

Nicht immer ist es dem Monteur möglich, den schweren Koffer zu einer Arbeitsstelle mitzunehmen; oft hat er an schwer zugängliche Orte zu klettern und da muß er wie der weise Bias das Seinige bei sich tragen. Damit er durch daselbe nicht behindert wird, geben ihm Kücke & Co. einen Werkzeuggürtel (Fig. 251) um, in dessen Schlaufen er die benötigten Stücke einstecken kann. Ein kräftiger Ring in der Mitte des Gürtels hält eine starke Schnur, mit deren Karabinerhaken er sich an der gefährdenden Stelle einhängt und bei etwaigem Ausgleiten nicht abstürzen kann. Denn es braucht wohl kaum

gesagt zu werden, daß die Montage auch ihre Gefahren mit sich bringt, welche Vorsicht und Umsicht verlangen. Unsrer Fig. 252 zeigt weiter eine Vorrichtung, die Steigeisen, die ihn zum Ersteigen der Leitungstangen befähigen. Diese Steigeisen legen sich um die Stange und greifen mit ihren Spitzen in das Holz derselben ein, dem Fuße dadurch einen genügenden Halt gewährend. Durch Hebung des Fußes und Einsetzen des Eisens an einer höheren Stelle kann nun der Monteur die Stange wie auf einer Leiter erklimmen und in der Höhe seine Arbeit verrichten. In Amerika werden diese Steigeisen fast ausschließlich zum Erklettern der Stangen benutzt, welche mit der Zeit dann ganz bedeckt von den Wunden der Steigeisenspitzen erscheinen; in Deutschland sind sie selten und unsres Wissens wendet sie die deutsche Telegraphenverwaltung nie an.

Der Betrieb der Einzelanlagen erfordert ein gewisses Maß elektrotechnischer Kenntnis, das sich der Maschinist in vielen Fällen erst im Betriebe selbst erwerben muß. Zumeist

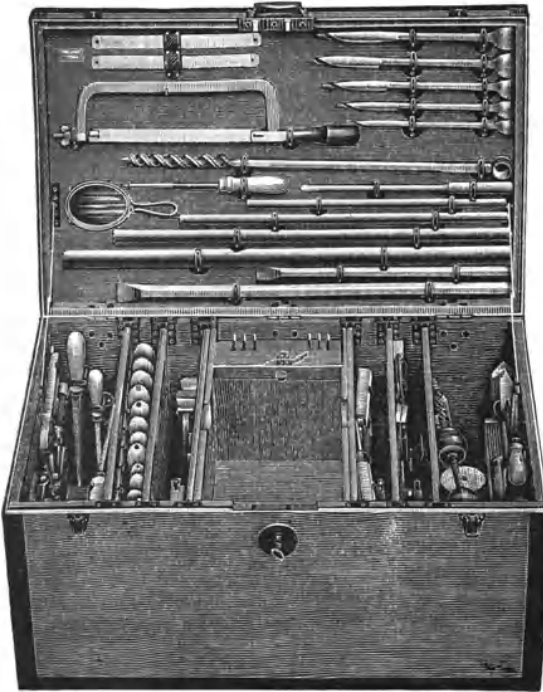


Fig. 250. Werkzeugkoffer für elektrische Montagen;
von W. Klüde & Co.

und bei kleineren Anlagen fast ausschließlich wird die Führung des Beleuchtungsbetriebes dem Maschinisten als Nebenbeschäftigung übertragen und in vielen Fällen, wo ihn der Portier, der Hausdiener oder eine andre in technischen Handgriffen nicht geübte Person zu überwachen hat, kann das Maß Sachkenntnis nicht groß sein. Dies ist auch keineswegs unbedingt nötig; wenn nur Liebe zur Sache, Pflichttreue und ein gewisses Verständnis vorhanden ist, dann führt oft ein anfangs ganz unkundiger Mann seinen Betrieb tadellos und lernt mit der Zeit die benötigten Eigen tümlichkeiten kennen.

Von dem maschinellen Teile des Betriebes wollen wir hier nicht sprechen, da ein solcher auch bei andern Anlagen zu führen ist und sich in nichts von diesem unterscheidet. Die Besonderheit beginnt erst bei der Dynamomaschine oder auch beim Riemen, auf dessen richtiges Laufen der Maschinist Obacht zu geben und entstandene Fehler

alsbald zu beseitigen hat. Bei der Dynamomaschine gibt es aber viel mehr zu beachten. Zunächst sind da die Lager, die wie alle Lager gut geölt werden müssen. Von Zeit zu Zeit hat man sie mit der Hand zu befühlen, ob sie nicht zu heiß werden und, falls dies geschieht, ihnen reichlicher Öl zuzuführen, sie gegebenenfalls während des Nichtbetriebes nachzusehen oder durch einen Maschinenbauer in Ordnung bringen zu lassen.

Auch die Magnetbewicklung der Dynamomaschine wird gelegentlich durch Anfassen auf ihre Erwärmung untersucht, weil eine zu große Erhitzung derselben einen Fehler derselben voraussetzen läßt.

Besondere Sorgfalt erheischt der Kollektor mit seinen Bürsten. Die aus einzelnen Drähten zusammengesetzte Bürste darf nicht sparrig werden, die Drähte sollen nicht wie ein Reißerbesen auseinandergehen, sondern die Bürste muß ihre stabförmige Gestalt behalten. Die Schleiffläche der Bürsten ist glatt zu halten, weil einzelne vorstehende Borsten entweder den guten Kontakt der Bürste mit dem Kollektor hindern oder zu scharf auf demselben schleifen, so daß Riefen entstehen. Wesentlich ist es, daß die Bürsten die richtige

Stellung auf dem Kollektor haben, die sich durch die Abwesenheit aller Funken oder doch durch das kleinste Maß derselben kennzeichnet. Starke Funkenbildung am Kollektor, die durch Änderung der Stellung der Bürsten nicht zu beseitigen sind, würde auf eine Störung in der Anlage hindeuten, vorausgesetzt, daß die Maschine richtig gebaut ist.

Der Kollektor muß stets glatt gehalten werden. Er schleift sich zwar mit der Zeit ab, aber wird er dabei unrund oder rauh, so ist er mit Glaspapier abzuschleifen oder wenn nötig abzudrehen.

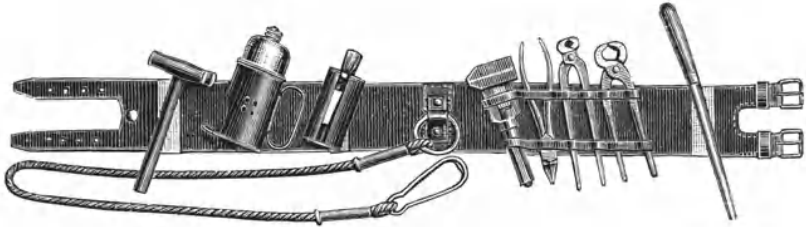


Fig. 251. Werkzeuggürtel von W. Kilde & Co.

Durch die Reibung der Bürsten auf dem Kollektor fällt Kupferstaub ab, der leicht in die Windungen des Ankers gerät; er kann hier unter Umständen zu Isolationsfehlern Anlaß geben, und es empfiehlt sich, ihn mit einem Blasebalg aus den Drähten fortzuschaffen.

Was der Maschinist nun weiter zu thun hat, wollen wir in einer kurzen Darstellung des Betriebes schildern. Der Besitzer hat bestimmt, es soll um fünf Uhr Licht gemacht werden. Eine Viertelstunde vorher hat der Maschinist alle Lager geölt, den Riemen auf seine Spannung angefühlt, hat die Kollektorbürsten richtig eingesetzt, so daß sie im vorgeschriebenen Winkel auf den Kollektor stoßen, und nun läßt er seinen Motor angehen. Zunächst läuft seine Dynamomaschine leer, er hat die Leitung ausgeschaltet. Er stellt nun seinen Nebenschlußregulator so ein, daß vorerst die Maschine mit Unterspannung arbeitet, um sie anfangs nicht zu sehr zu belasten. Dann schaltet er die Leitung ein und sieht auf seinen Spannungsmesser. Der Zeiger desselben bewegt sich auf die höheren Grade, und in der Anlage fangen die eingeschalteten Glühlampen an trübe rot zu glühen. Unser Maschinist schaltet nun nach und nach am Nebenschlußregulator Widerstand aus, der Zeiger des Spannungsmessers steigt und erreicht endlich die normale Höhe, die Lampen brennen mit der ihnen zugemessenen Lichtstärke. Nach einer Weile geht er aber wieder etwas zurück. „Aha!“ sagt der Maschinist, „die Tischlerei hat eingeschaltet. Na, da müssen wir mehr Strom geben“, und wieder schaltet er am Regulator so viel Widerstand aus, als nötig, um die Spannung auf die verlangte Höhe zu bringen.

So den Gang des Verbrauches am Spannungsmesser beobachtend, hält der Maschinist seine Spannung fest und bekümmert sich wenig um das, was sein Strom draußen macht. Allein der hat jaust nichts Gutes gemacht, oder richtiger der Herr Zeichner, der mit Wißbegierde an seiner Glühlampe herumprobiert und glücklich Kurzschluß zuwege gebracht hat. Dadurch ist die Sicherheitschaltung durchgeschmolzen und das Zeichnerzimmer in Dunkelheit gesetzt worden. Es wird also zum Maschinisten geschickt, die Störung zu beheben.



Fig. 252. Steigeisen zum Erklimmen von Pfählen; von W. Kilde & Co.

Nun er kennt seine Leute und seine Leitungen; den letzteren traut er mehr als den Herren und darum nimmt er an, daß der Kurzschluß nur ein vorübergehender ist, und riskiert darum, einen neuen Bleistreifen einzusetzen, und er hält. Andern Tags brennt die Tischlampe des Herrn Kommerzienrats nicht, und unser Maschinist stellt fest, daß ein Kontaktfehler aufgetreten ist, der den Strom unterbrochen hat. Auch dieser Fehler wird beseitigt.

Während des Tages besorgt unser Freund die Bogenlampen, die er reinigt und mit neuen Kohlen beschickt, macht Reparaturen, welche während des Betriebes nicht vorgenommen werden können, und sorgt so, daß der Lichtbetrieb, in welchem es an Zwischenfällen nicht fehlt, aufrecht erhalten bleibt. Hat er außer seinem Lichtbetrieb noch einen andern Maschinenbetrieb zu führen, so erhält er eine Hilfe, die den Außendienst verrichtet, denn er kann seine Maschinenstube nicht verlassen.

Bei größeren Lichtanlagen sind entsprechend mehr Leute beschäftigt und gegebenenfalls die Leitung des ganzen Betriebes einem fachlich gebildeten Mann unterstellt. Für einen Betrieb von dreihundert bis vierhundert Lampen ist Heizer und Dampfmaschinenführer häufig in einer Person vereint, zur Wartung der Dynamos und der Regulierapparate ist ein Dynamomaschinist angestellt, dem manchmal auch die Dampfmaschine überwiesen ist; für den Außendienst ist ein Monteur vorhanden, der Leitungen und Apparate genau kennt. Für noch größere Anlagen, die dann schon an die Elektrizitätswerke heranreichen, ist die Arbeit noch weiter geteilt und die leitenden Personen werden durch Hilfskräfte unterstützt.

B. Die Elektrizitätswerke.

Sehr bald nach der Einführung des elektrischen Lichtes entstanden Unternehmen, welche elektrisches Licht lieferten, indem sie von einer größeren Erzeugungstätte den Strom in die zu beleuchtenden Räumlichkeiten der Abnehmer leiteten und diese der Mühe und der Kosten für die Aufstellung und den Betrieb einer eignen Anlage überhoben. Auf diese Weise wurde dem elektrischen Licht eine viel größere Verwendung gewonnen, als es hätte geschehen können, wäre man immer darauf angewiesen gewesen, sich den Strom selbst zu erzeugen. Schon zu jenen Zeiten, welche nur das Bogenlicht kannten, entstanden in Amerika Zentralbogenlichtanlagen, und als die Erfindung des Glühlichtes und die Anwendung der Parallelschaltung eine fast unbegrenzte Teilung des Lichtes und des Stromes ermöglichten, entstanden rasch große Zentralanlagen für elektrische Beleuchtung, deren älteste die der New Yorker „Edison Co.“ sein dürfte.

In den Hauptteilen sind solche elektrischen Zentralbeleuchtungsanlagen — wir nennen sie kurz „Elektrizitätswerke“ — identisch mit den Einzelanlagen. Diese wie jene erfordern eine Stromerzeugungstätte, die bei beiden aus der motorischen und der Dynamomaschinenanlage besteht, ein Leitungsnetz und an den Enden desselben die Lampen mit ihren Trägern u. s. w. Aber diese Hauptteile erscheinen bei den großen Werken erheblich komplizierter, weil hier der Betrieb durch zahlreiche Hilfseinrichtungen weit mehr gesichert werden muß, als bei Einzelanlagen. Neben der Sicherheit sind es aber auch die Kosten der Anlage und des Betriebes, welche thunlichst gering zu gestalten sind, weil ein Elektrizitätswerk ein geschäftliches Unternehmen ist und an dasselbe andre geschäftliche Anforderungen gestellt werden, als an eine Anlage zu eiguem Gebrauch.

Diese ökonomischen Verhältnisse sind bei den Elektrizitätswerken von solcher Bedeutung, daß sie in erster Reihe die technische Gestaltung derselben bestimmen, und wir haben uns deswegen zunächst mit den hier auftretenden Fragen zu beschäftigen, um die Einrichtungen unserer heutigen Elektrizitätswerke uns verständlich zu machen.

Die Leitungen der Elektrizitätswerke. Der geschäftliche Schwerpunkt der Elektrizitätswerke liegt in den Einrichtungen zur Übertragung des Stromes, in den Leitungen; denn es entfällt mindestens ein Drittel der Anlagekosten auf die großen Leitungen, welche den Strom von der Erzeugungstätte zum Hause des Abnehmers führen.

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*, ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO2), is available at <http://extras.springer.com>



Aber dies ist es nicht allein, was der Leitung die große wirtschaftliche Bedeutung für Unternehmen der gedachten Art gibt; es kommt noch etwas andres in Frage. Wir können Leitungen, welche Niederspannungsstrom führen, nicht beliebig ausdehnen, können mit ihnen nicht Gebiete beliebiger Größe mit Strom aus einer Erzeugungsstätte versehen, weil mit der Länge der Leitung der unvermeidliche Verlust wächst und entweder zu groß wird oder, wenn man ihn durch Vergrößerung des Querschnittes der Leitungen herabmindert, die Leitungen so weit verteuert, daß sie keinen Ertrag bringen können. Man ist deswegen genötigt, das von einer Erzeugungsstätte mit Niederspannungsstrom versorgte Gebiet auf ein gewisses Maß zu begrenzen, und muß für größere Gebiete mehrere Erzeugungsstätten einrichten, so daß also die räumliche Ausdehnung eines Beleuchtungsgebietes nicht etwa nur zur Folge hat, daß einige Dampf- und Dynamomaschinen mehr im Werk aufgestellt und einige Leitungen an das bestehende Netz angefügt werden, sondern den Bau eines weiteren Werkes erheischt.

Nun kann man aber den Verlust in den Leitungen nicht nur durch Verstärkung der Querschnitte, sondern auch dadurch vermindern, daß man die angewendete Spannung erhöht. Der Verlust hängt nämlich, wie wir schon früher dargezogen haben, von dem Widerstande und der Stromstärke einer Leitung ab, die durch die Leitung übertragene Energie aber von der Stromstärke und der Spannung. Würden wir bei Mehrübertragung von Energie die Vermehrung durch Vergrößerung der Stromstärke bewirken, so würde entweder der Verlust größer werden, oder wir müßten den Widerstand vermindern. Das letztere können wir zunächst durch Verkürzung der Leitung; allein die Mehrübertragung bedingt ganz gewiß keine Verkürzung, sondern in den meisten Fällen eine Weiterführung, eine Verlängerung der Leitung, also eine Erhöhung des Widerstandes. Wir müssen uns also bequemen, den Querschnitt zu vergrößern. Das wird uns bald zu teuer und wir sehen uns daher außer stande, die Mehreinnahme aus dem vergrößerten Verkauf von Strom einstreichen zu können. Allein wir sind ja noch nicht mit unsern Mitteln zu Ende. Wir können ja die Mehrübertragung auch durch Erhöhung der Spannung bewirken. Dabei bleibt die Stromstärke die frühere, und der Verlust in der Leitung wird trotz der Mehrleistung nicht größer. Also haben wir ein einfaches Mittel gefunden, die Leitung unserer Werke ins Beliebige ausdehnen zu können. Aber da tritt uns ein böser Umstand entgegen, welcher zunächst als die drohende Macht Polizei erscheint. Diese — doch nein, der Elektrotechniker selbst sagt es sich, daß man mit der Steigerung der Spannung nicht an die Grenze der Gefahr gehen kann. Aber selbst innerhalb dieser Grenze, welche nicht allzu weit ist und bei 400 Volt schon erreicht sein dürfte, ist die Freiheit keine zu große. Berücksichtigen wir, daß ökonomische Glühlampen höchstens bis 120, sagen wir selbst bis 150 Volt Spannung erzeugt werden können, so erkennen wir, daß wir über diese Spannung nicht hinausgehen können, wir müßten denn das rationelle System der Parallelschaltung aufgeben wollen und zwei oder drei Lampen hintereinander schalten; dies wäre unthunlich. Da aber die Elektrizitätswerke in erster Reihe auf Glühlichtbeleuchtung angewiesen sind, so bleiben sie mit ihrer Spannung, die sie dem Teilnehmer zu liefern haben, an die niedrige Grenze gebunden. Aber ein Elektrotechniker verzagt nicht. „Wie?“ sagt er, „unser Teilnehmer will 100 oder 105 oder 110 Volt haben. Gut, soll er haben. Aber hindert uns dies, daß wir in den großen Zuleitungen, die wir bezahlen müssen, während er seine Hausleitungen uns bezahlt, eine höhere Spannung haben? Nein! Wir führen den Strom mit hoher Spannung dem Hause zu und geben ihn mit verminderter ins Haus ab. Gefunden! Nun fragt es sich nur, wie wir das Kunststück zu machen haben.“

Betrachten wir, wie er das Kunststück gemacht hat. Der Leser hat in dem Kapitel über Transformatoren gesehen, wie man solche Erniedrigung der Spannung unter entsprechendem Gewinn von Stromstärke im Wechselstromsystem erzielt. Aber auch das Gleichstromsystem, das zunächst eine größere Verbreitung als das Wechselstromsystem gewonnen hat, läßt die Benutzung höherer Spannungen zu, ohne daß die Normalspannung bei den Lampen geändert werden müßte. Von den Gleichstromtransformatoren, die wir S. 101 erwähnten, sehen wir dabei ab und wollen zunächst nur kurz ein andres Gleichstromtransformationsystem erwähnen, nämlich das mit Hilfe von Akkumulatoren.

Wenn wir mehrere Akkumulatorenbatterien, von denen jede etwa 160 Volt Ladungsspannung braucht, hintereinander schalten, so braucht die zusammengesetzte Batterie keine größere Ladungsstromstärke als jede einzelne, aber eine entsprechend vermehrte Ladungsspannung, bei zehn hintereinander geschalteten Batterien also 1600 Volt. Verbinden wir nun nach bewirkter Ladung der Batterien dieselben parallel, so erzeugen sie einen Strom von 120 Volt, und wir können nun mit ihnen eine Niederspannungsleitung speisen. Hätten wir die Batterien in Parallelschaltung geladen, so hätten sie zwar nur 160 Volt Ladungsspannung, aber die zehnfache Stromstärke gebraucht. Durch den Wechsel der Schaltung können wir also die Batterien mit hochgespanntem, kleinem Strom laden und mit niedriggespanntem, starkem Strom entladen. Das System hat etwas Bestechendes. Man stelle sich nur vor, daß die an passenden Punkten einer Stadt verteilten Batterien tagsüber mit einer hohen Spannung geladen werden, daß diese Ladung von einem einzigen Werk aus, welches außerhalb der Stadt auf billigem Grund und Boden steht und an Bahn und Wasser gut gelegen ist, durch eine dünne Leitung bewirkt wird, daß der Betrieb während des Tages gleichmäßig fortgeht und nicht von den Tageszeiten, dem Witterungswechsel, dessen Einfluß wir noch kennen lernen werden, von allerhand Verkehrsverhältnissen abhängig ist, so wird man sich sagen, daß das System sehr große Vorteile bietet. Allein es hat einen Mangel, und dieser Mangel heißt: Akkumulator. Zunächst ist der Verlust bei der Umsetzung durch die Akkumulatoren sehr erheblich, so daß etwa ein Viertel mehr Stromarbeit aufgewendet werden muß, als die Teilnehmer zugeführt erhalten. Dazu kommen

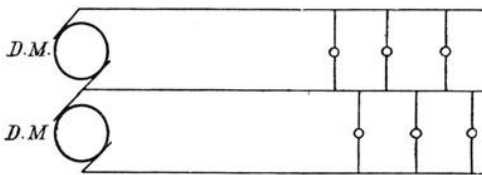


Fig. 253. Schaltung für das Dreileitersystem.

die Kosten der Unterhaltung der Akkumulatoren und endlich die immerhin prekäre Handhabung so großer Batterien, wie sie eine ausgedehnte Beleuchtungsanlage aufstellen müßte. Endlich sind noch die Beschaffungskosten der Batterien und die für ihre Aufstellung zu rechnen, so daß der ganze Vorteil verloren geht. Aber immerhin deutet diese Verwendung

der Akkumulatoren, welche in England versucht worden ist, einen Weg an, der vielleicht später zu einem Ziele führt. Die hier geschilderte Ladung und Entladung der Batterien kann auch gleichzeitig erfolgen. Zu diesem Zwecke werden von jeder Batterie aus Leitungen zu den zu speisenden Lampen geführt. Der Strom wird nun teils über die Lampen, teils durch die Batterien gehen und diese laden. Die Spannung an jedem Lampenzweige wird gleich der Ladesspannung der Batterien sein. Die Batterien wirken hier sozusagen als Stauwerke, wobei sie gleichzeitig den über die Stauung überlaufenden Strom aufspeichern.

Ein andres Mittel für die Verwendung höherer Spannungen in den Zuführungsleitungen bietet das Mehrleitersystem, welches die Reihenschaltung der Glühlampen ermöglicht, ohne die hintereinander geschalteten Lampen in unbequeme Abhängigkeit voneinander zu bringen. In seiner einfachsten Form, als Dreileitersystem, welches wir zunächst beschreiben wollen, ist es schon vielfach in Anwendung gekommen und hat sich bis jetzt bewährt. Bei demselben sind zwei Dynamomaschinen für Niederspannung hintereinander geschaltet, stellen also eine kleine Batterie von zwei Elementen dar, deren Gesamtspannung die doppelte derjenigen einer einzelnen Maschine sein wird (Fig. 253). Von dem positiven wie von dem negativen Pole aus führen nun Leitungen in das Beleuchtungsgebiet, außer diesen beiden aber noch eine dritte, welche von der Verbindungsstelle beider Dynamos abgeht; diese letztere Leitung heißt die Ausgleichs- oder auch neutrale Leitung. Zwischen positiver und neutraler Leitung, wie auch zwischen der neutralen und der negativen wird eine Spannung von normaler Höhe herrschen. Die Lampen eines gewissen Gebietes werden nun in zwei gleiche Gruppen geteilt und die der einen Gruppe zwischen die positive und die neutrale, die der andern zwischen die neutrale und die negative Leitung geschaltet. Solange nun alle Lampen jeder Gruppe brennen, geht der Strom aus der positiven Leitung durch die angeschaltete Lampengruppe, dann durch die zweite Gruppe,

welche mit der ersteren in Reihenschaltung steht, und kehrt durch die negative Leitung zur Dynamomaschinenbatterie zurück. Die neutrale Leitung führt in diesem Falle keinen Strom, oder doch nur in den kurzen Stücken, mit denen sie eine Gruppe mit der andern verbindet. Würde nun aber ein Teil der Lampen der zweiten Gruppe ausgelöscht, so ginge durch diese Gruppe weniger Strom als durch die erstere und den durch die zweite Gruppe nicht aufgenommenen Stromteil führt die neutrale Leitungen zu der zugehörigen Dynamo zurück. Würde die Zahl der in der zweiten Gruppe brennenden Lampen überwiegen, so müßte diesen Lampen, welche von der ersteren Gruppe nicht genügend Strom zugeführt erhalten, der bedurfte Mehrstrom durch die Ausgleichsleitung zugeführt werden. Wie man sieht, wird die Stromstärke und die Stromrichtung in der Ausgleichsleitung wechseln, je nach der Stärke des Ausgleichsstromes und der Gruppe, welcher sie solchen Strom zuzuführen hat.

Man sieht nun sofort, daß bei diesem Dreileiter mindestens ein Viertel an Leitung gespart wird, denn bei einfacher Parallelschaltung hätte jede Gruppe eine Zu- und eine Rückleitung benötigt, während beim Dreileitersystem einer dieser vier Stränge in Fortfall gebracht ist. Bei richtiger Verteilung der Lampen wird es nun aber kaum vorkommen, daß alle Lampen einer Gruppe noch brennen, während die der andern sämtlich ausgeschaltet sind. Die Ausgleichsleitung wird daher nie den ganzen Strom einer Gruppe zu führen haben, sondern sich denselben mit der Leitung der andern Gruppe teilen; es wird daher ermöglicht, der neutralen Leitung einen kleineren Querschnitt zu geben, und auf diese Weise spart man noch etwa ein weiteres Achtel Leitung.

Es liegt nun nahe, dieses System auf eine noch höhere Leiterzahl auszu dehnen und statt die Lampen in zwei Gruppen zu teilen, deren drei oder vier anzuordnen, um durch die gesteigerte Reihenschaltung noch weiter an Leitung zu sparen. In der That hat man auch bei dem städtischen Elektrizitätswerke in Königsberg i. Pr. ein Fünfleitersystem angewendet, also die Lampen in vier hintereinander geschaltete Gruppen geteilt. Wie sich diese vermehrte Teilung bewährt hat, darüber fehlen noch genügende Erfahrungen.

Dem Vorteil des Mehrleitersystems stehen als Nachteil die verwickelteren Schaltungsverhältnisse gegenüber, Verteilungsvorrichtungen und Abzweigungen werden komplizierte Einrichtungen, welche leichter zu Fehlern Anlaß geben und darum eine genauere und sachkundige Überwachung verlangen. Es ist für die Anwendung des Systems eine längere Erfahrung über die Benutzung der Lampen erforderlich, damit man darauf eine richtige Verteilung derselben anordnen kann und der Stromverbrauch in den hintereinander geschalteten Maschinen thunlichst gleich wird. Endlich ist zu berücksichtigen, daß der Betrieb solcher Anlagen schwieriger wird. Immerhin sind die Vorteile des Mehrleitersystems so erhebliche, daß man für größere Anlagen neuerdings vielfach das Dreileitersystem angewendet hat und mit demselben zufrieden ist. In Berlin hat man das Leitungsnetz, das anfänglich Zweileitersystem hatte, zu einem Dreileitersystem ausgebaut und gestaltet nach und nach das alte Netz für dieses System um.

* * *

Amerikanische Elektrizitätswerke.

Die Amerikaner waren die ersten, welche den Plan faßten, Zentralanlagen für die Stromerzeugung zu dem Zwecke zu bauen, Lichtabnehmern Strom zu liefern und sie in dieser Weise von der Selbsterzeugung des Stromes zu befreien. Sie sind also hiermit zeitlich vorangegangen, aber sie stehen uns nicht voran; vielmehr darf Deutschland sich rühmen, in dem „Berliner Elektrizitätswerke“, auf das wir etwas weiter unten zu sprechen kommen, das größte und eines der besteingerichteten Elektrizitätswerke zu besitzen.

Um den Unterschied zwischen den amerikanischen und den deutschen Werken zu zeigen, wollen wir eins der New Yorker Werke, das von der „Edison-Gesellschaft“ angelegt ist, kurz beschreiben.

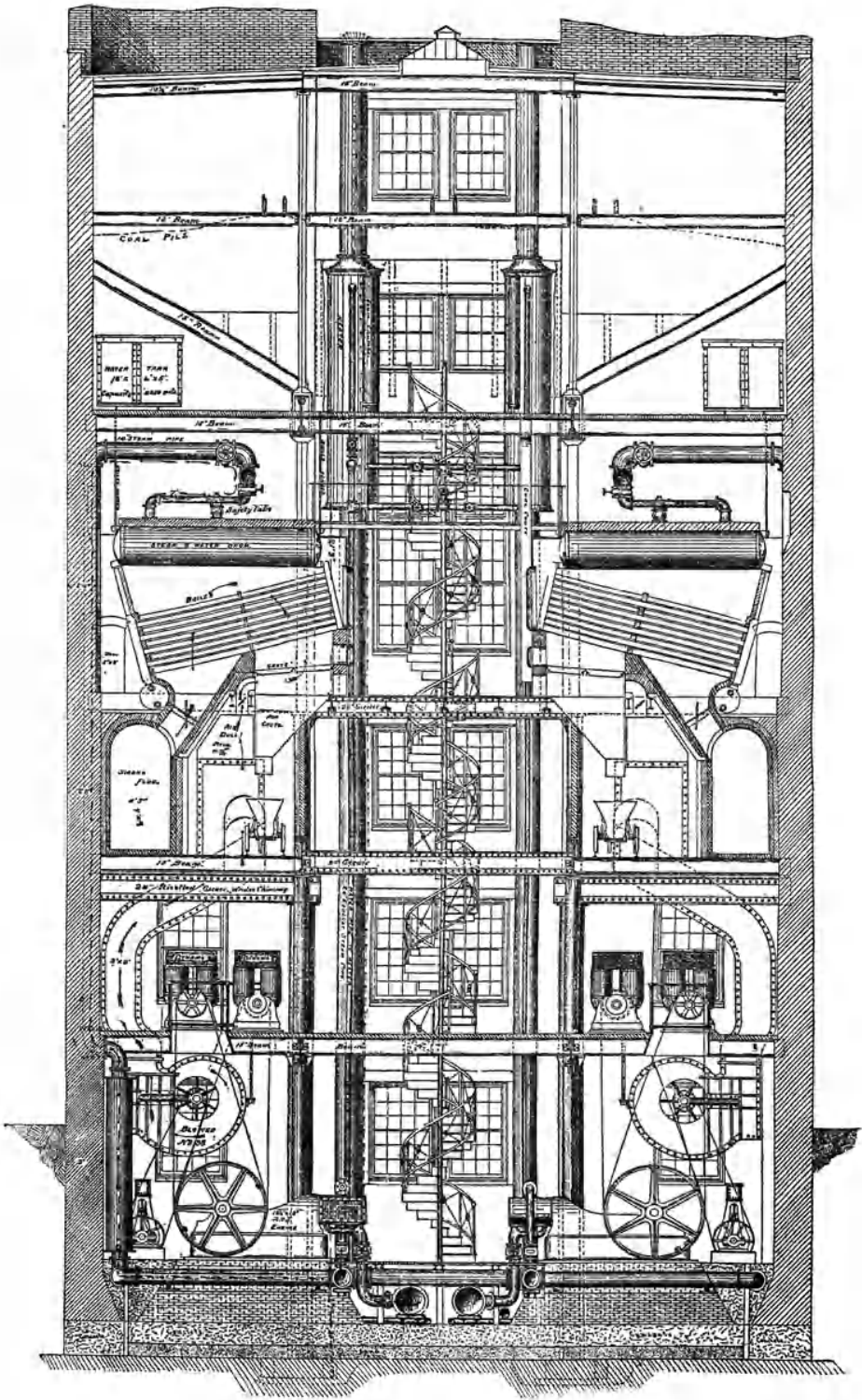


Fig. 264. Elektrizitätswerk in New York; Längsschnitt.

Mit Rücksicht darauf, daß die Gleichstromwerke thunlichst im Mittelpunkt des Beleuchtungsgebietes liegen müssen und also den Umständen gemäß auf teuren Grund und Boden zu stehen kommen, war man darauf bedacht, die Bodenfläche nach Möglichkeit auszunutzen, und hat deswegen die verschiedenen Maschinenräume übereinander gelegt. Wie unsre Fig. 254 zeigt, hat man im Erdgeschoß die Dampfmaschinen, im ersten Stockwerk die Dynamomaschinen und im dritten die Kessel aufgestellt und damit eine hohe Ausnutzung des Grundstückes ermöglicht.

Die Zahl der Dampfmaschinen, welche einen schnellen Gang haben, beträgt vierzehn zu je 200 Pferdekraften. Mittels Riemenübertragung treibt jede Dampfmaschine zwei Dynamomaschinen, deren Gesamtzahl also 28 beträgt. Diese Anwendung kleiner und vieler

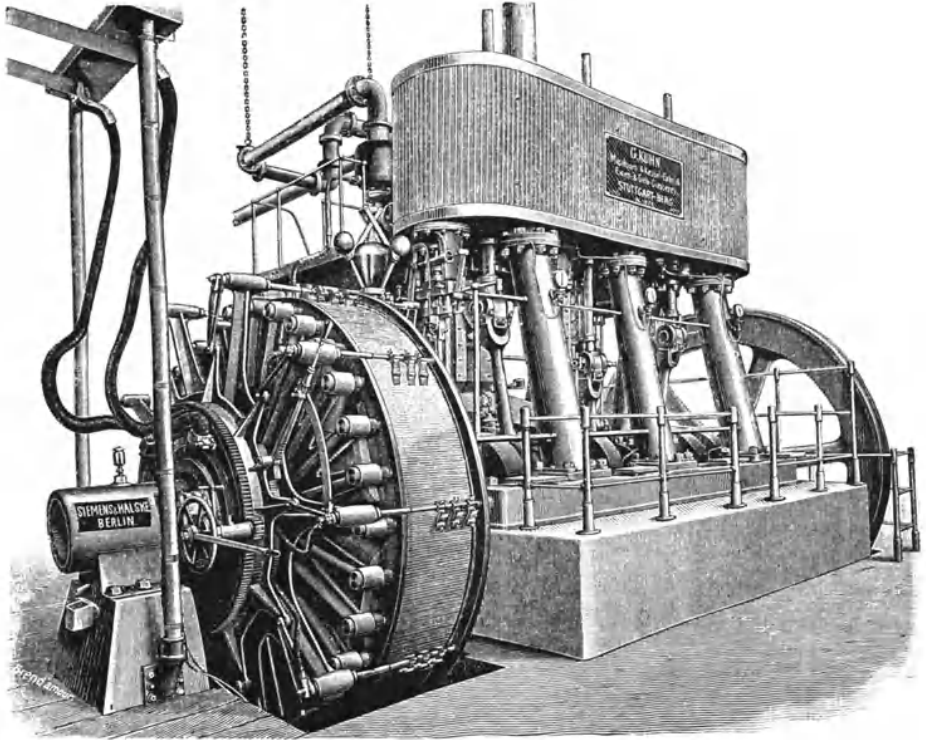


Fig. 255 Dampf-dynamo von Siemens & Halske; mit Untertollektor.

Maschinen und die Anwendung von Riemenübertragung gilt bei uns schon seit mehreren Jahren als überwundener Standpunkt. Unsre neueren deutschen Elektrizitätswerke werden mit wenigen großen und langsam laufenden Dynamomaschinen ausgerüstet, um von den Anzuträglichkeiten verschont zu bleiben, welche mit dem Riemenbetriebe und der Aufstellung vieler kleiner Maschinen verknüpft sind. Wir werden auf den weiteren Seiten solche Maschinen kennen lernen, wollen aber an dieser Stelle zum Vergleiche eine solche große Dampfmaschine von Siemens & Halske abbilden. Wie wir aus Fig. 255 sehen, ist hier die große Dynamomaschine unmittelbar mit der Welle der Dampfmaschine verbunden. Eine derartige Anordnung hatte uns schon die Dampflichtdynamo von Ganz & Co. (Tafel I) gezeigt, welche für die Erzeugung von Wechselstrom bestimmt war. Die Dampf-dynamo von Siemens & Halske dient aber zur Erzeugung von Gleichstrom, und es sei hier bemerkt, daß es weit größere Schwierigkeiten verursacht hat, große Gleichstrom- als solche Wechselstrommaschinen zu konstruieren. Die in Fig. 255 abgebildete Maschine ist eine Innenpolmaschine und weist die schon früher auf S. 64 erwähnte Eigentümlichkeit auf, daß sie

keinen gesonderten Kollektor besitzt, die stromabnehmenden Bürsten vielmehr auf den aus dicken Kupferplatten gebildeten Anfermwindungen schleifen. Mit dieser Anordnung, welche wir weiter unten bei den großen Maschinen der „Berliner Elektrizitätswerke“ wieder finden werden, ist die Konstruktion der Dynamomaschine wesentlich vereinfacht worden.

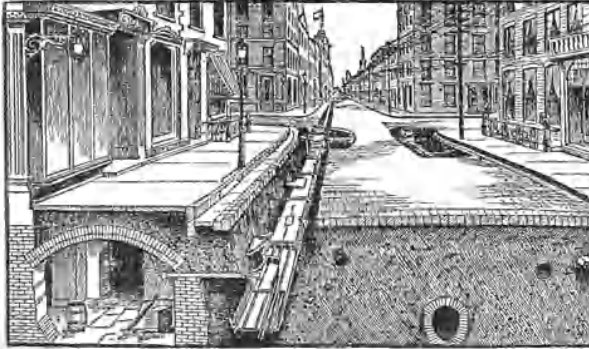


Fig. 256. Kabelkasten auf dem Broadway in New York.

nen eisernen Wagen in das höchste Stockwerk gehoben und dann in die Kohlenbehälter geschüttet, welche über dem Kesselraume liegen. Von hier läßt man sie nach Bedarf durch Trichter vor die Kessel fallen und schaufelt sie in den Feuerraum. In gleich bequemer Weise werden Asche und Schlacken entfernt, welche durch Trichter im Fußboden des Kesselraumes in eiserne Wagen im Stockwerk unter den Kesseln geschüttet und durch den Kohlen-

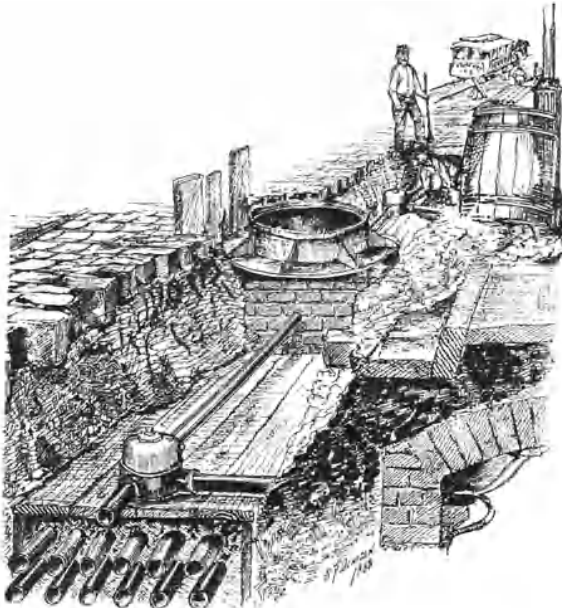


Fig. 257. Rohrstränge zur Aufnahme der Kabel.

anzug nach unten geschafft werden, um alsdann abgefahren zu werden. Die Dynamomaschinen sind für 140 Volt Spannung und 600 Ampère gebaut und machen 650 Umläufe in der Minute; jede kann also rund 1200 Lampen von 16 Normalkerzen speisen, so daß demnach das ganze Werk rund 32 000 Lampen zu betreiben vermag.

Mit den Leitungen haben die Amerikaner viele Versuche gemacht. Wo sie die Drähte, wie z. B. bei Bogenlichtanlagen mit Reihenschaltung, als oberirdische Leitungen führen konnten, haben sie dieses einfachste und billigste System benutzt, bis schließlich die vielen Unfälle, welche durch die Berührung solcher Leitungen mit andern Leitungen und mit der Erde entstanden, die verschiedenen Stadt- und Staatsbehörden ver-

Die Bürsten sitzen auf den Armen eines Speichenrades, welches durch eine Zahnradübertragung zur Einstellung der Bürsten gedreht werden kann.

Nach dieser Abschweifung kommen wir auf das amerikanische Werk zurück.

Jede der zwei Kesselbatterien besteht aus sieben Wasserrohrkesseln System Babcock & Wilcox; zwischen ihnen bleibt ein breiter Gang zur Bedienung frei. Die Feuerungskohle wird in klei-

nen eisernen Wagen im Stockwerk unter den Kesseln geschüttet und durch den Kohlen-

anlassen, die Verlegung der Leitungen in die Erde zu verlangen; sehr zum Schmerz der Elektrizitätswerke, welche sich nur mit Widerstreben zu der teureren Leitungsführung entschlossen. Es galt nun, zweckmäßige und billige Systeme für diese unterirdischen Leitungsanlagen zu erfinden, und in dieser Richtung haben die Amerikaner viel probiert, wie dies auch die deutschen und englischen Elektrotechniker gethan haben. Bei diesen wie bei jenen

ging das Streben darauf, das verlegte Kabel zunächst thunlichst gegen Schäden zu sichern, dann aber auch die Möglichkeit zu schaffen, das etwa beschädigte Kabel herausnehmen zu können, ohne den Boden aufzugraben und etwa notwendig werdende weitere Kabeln leicht in die geschaffenen Leitungswege einziehen zu können. Die beste Lösung würde diese Aufgabe durch „Unterstraßen“, das heißt durch geräumige unterirdische Gänge, welche sich unter dem Pflaster hinziehen, finden. Solche Unterstraßen, deren sich Paris erfreut, ermöglichen es, die immer zahlreicher werdenden Gas-, Wasser-, Rohrpost-, Telegraphen-, Telephon- und andre Stromleitungen in bequemer Weise anzulegen, nachzusehen, auszubessern und zu erneuern, ohne daß man genötigt ist, die Straßendecke aufzureißen und den Boden aufzumühlen, Arbeiten, die bekanntlich in unsern Großstädten zu einem dauernden und unerfreulichen Straßenbilde geworden sind.

Da nun aber die Herstellung solcher Unterstraßen, obwohl sie in der Zukunft eine Notwendigkeit werden wird, mit außerordentlichen Ausgaben verbunden ist, so hat man es vorerst versucht, für die Stromleitungen kleinere Kanalwege zu schaffen, welche längs der Bürgersteige angelegt werden und das Ein- und Ausziehen der Leitungen ermöglichen. So sehen wir in unser Fig. 256 einen flachen Kasten in den Straßenboden gelegt, welcher für die Aufnahme des Bogenlichtkabels zur Beleuchtung des Broadway in New York dient. Der Kasten ist durch Zwischenwände in vier Abteilungen geteilt, von denen jede eine gewisse Anzahl Leitungen aufzunehmen vermag. Von Strecke zu Strecke sind gemauerte Brunnen angebracht; in diese steigen Arbeiter und können dann dem ein- oder auszuziehenden Kabel die nötige Nachhilfe geben.

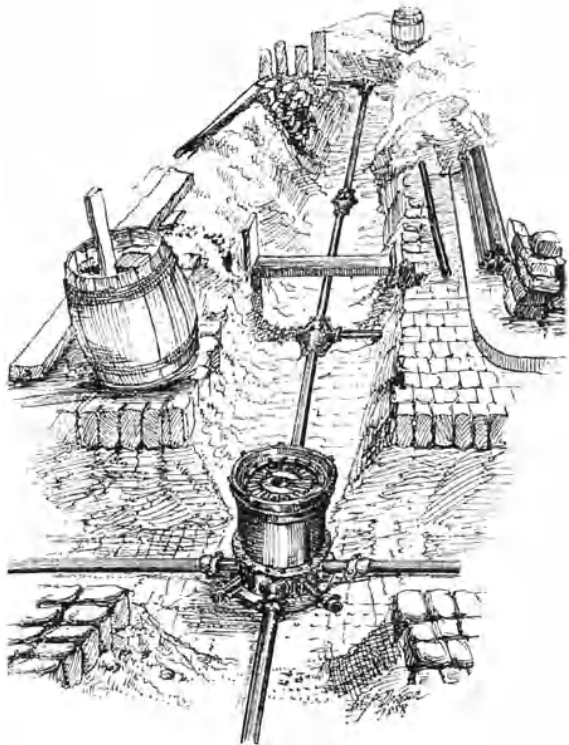


Fig 256. Edisons Leitungssystem.

Statt des flachen, geteilten Kastens hat man auch, wie unsre Fig. 257 zeigt, eine Anzahl Stränge aus Eisenrohr parallel nebeneinander in Konkret gelegt und damit Wege für die Kabel geschaffen. Für die Abzweigungen sind auf den Rohrkasten besondere Vorrichtungen gesetzt, welche die Verbindung der abzweigenden mit der Hauptleitung bewirken. Will man in solche Rohrstränge die beiden zusammengehörigen Leitungen einziehen, so wendet man am zweckmäßigsten die sogenannten „konzentrischen“ Kabeln an, auf welche wir weiter unten bei den Elektrizitätswerken von Ganz & Co. zu sprechen kommen. Bei diesen Kabeln sind Hin- und Rückleitungen in einem runden Strang vereinigt und können somit gemeinsam in das Rohr eingezogen werden.

Etwas anders ist Edison verfahren, welcher die Leitungsanlage den Gasrohranlagen nachgestaltet wollte. Er legte zwei Kupferstangen von der Form: \cap in ein eisernes Rohr und trennte sie voneinander und der Rohrwandung durch eine isolierende Gußmasse. Durch geeignete Verbindungsvorrichtungen wurden nun diese Rohrstücke zu einem fortlaufenden Strang vereinigt, wobei passend geformte Kniestücke und Abzweigungsvorrichtung die Anpassung an den Leitungsweg und Teilung des Stromes ermöglichen. Unsre Fig. 258

wird ein Bild einer solchen Leitungsanlage geben. Jetzt ist man im wesentlichen von der Verwendung solcher kurzen, starren Leitungstücke abgekommen und zieht es vor, lange, biegsame Leitungen und Kabel anzuwenden.

Daß der Amerikaner nicht ganz auf die Luftleitung verzichtet hat, mag noch unser Bildchen (Fig. 259) darthun, welches nebenbei gesagt ein spezifisch amerikanisches ist. Wie der Leser weiß, zieht es der Amerikaner vor, ein Haus für sich zu bewohnen, und so ist das amerikanische Ein-Familienhaus entstanden, das drei Fenster Front und mit dem Erdgeschoß vier Stockwerke hat. Ob es ein Hochgenuß ist, in vier Stockwerken zu wohnen, wollen wir dahingestellt bleiben lassen; der Amerikaner ist damit zufrieden, und über den Geschmack läßt sich nicht streiten.

Solche Ein-Familienhäuser füllen nun reihenweise ganze Straßen, ganze Stadtviertel, und da eins wie das andre aussieht, jedes eine rote Ziegelfront und grüne Fensterläden zeigt, so bietet eine solche amerikanische Straße das erfreuliche Bild einer wohl ausgerichteten Kompanie- oder Bataillonsfront. Hinter jedem Hause ist nun ein freier Platz,

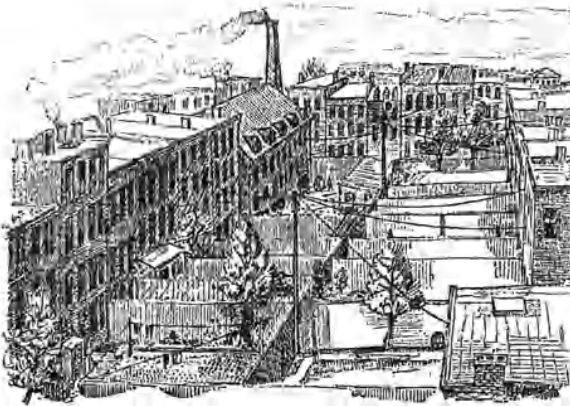


Fig. 259. Luftleitungen innerhalb eines Häuserblocks in Amerika.

so ein Mittelding zwischen Hof und Garten, und die Höfe der Häuser zweier Parallelstraßen stoßen mit den Enden in der Mitte des Blockes zusammen. Manchmal liegt zwischen den beiden Reihen noch eine schmale Gasse, welche eine gemeinsame Zufahrt für die sämtlichen Gartenhöfe abgibt. Diese Bauart haben sich nun auch die amerikanischen Elektrotechniker zu nutze gemacht, indem sie die unterirdische Leitung bis in den freien Raum zwischen den Häusern hinein und dann an

Die Berliner Elektrizitätswerke.

Die Entwicklung des Unternehmens. Eines der ältesten und größten und jedenfalls das bestingerichtete Elektrizitätswerk ist die große Anlage, welche Berlin mit elektrischem Licht versieht. Das Werk entstand 1884 als Unternehmen der damaligen „Deutschen Edison-Gesellschaft“ jetzt „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“, welche die Berechtigung zur Leitungsführung durch die Straßen von der Gemeinde Berlin erworben hatte und dieselbe der von ihr gegründeten Tochtergesellschaft („Städtische“), jetzt: „Berliner Elektrizitätswerke“ überließ. Die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“, welcher der Bau der Werke übertragen war, baute zunächst eine Stromerzeugungsanlage in der Marktgrafenstraße und bald darauf eine solche in der Mauerstraße, von denen jede anfangs ein insulares Gebiet speiste. Bald darauf wurden die Leitungsnetze beider Gebiete vereinigt, so daß bei geringerem Strombedarf — tagsüber — eines der Werke allein die Stromversorgung übernehmen, das andere dagegen stillgestellt werden konnte. Das alte Werk „Marktgrafenstraße“ war mit sechs Dampf- und achtzehn Dynamomaschinen ausgerüstet, so daß jede Dampfmaschine drei Dynamos und zwar mittels Riemen antrieb. Wegen der verwendeten Kessel konnte der Kesselraum nicht überbaut werden; es wurden daher, um die teure Grundfläche thunlichst auszunutzen, die Kessel über dem Maschinenraum angebracht und die Maschinen in das Souterrain gestellt. Unsere Fig. 260 gibt ein Bild eines Teils dieses Maschinenraumes. Wir sehen darin die Dampfmaschinen mit

vertikalen Cylindern an der Rückwand des Raumes aufgestellt. Die zu jeder Dampfmaschine gehörigen drei Dynamos sind stufelförmig aufgestellt, so daß ihre Riemen nebeneinander laufen. Zum Anspannen der Riemen stehen die Dynamos auf Gleitschienen. Sämtliche im Betrieb befindlichen Dynamos sind parallel zu einander geschaltet und schicken

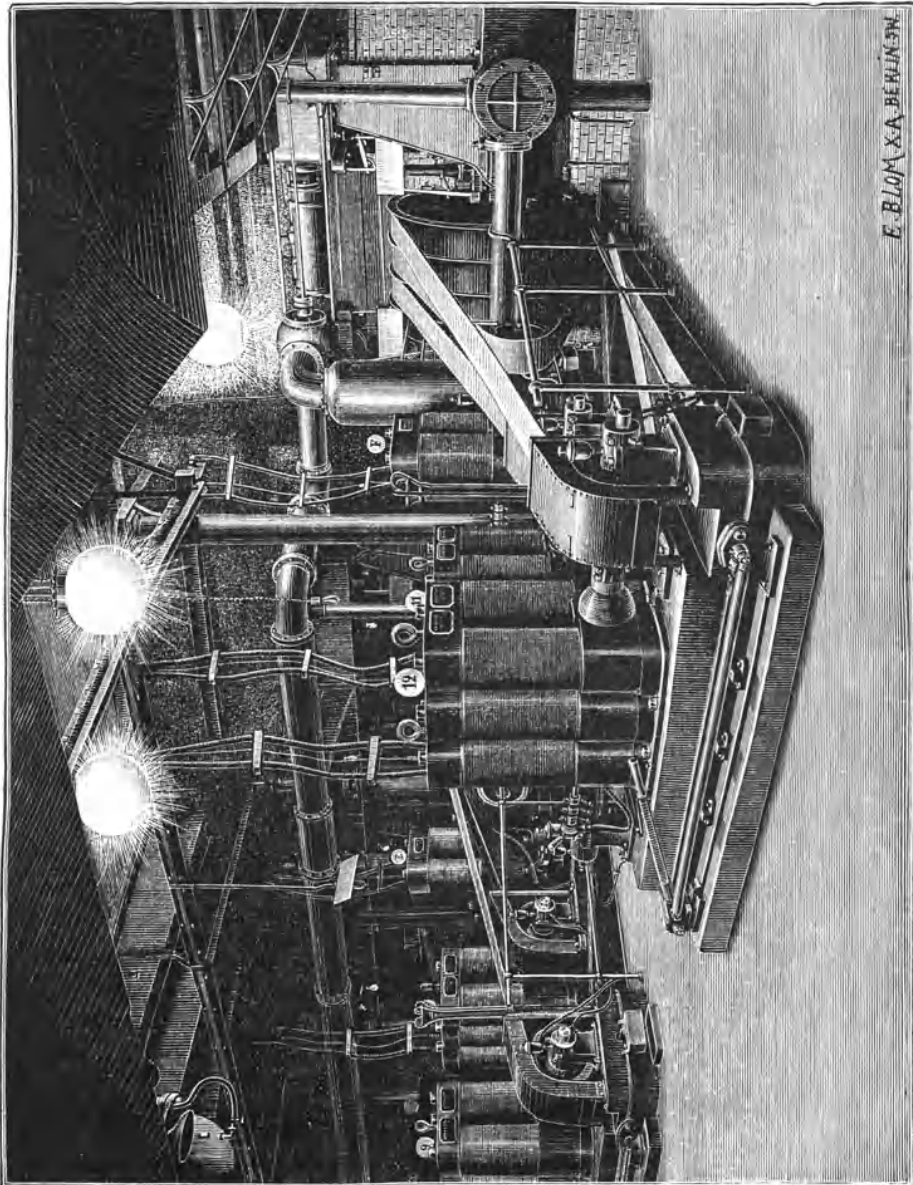


Fig. 260. Ein Blick in das alte Maschinenhaus des Werkes „Margaritenstraße“.

ihren Strom in eine Sammelleitung, von welcher aus sich die einzelnen Stränge des Leitungsnetzes abzweigen. Diese Anlage konnte zwölftausend Glühlampen speisen.

In ähnlicher Weise war auch die alte Anlage in dem Werk „Mauerstraße“ angeordnet, nur daß dort statt der Edison-Maschinen Innenpolmaschinen von Siemens & Halske, welche sämtliche Dynamomaschinen der Werke gebaut haben, zur Verwendung kamen.

Das Beleuchtungsgebiet dehnte sich aber rasch aus, und die einzelnen Teile wurden immer dichter mit angeschlossenen Lampen besetzt. Die chronologische Entwicklung des Beleuchtungsgebietes mag der Leser aus unserm Plan (Tafel V) ersehen; wir bemerken zu demselben noch, daß seitdem zahlreiche Ausläufer des Leitungsnetzes in das umgebende Gebiet gelegt worden sind; so daß heute bereits so ziemlich die ganze Mittelstadt mit Leitungen belegt ist. Was die Entwicklung des Anschlusses anlangt, so sei nachstehende kleine Tabelle gegeben:

Am 31. Dezember des Jahres	1885	waren	angeschlossen	4880	Lampen.
"	"	"	"	1886	" " 13800 "
"	"	"	"	1887	" " 23000 "
"	"	"	"	1888	" " 33800 "
"	"	"	"	1889	" " 56600 "
"	"	"	"	1890	" " 92000 "
"	"	"	"	1891	" " 124300 "
"	1. Juli	"	"	1892	" " 133400 "

Die Reihe zeigt eine gewisse Gesetzmäßigkeit, und bleibt diese für die nächsten Jahren noch bestehen, so werden bereits im Jahre 1900 2 Millionen Lampen angeschossen sein.

Unter diesen Umständen waren die Werke schon nach wenigen Jahren genötigt, nicht nur die bestehenden Anlagen ganz erheblich zu vergrößern, sondern auch noch zwei neue große Werke, das eine in der Spandauer Straße, das andre am Schiffbauerdamm zu errichten.

In diesen Neuanlagen wurden die Maschinenanlagen vollständig umgestaltet; an Stelle der vielen kleineren Maschinen wurden wenige Riesemaschinen aufgestellt, die Riemenübertragung kam ganz in Fortfall und die Dynamomaschinen wurden mit den Dampfmaschinen direkt gekuppelt. Von diesen Erweiterungs- und Neuanlagen wollen wir die Maschinenanlage des ältesten Werkes, des in der Marktgrafenstraße, eingehender beschreiben.

Die Maschinenanlagen. Wenn der Leser einen Blick auf den Grundriß dieses Werkes, der auf der Tafel IV wiedergegeben ist, wirft, so sieht er zunächst in dem Teile des sörmigen Gebäudes, welches den kürzeren Schenkel des Hafens vorstellt, die alte Anlage mit ihren 6 Dampf- und 18 Dynamomaschinen. Über diesem Raume — der Leser wolle den Aufsriß, der auf der gleichen Tafel abgedruckt ist, ansehen — sind die Kessel aufgestellt, neun an der Zahl. Dies war die alte Anlage; es wurde nun, als längerer Schenkel des Hafens, das neue Maschinenhaus angebaut, ein Raum von beiläufig 24 Meter Länge, 15 Meter Breite, dessen unteren Teil der Maschinenraum einnimmt, während die oberen Geschosse für Büroazwecke zc. dienen. Hier sind nun vier Vertikalverbund-Dampfmaschinen von je 300 Pferdekraft Leistung aufgestellt, welche von van der Kerthoven in Gent gebaut und meisterhaft ausgeführt sind. Jede dieser Dampfmaschinen treibt eine Dynamomaschine, welche als Innenpolmaschine konstruiert und von Siemens & Halske gebaut ist. Über die Konstruktion des Ankers und seiner Bewickelung haben wir bereits auf S. 65 berichtet, bemerken aber dazu, daß diese vier Maschinen noch mit besonderem Kollektor versehen sind, auf welchem zehn Bürsten schleifen. Um dem Leser eine Idee von den Abmessungen dieser Dampfmaschinen zu geben, bringen wir eine Abbildung derselben in Fig. 261, welche die Größen durch den Vergleich mit eingezeichneten menschlichen Figuren erkennen lassen wird.

Längs der vier Dynamomaschinen und über sie hin führt eine aus starken Kupferstangen hergestellte Leitung, welche zunächst den Strom jeder Maschine zu der großen Umschaltvorrichtung führt, von welcher aus dieser dann in eine aus starken Kupferblechen gebildeten Leitung — es ist die, welche sich um das Treppenhaus windet — nach dem Kabelausgang (am Ende des langen Schenkels des Hafens) fließt, um sich in die einzelnen Leitungen zu verteilen.

Eine ähnliche Umgestaltung, wie das Werk „Marktgrafenstraße“, das übrigens bereits schon wieder um vier Dampfmaschinen vergrößert worden ist, erfuhr das Werk „Mauerstraße“,

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*, ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO3), is available at <http://extras.springer.com>



in welchem neben den Dampfdynamos für 300 Pferdekraft auch noch größere für 500 Pferdekraft aufgestellt worden sind. Bei den letzteren Maschinen sind zwei Dynamomaschinen neuester Konstruktion, ebenfalls Innenpolmaschinen, aber ohne besonderen Kollektor zur Verwendung gekommen. Diese großen Dampfdynamos findet der Leser auf Tafel III abgebildet. Man ersieht aus dem Bilde, daß bei den verwendeten Dynamomaschinen der Kollektor, welchen die Maschinen der Fig. 261 aufwiesen, in Fortfall gekommen ist und die Bürsten auf den Außenkanten der Windungslamellen schleifen. Ähnlich wie das neue Maschinenhaus der Mauerstraße sind auch die der Werke „Spandauerstraße“ und „Schiffbauerdamm“ ausgerüstet und insgesamt sind jetzt in den Werken 29 Dampfmotoren und zusammen 53 Dynamomaschinen aufgestellt, welche vereint 120 000 Glühlampen von 16 Normalkerzen speisen können.

Der Betrieb. Wir wollen nun zunächst betrachten, wie diese großen Maschinen unter steter Kontrolle gehalten werden, um dem rasch und stark wechselnden Bedarf zu entsprechen. Der Stromverbrauch hängt von vielen Umständen ab, die Tageszeit, das Wetter, gesellschaftliche und Verkehrsverhältnisse beeinflussen ihn, wie wir schon früher angedeutet haben. Wie bedeutend diese Schwankungen sind, mag der Leser aus dem Späteren erraten, wenn wir den Betrieb schildern werden; hier wird es genügen, wenn wir sagen, daß bald eine Maschine in Betrieb gesetzt, bald eine solche aus demselben herausgezogen werden muß, und daß namentlich für die Verstärkung der Leitungen oft nur wenige Minuten Zeit bleiben. Soll nun eine Maschine in Betrieb gesetzt werden, so wird zunächst die Dynamomaschine angelassen und Strom aus der gemeinsamen Leitung in ihre Elektromagnete geschickt, so daß ihre Spannung allmählich anwächst. Hierbei ist die Dynamomaschine noch nicht mit der Hauptleitung, sondern mit dem sogenannten Anlaßwiderstand verbunden, der aus zahlreichen Abteilungen von Drahtspiralen besteht. Zur Regulierung des erregenden Stromes für die Elektromagnete wird derselbe durch einen veränderlichen Widerstand geführt, der mit dem in Fig. 212 dargestellten prinzipiell identisch, nur größer und zweckentsprechender konstruiert ist. Hat die Maschine die normale Spannung erreicht, so wird zunächst eine Abteilung des Anlaßwiderstandes eingeschaltet und die Zahl derselben unter gleichzeitiger allmählicher Verstärkung des Erregungsstromes vermehrt, zu welchem Zweck die Register dienen, welche der Leser auf der rechten Seite der großen Schaltvorrichtung (Fig. 262) erblickt. Die einzelnen Teile des Anlaßwiderstandes werden parallel zur Maschine geschaltet, nicht in Reihenschaltung; jede neu hinzukommende Abteilung verbreitert also den Stromweg, so daß die Stromstärke anwächst.

Endlich ist die Maschine auf ihre volle Stromstärke gekommen und nun wird sie zunächst unter Belassung ihrer Verbindung mit dem Anlaßwiderstand auf die Hauptleitung geschaltet. Sie arbeitet jetzt also gleichzeitig auf den Widerstand und auf das Netz. Nunmehr werden die einzelnen Abteilungen des Anlaßwiderstandes ausgeschaltet, bis endlich auch die letzte Abteilung herausgezogen ist, und man zieht dann den Schalter, der die Maschine mit dem Anlaßwiderstand verband, heraus. Soll die Maschine aus dem Betriebe herausgenommen werden, so geht das Verfahren seinen umgekehrten Weg, es wird die Maschine mit dem Anlaßwiderstand verbunden, der Strom, den sie in denselben hineinschickt, durch die Zuschaltung weiterer Abteilungen des Widerstandes vermehrt, und wenn der gesamte Strom der Maschine durch den Widerstand geht, die Maschine von der Leitung abgetrennt, worauf dann der Strom der Maschine durch Herausnahme von Abteilungen verkleinert wird und die Maschine endlich stromlos ist.

Bei dem Zusammenarbeiten der parallel geschalteten Maschinen muß darauf gesehen werden, daß jede Maschine die normale Spannung hält und annähernd den gleichen Stromteil in die Leitung schickt. Um Spannung und Stromstärke jeder Maschine zu erkennen, werden dieselben mit Strom- und Spannungsmessern verbunden, wie wir sie früher beschrieben haben.

Zur Überwachung der Maschinen, die von der Schaltvorrichtung aus geschieht, genügt ein Beamter, der mit wenigen Handgriffen die 1200 Pferde der Maschinen zügelt; mit Naturpferden wäre die Sache nicht so einfach bewirkt.

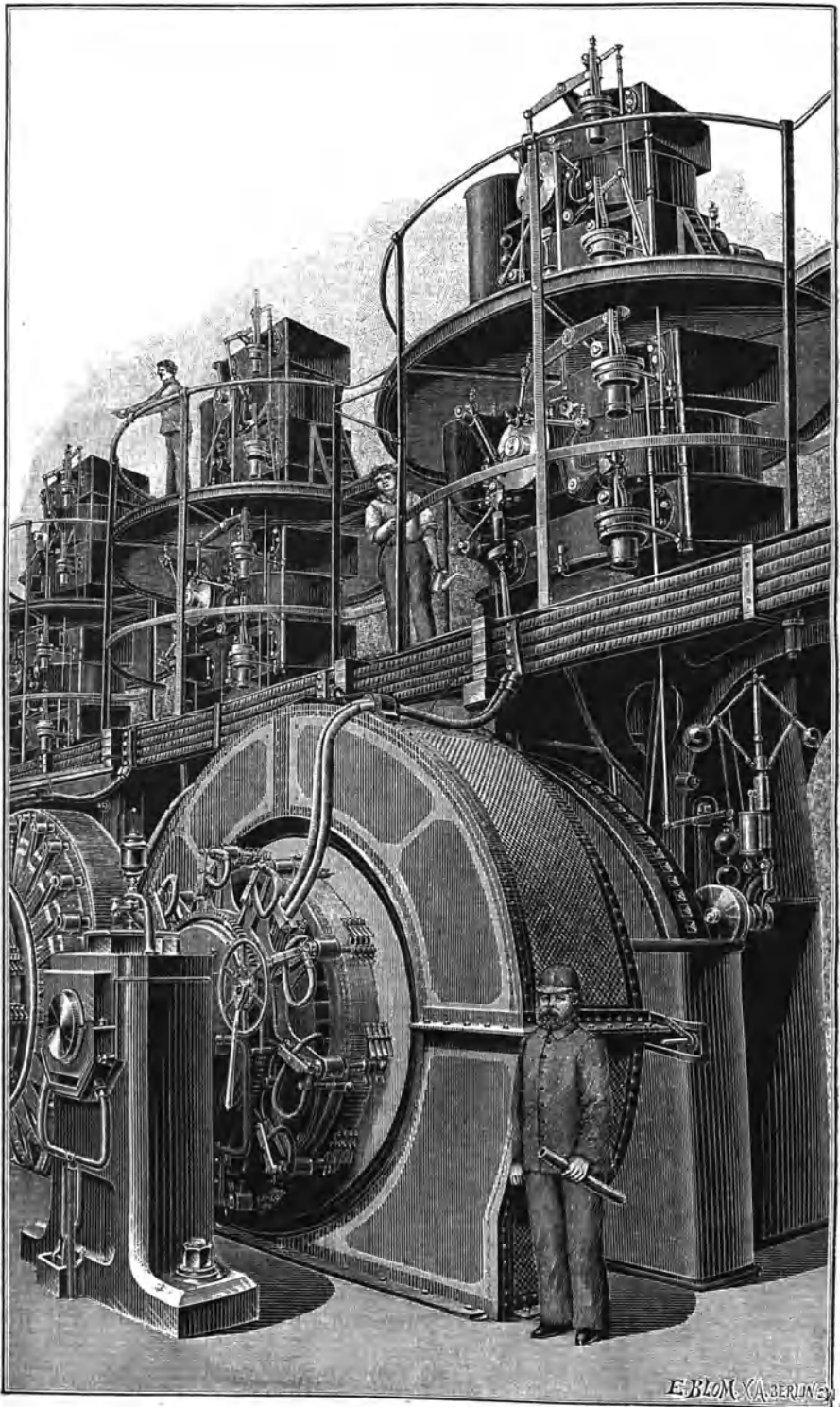


Fig. 261. Die großen Dampfdynamos des Werkes „Markgrafenstraße“

Der wechselnde Betrieb erheischt nun eine stete Bereitschaft für alle Maschinen, da unter Umständen jede Maschine in den Betrieb eintreten muß. Es ist daher notwendig, den gesamten Organismus so zu gestalten, daß kein Glied — und ihrer sind viele — im Augenblick des Bedarfs versagt. Um dies zu erreichen, ist zunächst die genügende Anzahl Kessel bereit zu halten, um dem wechselnden Dampfverbrauch genügen zu können. Die einzelnen Kessel werden in regelmäßigem Wechsel in Betrieb genommen, und sobald einer derselben außer Thätigkeit gestellt ist, wird er thunlichst ohne Verzug gereinigt und für die neue Thätigkeit fertig gemacht. Stets bleiben einiae Kessel in voller Bereitschaft.

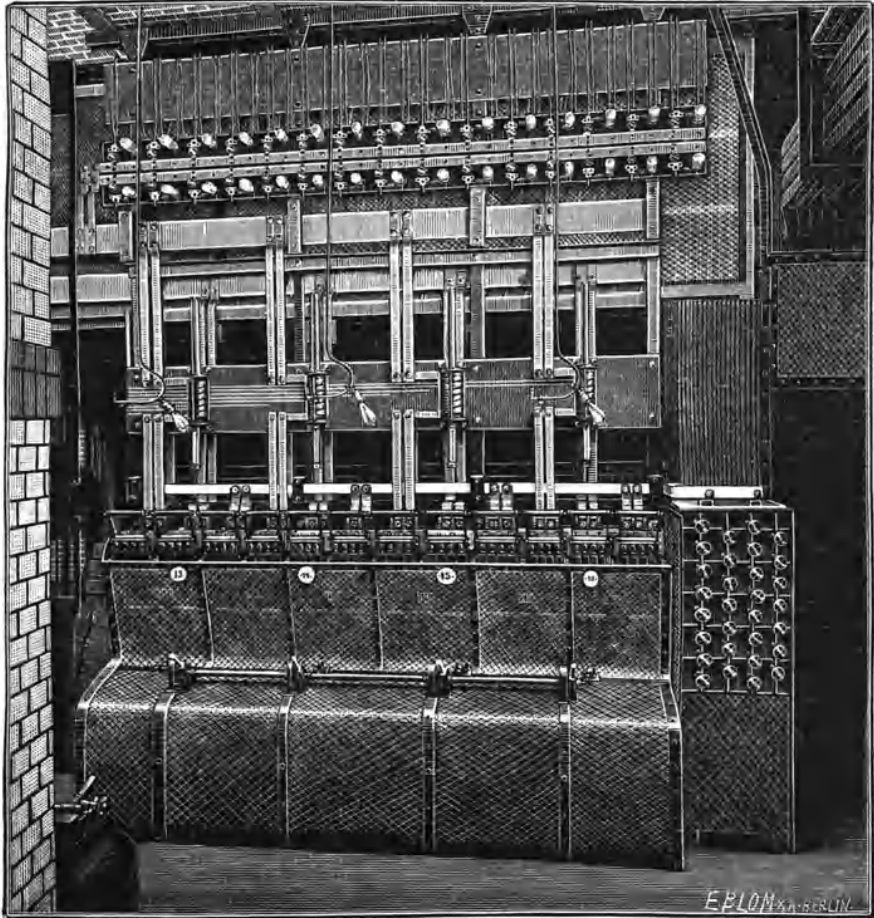


Fig. 262. Schaltvorrichtung für das Werk „Marktgrafenstraße“.

so daß es genügt, eine Schippe voll glühender Kohlen auf den Kofst zu werfen, um das schon eingepackte Anheizmaterial zur Entflammung zu bringen. In kurzer Zeit ist dann die Feuerung im Gange und bald steht der Kessel unter vollem Druck; nun kann er an der Dampflieferung teilnehmen. Eine solche fortwährende Kriegsbereitschaft ist unbedingt notwendig, da der Strom-, also auch der Dampfverbrauch in wenigen Minuten auf das Doppelte und Dreifache steigen kann. Wie oft ereignet es sich, daß an einem hellen Sommernachmittag, für welchen der Stromverbrauch klein ist, ein Gewitter heraufzieht und die Stadt in Dunkel hüllt. In wenigen Minuten greifen dann hunderte von Händen nach dem Hahn der Glühlampe, und keiner der Abnehmer denkt in diesem Augenblick wohl daran, daß er mit seinen vielen Genossen eine gewaltige Rückwirkung auf den Betrieb

des Elektrizitätswerkes ausübt. Hier ist nun alles in Bewegung, der gewaltigen Steigerung zu begegnen, und Kessel und Maschinen werden in unheimlicher Geschwindigkeit fertig gemacht. Zumeist überrascht eine solche Steigerung der Werke nicht, denn ihre Leiter schauen fleißig nach dem Wetter aus, wohl wissend, was es ihnen für den Betrieb bringt. Aber es kommen doch einmal kritische Tage, für die auch der wetterkundigste Mann nicht

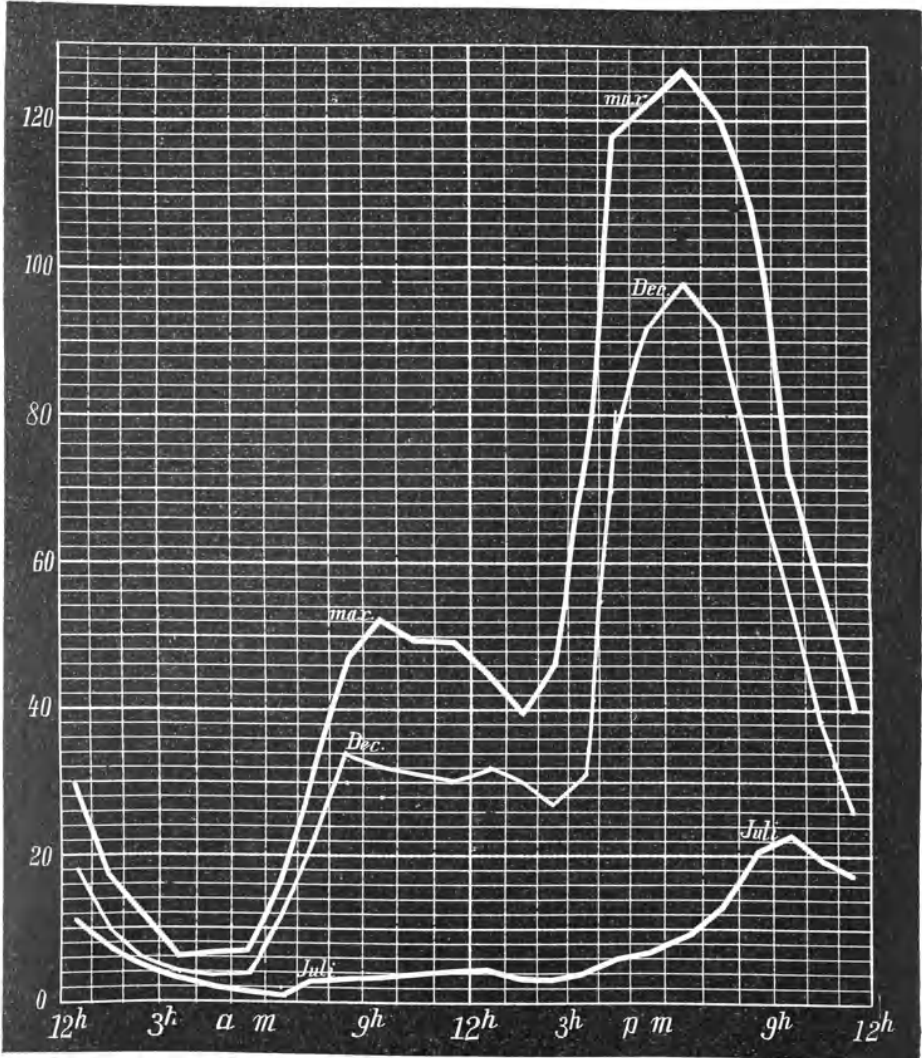


Fig. 263. Die mittlere stündliche Schwankung des Stromverbrauches an einem Juli- und einem Dezentage.

die plötzlich hereinbrechenden Ereignisse voraussehen kann, und dann heißt es, auf alle Überraschungen gefaßt sein.

Abgesehen von den außergewöhnlichen Änderungen im Bedarf, erheischt der regelmäßige Wechsel Berücksichtigung. Zunächst ist es erforderlich, diesen Wechsel zu kennen; die „Berliner Elektrizitätswerke“ haben daher seit Jahren durch ein eigenes statistisches Bureau alle Daten, welche sich auf den Verbrauch und seine Änderungen beziehen, sammeln lassen und durch dieses Verfahren eine wertvolle Grundlage für die Betriebsführung gewonnen. Es hat sich nämlich aus diesen Zusammenstellungen ergeben, daß der Verbrauch

gewisse Gesetze zeigt und für Tag und Stunde, Monate, Jahreszeit u. s. w. gewisse Verbrauchsgrößen vorausgesehen werden können, wobei natürlich die unregelmäßig auftretenden Einflüsse und die Wirkung der andauernden Steigerung des Gesamtverbrauches in Rechnung gezogen werden muß.

Um erkennen zu lassen, wie der Verbrauch wechselt, wollen wir hier einige Kurven wiedergeben, welche diesen Wechsel versinnbildlichen. Unsere Fig. 263 zeigt uns den Verbrauch in den 24 Stunden eines Juli- und eines Dezembertages.

Aber nicht allein von der Sonne hängt der Verbrauch ab; auch die gesellschaftlichen Verhältnisse spielen dabei eine große Rolle. So zeigt uns unser zweites Diagramm (Fig. 264) die Schwankungen des täglichen Verbrauches an sämtlichen Tagen von vier

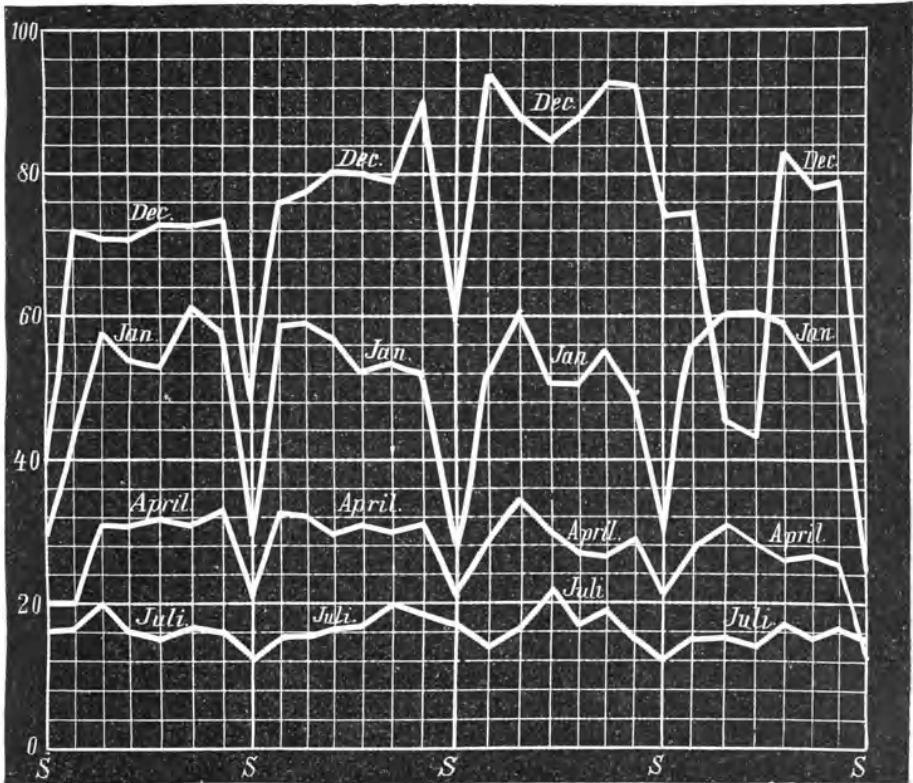


Fig. 264. Der Stromverbrauch an den verschiedenen Wochentagen.

Monaten. Bei diesen Kurven fällt uns auf, daß sich je am 7. Tage eine tiefe Senkung zeigt. Dies sind die Sonntage und die analogen Senkungen am ersten Montag des April und in der letzten Dezemberwoche sind durch den entsprechenden Minderverbrauch an den Ofter- und Weihnachtsfeiertagen entstanden. Wäre das elektrische Licht ein Luxuslicht, so müßte der Verbrauch am Sonntag steigen. Aus der gegenteiligen Erscheinung haben wir den entgegengesetzten Schluß zu ziehen, daß die Verwendung des elektrischen Lichtes zumeist mit dem Erwerb verbunden, daß es ein Nutzlicht ist.

Auch andre Ereignisse wirken auf den Verbrauch ein, und es zeigte der April und Juni des Jahres 1888 einen anomalen Minderverbrauch, der durch den Tod der Kaiser Wilhelm und Friedrich verursacht wurde.

Da die vier Werke ihren Strom in das gemeinsame Leitungsnetz schicken, so wird man sich fragen, wie das Zusammenarbeiten der getrennten Betriebe zu ermöglichen ist. Man

wird zu der Annahme geneigt sein, daß die Werke stets untereinander in Verkehr stehen; aber dies ist nicht der Fall. Jedes Werk arbeitet für sich und hat nur dafür zu sorgen, daß es die normale Spannung an seinem Leitungsausgang hält. Im übrigen sorgt die Anordnung des Leitungsnetzes dafür, daß der Strom sich richtig verteilt und an allen Stellen des Netzes die richtige Spannung hat. Die Leiter der Werke erkennen aus dieser einfachen Beobachtung des Spannungsmessers, ob und wieviel Strom ihr Werk für jeden Zeitpunkt zu liefern hat, ersehen daraus, ob sie mit dem Betrieb zu beginnen oder aufzuhören haben. Sie merken an diesem untrüglichen Telegraphen auch sofort, wenn das Werk, mit dem sie für einen Gebietssteil zusammenarbeiten, etwa durch irgend einen Umstand seine Leistungen hat verringern müssen und das eigne Werk dafür einzutreten hat. Diese Verbindung von Zusammenarbeiten und Unabhängigkeit der einzelnen Werke, welche die Betriebsführung wesentlich erleichtert, beruht auf der richtigen Anordnung des Leitungsnetzes, welche die Erhaltung der normalen Spannung an allen Stellen des Netzes bewirkt, wenn die richtige Spannung an den vier Werken aufrecht erhalten bleibt, gleichviel wie sich der Strombezug aus den Leitungen an den verschiedenen Stellen gestaltet.

Das Leitungsnetz der Werke war früher nach dem Zweileitersystem eingerichtet. Mit wachsender Ausdehnung des Beleuchtungsgebietes ging man zum Dreileitersystem über, für welches nach und nach das alte Leitungsnetz umgestaltet worden ist. Im Prinzip ist die Leitungsanlage derart angeordnet, daß die von den Werken ausgehenden Kabel zunächst nach verschiedenen Verteilungspunkten führen, von denen ab sich dann die Einzelleitungen ausbreiten. Es geschieht dies, um die Spannung an allen Punkten des Beleuchtungsgebietes thunlichst auf gleicher Höhe zu halten; wäre dies nicht der Fall, so müßte man für solche Anlagen, bei denen die Spannung unter die normale sinkt, Lampen anwenden, welche für die geringere Spannung bemessen wären, was zu Unzuträglichkeiten führen würde, oder man setzte sich der Gefahr aus; daß die Abnehmer sich über zu dunkles Brennen der Lampen beklagten. Die richtige Anlage des Leitungsnetzes ist eine wichtige und nicht leichte Aufgabe für den Ingenieur, der sich auf dem Wege verwickelter Berechnung darüber klar machen muß, welche Querschnitte er jeweils für einen Leitungsstrang zu wählen hat.

Eine völlig gleichförmige Spannung in allen Punkten kann er überhaupt nicht erreichen, und es treten mit wechselnder Belastung der Leitung auch veränderliche Schwankungen auf; allein er vermag durch richtige Bemessung eine hohe Annäherung an die Gleichförmigkeit zu erzielen, und hierzu hilft ihm außer der Berechnung auch die Erfahrung, welche ihn belehrt, wie sich die Belastung der Leitung gestaltet.

Die Leitungen der „Berliner Elektrizitätswerke“ sind durchweg unterirdisch in den Straßen geführt. Für dieses Benutzungsrecht haben die Werke 10 Prozent der Bruttoeinnahme und einen Teil des Gewinnes zu zahlen, wenn dieser einen gewissen Prozentsatz des Anlagekapitals übersteigt. Als Leitungsweg ist zumeist der Rand der Bürgersteige hart an der Bordstufe gewählt. Die Leitungen werden hier etwa 60 Zentimeter in einem ausgeworfenen Graben verlegt, der nach bewirkter Verlegung wieder verschüttet und bepflastert wird. Das Verlegen selbst ist eine ziemlich einfache Arbeit. Die auf große Trommeln gewickelten Kabel werden an die Verlegungsstelle herangefahren, ausgerollt und dann in den Graben gebracht. Um sie bei späteren Aufdeckungen kenntlich zu machen, umgibt man sie von Strecke zu Strecke mit Ringen aus Bleiblech, denen unterscheidende Marken eingeprägt sind.

Die Kabel selbst bestehen aus vielsträhnigen Kupferlitzen, deren Durchmesser bis zu 60 Millimeter gehen. Über die Litzen ist die imprägnierte, isolierende Hülle gelegt, und das Ganze ist dann mit einer doppelten Bleihülle umpreßt. Zum Schutz des Bleies gegen die chemischen Bestandteile des Erdbodens, namentlich gegen Chloride, ist der Bleimantel mit geteilter Zute umwickelt und dann das Ganze zum Schutz gegen mechanische Einflüsse, die in dem viel durchwühlten Boden der Berliner Straßen nur zu häufig an sie herantreten, mit einem dicken Eisenband in Spiralwindungen umgeben, so daß der Hieb einer Spitzhacke das Kabel treffen kann, ohne es zu beschädigen.

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*, ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO4), is available at <http://extras.springer.com>



Zur Verbindung der Leitungen, wie sie für die Vereinigung der einzelnen Kabel-längen und für die Herstellung der Abzweigungen benötigt werden, bedient man sich der Klemmverbindung, da die sichere Zusammenlötung so starker Kabel kaum zu erreichen ist. Zur Vereinigung zweier Kabelenden werden dieselben zunächst von ihren Hüllen entblößt, wobei man jede weiter nach außen liegende Hülle um ein größeres Stück zurückschneidet als die unter ihr liegende; ein solches zugerichtetes Ende zeigt dann die einzelnen Lagen in konzentrischen Abstufungen, aus denen am weitesten die nackte Kupferseele hervorragt. Die beiden Enden der Kupferleitung werden nun in eine kupferne, innen verzinnete Backen-klemme gelegt, welche durch Schrauben an die zu vereinigen den Enden angepreßt wird.

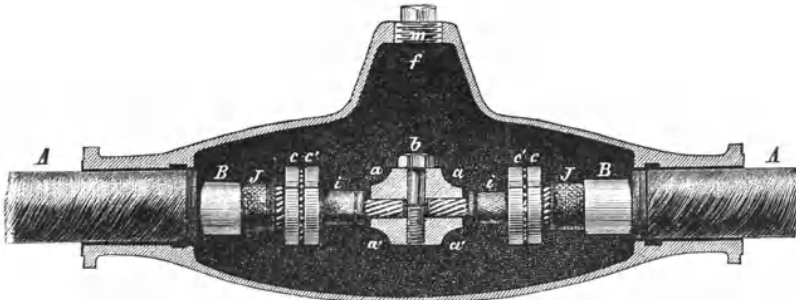


Fig. 265. Verbindung von Leitungskabeln.

Da nun der entblößten Stelle wieder der nötige elektrische und mechanische Schutz gegeben werden muß, so wird die Verbindungsstelle in eine eiserne Muffe, die aus zwei aufeinander passende Hälften besteht, gelegt. Die beiden Hälften werden nach Einlegung des Kabels und Abdichtung der Einführungsstellen mit Schrauben vereinigt, und der Hohlraum derselben wird dann mit einer isolierenden Masse ausgegossen. Die Eingießöffnung wird durch einen aufgeschraubten Pfropfen verschlossen, und so liegt nun die Verbindungsstelle sicher gebettet in der Muffe und in der Erde.

Ähnlich verfährt man für die Herstellung der Abzweigung. Das Hauptkabel wird an der Abzweigungsstelle in der geschilderten Weise entblößt und diese Stelle durch eine

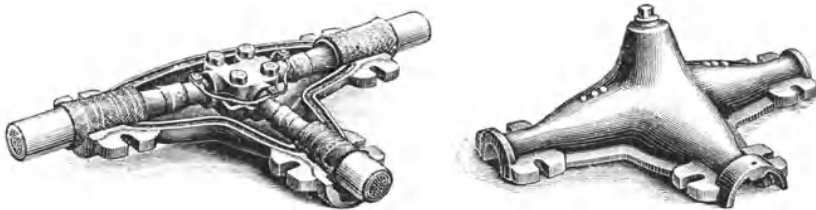


Fig. 266. Abzweigung von Kabelleitung mit dazu gehöriger Muffe.

passend gestaltete Klemme mit dem Ende der abzweigenden Leitung vereinigt. Die Verdeckung und Sicherung der Verbindungsstelle erfolgt durch eine eiserne Muffe, welche ähnlich wie die eben erwähnte gestaltet ist, nur daß sie drei statt zwei Einführungen besitzt.

Unfre beistehenden Abbildungen (Fig. 265 u. 266) zeigen eine Verbindung und eine Abzweigung mit Muffe, wie dieselben von Siemens & Halske konstruiert und in den Leitungsanlagen der „Berliner Elektrizitätswerke“ verwandt worden sind.

Zur Verbindung der von den Werken ausgehenden Speiseleitungen mit den Verteilungsleitungen sind an den Verteilungspunkten eiserne, in gemauerte Gruben gesetzte Kästen angebracht.

Die Hausleitungen. Die Anlage derselben ist im Prinzip von den früher beschriebenen Leitungsanlagen nicht verschieden. Die Werke halten aber darauf, sehr gut isolierte Leitungen zu verwenden, deren Hüllen stark genug sind, um auch gegen mechanische

Einwirkungen Schutz zu bieten. Solche Leitungen können daher unter Umständen frei auf die Wand gelegt und mit Krampen wie Hausstelegraphenleitungen befestigt werden, was die Herstellung der Anlage erheblich vereinfacht. Früher wurden die Leitungen zumeist in Holzleisten gelegt, wovon man seit einigen Jahren wegen der größeren Feuergefahr abgesehen ist. Man führt jetzt die Drähte in der Regel auf Porzellanrollen (vgl. Fig. 218) und erzielt dadurch neben der größeren Feuersicherheit auch eine bessere Isolation der Leitung.

In den ersten Jahren hatten sich die Werke dieses ausschließliche Recht zur Herstellung der Hausanlagen vorbehalten. Bei einem späteren Verträge mit dem Berliner Magistrat wurde von diesem die Freigabe der Ausführung solcher Anlagen verlangt, um auch andern Installateuren Verdienst zu verschaffen und durch die Konkurrenz die Anlagen zu verbilligen. Den Elektrizitätswerken ist aber vorbehalten geblieben, die Anschlußleitung von der Hauptleitung bis ins Haus und zum Elektrizitätszähler, diesen miteingeschlossen, herzustellen und ihnen außerdem ein Aufsichtsrecht bei der Projektierung und Ausführung der Hausanlagen gesichert.

Elektrizitätszähler. Die Kosten für den Stromverbrauch werden dem Teilnehmer nach Lampenstunden berechnet. Es war deswegen nötig, eine Vorrichtung anzubringen, welche, wie der Gasmesser das verbrauchte Gas, die verbrauchten Lampenstunden mißt. Anfangs benutzte man hierfür eine von Edison angegebene Vorrichtung, bei welcher ein bestimmter Bruchteil des in die Anlage eingeleiteten Stromes zwischen zwei in einer Zinksalzlösung getauchten Zinkplatten durchgeleitet wird. Eine Abbildung des einfachen Apparates gibt Fig. 267. Wie wir später im Kapitel: „Elektrochemie“ sehen werden, löst der Strom von derjenigen Platte, an welcher er eintritt, Metall ab und schlägt es auf der andern Platte, bei welcher er austritt, nieder. Die Menge des bei dieser Stromwirkung von der einen zur andern Platte übertragenen Metalles hängt von der Stromstärke und der Zeit, während welcher die Wirkung dauert, mit einem Wort von den durchgeleiteten Stromstunden ab, welche leicht auf Lampenstunden zurückgeführt werden können, da man weiß, wieviel Strom eine Lampe gebraucht. Um nun die

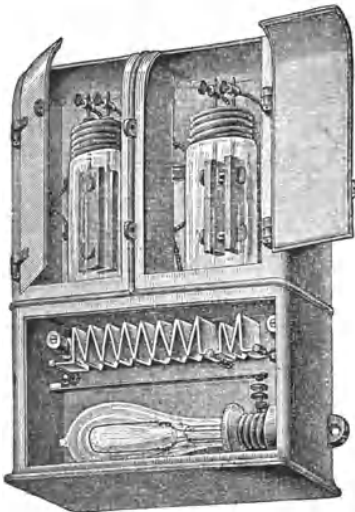


Fig. 267. Elektrizitätszähler von Edison.

zu ermitteln, hatte man nur durch vorherige und nachherige Wägungen zu bestimmen, wieviel Metall von der einen Platte zur andern übertragen worden ist, und aus dem Gewicht und der für die in Strom- und Zeiteinheit übertragenen bekannten Menge den Lampenstundenverbrauch zu berechnen. Das Instrument war aber nicht genau und die Wägungen eine zeitraubende Arbeit. Die Werke wählten deswegen einen andern Elektrizitätszähler, den von Prof. Dr. Aron, welcher in seiner neuesten Verbesserung den Stromverbrauch unmittelbar ablesen läßt. Das Prinzip dieses Messers ist ein sehr einfaches. Die Schwingungszeit eines unveränderlich langen Pendels hängt ab von der Kraft, mit welcher es niedergezogen wird, bei dem gewöhnlichen Pendel also von der Schwerkraft. Lassen wir nun auf das Pendel noch eine zweite Kraft wirken, welche die Wirkung der Schwerkraft verkleinert oder vergrößert, so wird das Pendel langsamer oder schneller schwingen. Verbinden wir das Pendel mit einer Uhr, so wird dieselbe nachgehen oder voreilen, und aus dieser Gangverschiedenheit mit einer Uhr, deren Pendel nur von der Schwerkraft beeinflusst wird, läßt sich die zweite Kraft ermitteln.

Prof. Aron benutzte nun die Kraft, welche eine stromdurchflossene Drahtspule auf einen Magnetpol ausübt. Befestigen wir an dem Ende eines Pendels einen Magnetstab (Fig. 268 A), so daß z. B. der Südpol das untere Ende des Pendels bildet und stellen eine stromdurchflossene Drahtspule unter das Pendel, so wirkt diese wie ein Magnet, stößt

also den Südpol ab oder zieht ihn an, je nach der Stromrichtung. Dadurch wird also die auf das Pendel wirkende Kraft vermindert oder vermehrt, und das Pendel muß langsamer oder schneller schwingen. Die Verlangsamung oder Beschleunigung steht nun im Zusammenhange mit der Stromstärke und es läßt sich zeigen, daß die Voreilung oder das Zurückbleiben der mit dem Pendel verbundenen Uhr proportional den durch die Spule geflossenen Ampère- oder, was dasselbe, Lampenstunden ist. Wir haben damit ein einfaches und genaues Instrument zur Messung des Stromverbrauches gewonnen, und dasselbe findet in steigendem Maße Verwendung in elektrischen Anlagen, da es bis jetzt die beste Meßvorrichtung für den gedachten Zweck ist. In neuerer Zeit hat Prof. Aron seinen

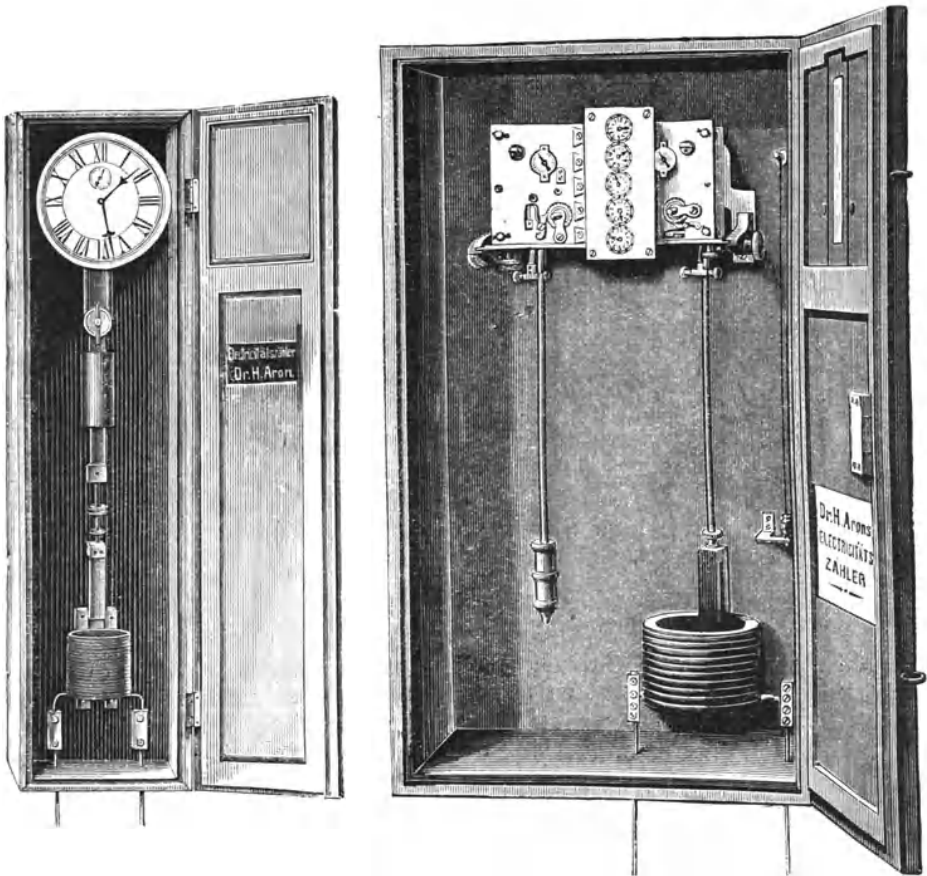


Fig. 263 A. Aron-Zähler; ältere Form.

Fig. 263 B. Aron-Zähler; neuere Form.

Elektrizitätszähler noch dahin verbessert, daß man den Verbrauch nicht mehr aus einer Zeitdifferenz zu berechnen hat, sondern der Verbrauch an einem Zifferblatt unmittelbar abgelesen werden kann. Zu diesem Zweck verbindet er eine unbeeinflusste, richtig gehende Uhr mit der beeinflussten und läßt beide auf eine Welle wirken. Solange beide Uhren im gleichen Gange sind, wird die Welle von der einen Uhr um so viel in der einen Richtung gedreht, als sie von der andern in der andern Richtung bewegt wird; sie dreht sich also nicht. Sobald aber eine Gangverschiedenheit beider Uhren eintritt, wenn sich nämlich der Gang der einen Uhr durch die Stromwirkung verändert, wird die gleiche und entgegengesetzte Wirkung auf die Welle aufgehoben, und diese kommt in dem Maße der Gangdifferenz beider Uhren in Drehung. Die Anzahl der Drehungen der Welle wird der Voreilung der einen Uhr vor der andern proportional sein, und nun können wir uns leicht

vorstellen, wie ein Zählwerk die Anzahl der Umgänge der Welle an Zifferblättern anzeigt. Durch Justierungsmessungen wird dann ermittelt, wieviel Lampenstunden ein Umgang der Welle entspricht, und wir haben dann nur die Zahl der registrierten Umgänge mit der betreffenden Verhältniszahl zu multiplizieren, um den Verbrauch in der Anlage zu ermitteln. Unstre Fig. 268 B zeigt diesen verbesserten Zähler mit seinen beiden Uhrwerken.

Solche Zähler werden nun bei jedem Teilnehmer angebracht und zwar am Anfang der Hausleitungsanlage, vor jeder Abzweigung im Hause, so daß also der ganze Strom, der dem Teilnehmer zusießt, zuvor den Zähler passieren muß.

Ein neuerer Zähler ist der von Prof. E. Thomson von der „Thomson-Houston-Gesellschaft“. Bei diesem Zähler wird der Strom durch einen kleinen elektrischen Motor geleitet (Fig. 269). Auf der Achse dieses Motors ist eine Kupferscheibe befestigt, welche sich zwischen den Polen von drei Stahlmagneten dreht. Unter diesen Umständen müssen sich in der bewegten Kupferscheibe Ströme erzeugen, welche sich sofort in Wärme umsetzen. Der Motor wird also eine Arbeit zu leisten haben, welche um so größer sein wird, je schneller sich die Scheibe dreht. Diese durch die Drehung der Scheibe erzeugte Arbeit steht nun mit der Stromstärke in einer solchen Beziehung, daß die Zahl der in einer Zeiteinheit bewirkten Umdrehungen der Stromstärke proportional ist. Die Zahl der in einem Zeit-

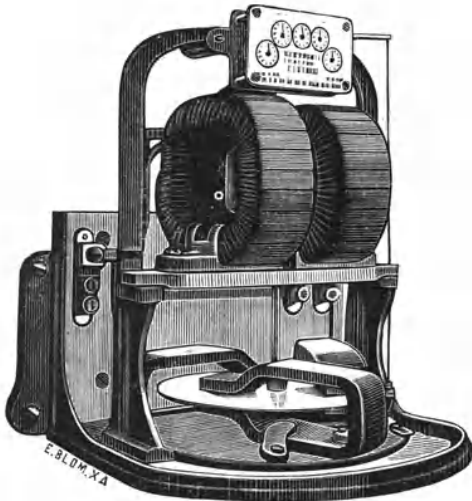


Fig. 269. Thomson-Zähler.

raume vollendeten Umdrehungen wird daher die Ampère-Stunden, welche durch den Zähler gegangen sind, messen.

Elektrizitätswerke mit Akkumulatorenbetrieb.

Bei der unmittelbaren Stromerzeugung durch Maschinen tritt der schon früher erwähnte Übelstand auf, daß man nur so lange beleuchten kann, als der Betrieb aufrecht erhalten, oder der Betrieb in den Stunden durchgeführt wird, in welchen der Verbrauch ein sehr kleiner ist.

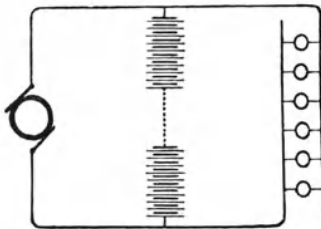


Fig. 270. Akkumulatorenbatterie und Lampen in Parallelschaltung.

Aus diesem Übelstand entwickelte sich die Verwendung der Akkumulatoren, und man trat, nachdem sich die Akkumulatoren in kleineren Anlagen bewährt hatten, der Frage näher, ob dieselben nicht auch für Elektrizitätswerke Verwendung finden und den Betrieb in wünschenswerter Weise ergänzen und regeln könnten. In der That ist neuerdings eine Anzahl namentlich deutscher Elektrizitätswerke für Akkumulatorenbetrieb eingerichtet worden, und wir können daher nicht umhin, auf diese Einrichtungen mit einigen Worten einzugehen.

Am einfachsten wird sich der Akkumulatorenbetrieb gestalten, wenn wir die Akkumulatorenbatterie mit einer besonderen Maschine laden und sie dann für den Fall des Gebrauches von der Maschine abtrennen und mit der Stromleitung verbinden. Mit einem solchen Verfahren wäre uns aber nicht sehr gedient; wir müßten bei demselben zwei Maschinen im Betriebe halten, die eine, welche die Batterie ladet, die andre, welche mittlerweile den Beleuchtungsstrom erzeugt. Statt dessen werden wir verlangen, daß die Dynamomaschine gleichzeitig die Ladung und die Speisung der gerade brennenden Lampen

beforgt. Denn wir wollen einerseits nicht zwei Maschinen im Betriebe haben, anderseits sagen wir uns, daß die Batterie zweckmäßig während des Tages geladen werden und die Lademaschine ganz gut noch die geringe Stromlieferung während der hellen Stunden übernehmen kann. Nun ist aber die gleichzeitige Ladung einer Akkumulatorenbatterie und die Speisung eines Stromnetzes mit derselben Maschine keine ganz einfache Sache. Das werden wir rasch einsehen.

Denken wir uns zunächst, die Batterie wäre mit den Lampen parallel geschaltet, wie Fig. 270 es zeigt, so daß also der Strom teils durch Lampen, teils durch die Akkumulatoren ginge, die letzteren dabei ladend. Nun verlangen aber die Lampen eine feste Spannung, an welcher sehr wenig zu ändern ist. Die Ladesspannung an den Akkumulatoren

ändert sich aber von rund 2 Volt auf 2,7 Volt für jede Zelle. Die verlangte Unveränderlichkeit für den einen Teil der Anlage und die bedingte Veränderlichkeit für den andern paßt also schlecht zusammen. Wir könnten nun die Spannung im Leitungsnetz derart

bemessen, daß sie mit der höchsten Ladesspannung zusammenfällt; dann bliebe die Spannung der Batterie stets unter der des Netzes, und wir könnten die letztere durch veränderliche Widerstände der gerade benötigten Ladesspannung anpassen. Aber damit kommen wir auch nicht weit. Die Herabminderung der Spannung durch Widerstände bedeutet einen unnützen Verlust; aber außerdem erhalten wir bei der Entladung der Batterie, die bekanntlich (S. 114) unter einer geringeren Spannung als die Ladung erfolgt, eine Spannung, die sehr viel kleiner als die für die Lampen benötigte ist. Wir verfahren deswegen ganz anders. Wir verbinden zunächst unsere Akkumulatorenbatterie mit der Dynamomaschine (Fig. 271) und laden sie, wobei wir durch Regulierung an der Dynamomaschine die Ladesspannung nach Bedarf ändern. Den Strom für die gleichzeitig brennenden Lampen entnehmen wir der Batterie, und da diese ihre Gesamtspannung ändert, so treffen wir die Anordnung, daß wir durch beliebiges Zu- und Abschalten einiger Endzellen die Zahl der die Lampen speisenden Elemente ändern können. Setzt mag die Ladesspannung wachsen; geht sie um 2 Volt über die Lampenspannung hinaus, so verbinden wir die eine Leitung des Lampennetzes statt mit dem Pol der letzten mit demjenigen der vorletzten Zelle und haben also in der stromabgebenden Batterie eine Zelle weniger. Und so schalten wir mit dem

Wachsen der Ladesspannung Zelle um Zelle aus und halten auf diese Weise die Lampenspannung auf fester Höhe. Hört nunmehr unsere Dynamomaschine mit der Ladung auf und sinkt beim Entladen die Spannung der Zellen, so bleiben uns die vorher ausgeschalteten Endzellen zur Vermehrung der Spannung übrig, und indem wir nun mit dem Sinken der Spannung Zusatzzellen zuschalten, erhalten wir auch in diesem Falle die Spannung im Netze.

Nun ist aber ersichtlich, daß die Zuschaltzellen weniger entladen werden als die andern Zellen der Batterie, und sie werden daher schon die volle Ladung erhalten haben, wenn die andern Zellen noch nicht vollständig geladen sind. Was ihnen nun weiter an Stromenergie zugeführt wird, speichern sie nicht mehr auf, sondern schicken es als Wasserstoff- und Sauerstoffgas in die Luft (vergl. S. 110). Um diesen Übelstand zu vermeiden, wendet man einen Doppelzellenschalter an, welcher es gestattet, sowohl von der

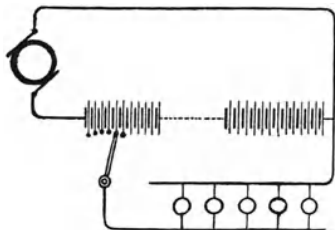


Fig. 271. Zu- und Abschaltung von Zellen der Batterie, welche bei gleichzeitiger Ladung die Lampen speist.

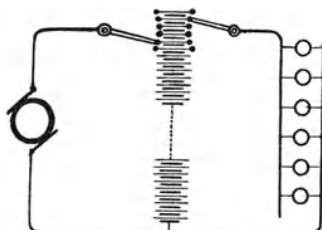


Fig. 272. Doppelzellenschaltung.

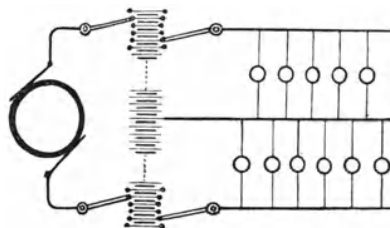


Fig. 273. Betrieb eines Dreileiternetzes mit einer Batterie, welche nur durch eine Dynamomaschine geladen wird.

ladenden, wie von der entladenden Leitung einzelne Endzellen abzutrennen, und zwar für beide in gegenseitiger Unabhängigkeit. Diese Schaltung erläutert uns Fig. 272. Bei dieser Anordnung vermögen wir die Spannung der Batterie einerseits der Ladenspannung, andererseits durch den zweiten Zuschalter der Lampenspannung anzupassen, und außerdem vermögen wir die schneller vollgeladenen Endzellen beizeiten von der Maschine abzuschalten.

Das Verfahren erlaubt uns aber noch eine wertvolle Erweiterung, welche Schuckert & Co. bei dem städtischen Elektrizitätswerke in Hannover angewendet haben. Wir haben auf S. 218 des Mehrleitersystems Erwähnung gethan; bei demselben braucht man nun, wenn man mit unmittelbarem Strom arbeitet, eine Dynamomaschinenbatterie, welche sich bei dem Dreileitersystem aus zwei, beim Vierleitersystem aus drei Dynamomaschinen u. s. w. zusammen-

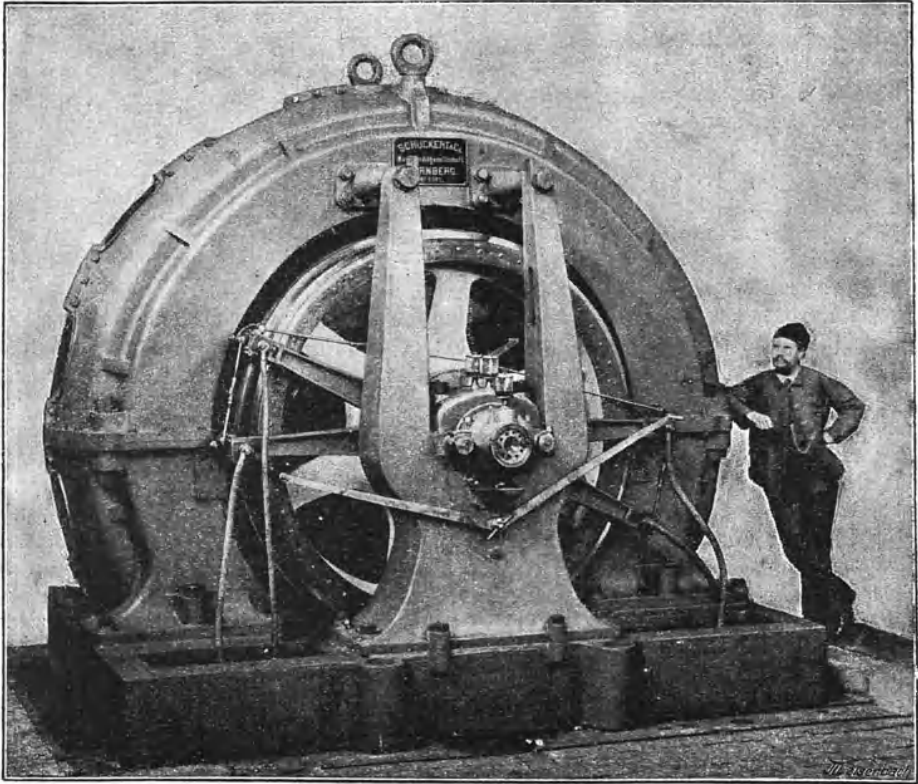


Fig. 274. Dampfdynamo für das städtische Elektrizitätswerk in Düsseldorf.

setzt. Nehmen wir aber eine Akkumulatorenbatterie zu Hilfe, dann können wir ein Mehrleitersystem mit einer Dynamomaschine speisen, welche aber naturgemäß die Spannung der Dynamobatterie haben muß.

Zu diesem Zwecke speisen wir das, sagen wir Dreileitersystem mit zwei hintereinander geschalteten Akkumulatorenbatterien, laden aber diese zusammengesetzte Batterie mit der einen Dynamo. Ein Blick auf unsere Fig. 273 wird diese Schaltung erklären. Damit ist für die Mehrleitersysteme eine willkommene Erleichterung geschaffen, weil man nunmehr nur den Betrieb einer großen statt des mehrerer kleineren aufrecht zu erhalten hat.

Diese Schaltung, welche Schuckert & Co. in Hannover angewendet haben, ist auch für das städtische Elektrizitätswerk zu Düsseldorf in Anwendung gekommen, welches von der gleichen Firma erbaut worden ist. Wir bilden in Fig. 274 die in diesem Werke aufgestellte große Dampfdynamo ab und beschließen damit die Reihe der von uns erwähnten Riesenmaschinen für Gleichstrom.

Es bleibt uns noch übrig, auf die Zellenhalter mit einigen Worten einzugehen. Das Prinzip derselben lassen die Fig. 271—273 ohne weiteres erkennen. Die Konstruktion derselben ist ziemlich einfach und weist nur insofern eine Besonderheit auf, daß der Kontaktkegel beim Übergang von einem Zellenpol zum andern den Leitungsweg nicht unterbrechen soll, also den einen Pol bereits berühren muß, wenn er den andern gerade verläßt. Nun würde dies aber einen Kurzschluß der Zelle, an welcher der Übergang stattfindet, bedingen, und um diesen zu vermeiden, hat der Kontaktkegel eine kleine Zusatzvorrichtung erhalten, welche einen solchen Kurzschluß verhindert.

Der einfache von Hand zu stellende Zellenhalter ist in Fig. 275 abgebildet. Die Schaltzellen sind der Reihe nach mit den langen Kontaktstücken auf der Grundplatte verbunden; die kürzeren Kontaktstücke dienen dem gedachten Zwecke, den Kurzschluß zu verhüten. Die Schaltung der Zellen ist aus der früher gegebenen Skizze Fig. 271 ersichtlich. Der von der Batterie abgegebene Strom wird durch den Kontaktkegel auf den Schleifring geführt, welcher konzentrisch auf der Grundplatte befestigt ist, von hier geht er dann weiter zur angeschlossenen Leitung. Ein Doppelzellenhalter, wie ihn Fig. 272 schematisch wiedergibt, ist in Fig. 276 abgebildet. Er unterscheidet sich von dem vorher erwähnten dadurch, daß er zwei Kontaktkegel hat, die konzentrisch über die Kontaktstücke gehen. Einer der Kegele führt den Ladestrom den Zellen zu, während der zweite den Entladestrom in die Leitung schiebt.

Diese beiden Zellenhalter sind für kleinere Anlagen und schwächere Ströme bestimmt. Für die großen Elektrizitätswerke bedarf man Vorrichtungen, welche ein schon mehr maschinenmäßiges Ansehen zeigen, denn die starken, hier zur Verwendung kommenden Ströme erheischen entsprechend große und sichere Kontaktstücke. Ein solcher großer Zellenhalter für das städtische Elektrizitätswerk in Königsberg i. Pr. ist in Fig. 277 abgebildet. Entsprechend der hier verlangten Bewältigung großer Strommassen sind Zuleitungen und Kontaktstücke entsprechend stark gehalten, und die Bewegung der Kontaktkegel, welche nicht mehr unmittelbar von Hand geschehen kann, wird durch einen besonderen Mechanismus bewirkt.

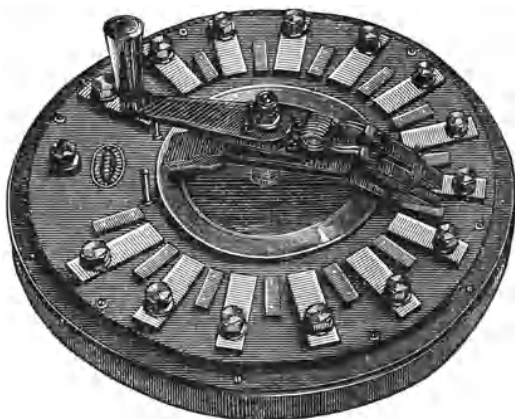
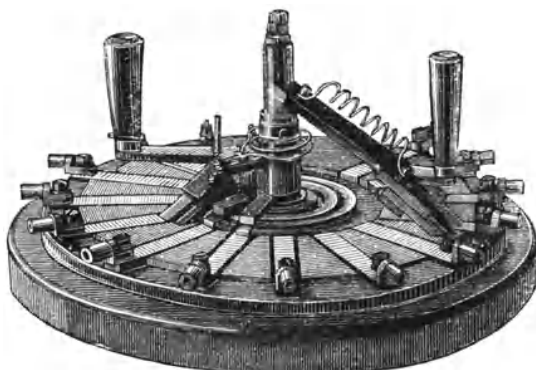


Fig. 275. Einfacher Zellenhalter von der „Akumulatoren-Alt.-Ges.“ in Hagen.



Elektrizitätswerke mit Wechselstrombetrieb.

So vortrefflich das in vorhergehenden Seiten beschriebene Gleichstromsystem wegen der Ungefährlichkeit und Einfachheit seines Betriebes ist, so haftet ihm doch der Mangel an, daß es nur ein verhältnismäßig kleines Gebiet mit Strom versorgen kann. Beim Zweileitersystem können die Leitungen, wegen der zunehmenden Anlagekosten, nicht über

500 m vom Elektrizitätswerke erstreckt werden; beim Dreileitersystem kann man bis etwa 1200 m gelangen und beim Fünfleitersystem kommt man auf 1500—2000 m. Der letztere Radius reicht nun allerdings selbst schon für größere Städte aus, aber mit der Zahl der Leitungen komplizierte sich die Anlage, und es muß fraglich erscheinen, ob eine Erweiterung des Mehrleitersystems über die Dreizahl hinaus noch zweckmäßig ist. Für sehr große Städte reicht man aber, wenn es die Versorgung der ganzen Stadt mit Strom gilt, auch mit dem Mehrleitersystem bei einem Elektrizitätswerk nicht aus und ist gezwungen, die Werke zu vermehren und über das Beleuchtungsgebiet zu verteilen.

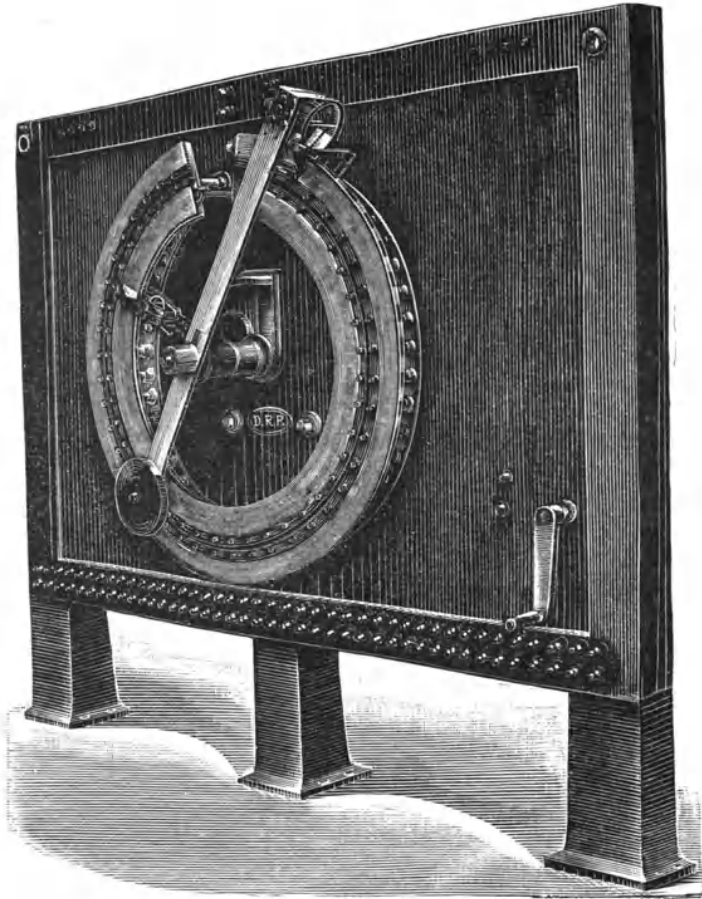


Fig. 277 A. Großer Doppelzweigenhalter von der „Akumulatoren-Alt.-Ges.“ in Sagen. (Vorderansicht.)

Es kommt aber noch ein anderer Nachteil in Frage, welcher sich bei den Gleichstromwerken mit direkter Zuleitung geltend macht; sie müssen im Zentrum des Beleuchtungsgebietes liegen, und dies bedeutet, da dieses Zentrum in den Vierteln des größten Verkehrs liegt, daß man die Werke auf verhältnismäßig teureren Grund und Boden zu stellen hat, daß die Anfuhr der Kohle, der Bezug von Wasser erschwert ist, und daß man es mit einer sehr prekären Nachbarschaft zu thun hat, die in bezug auf Störungen durch Rauch, Ruß und Geräusch außerordentlich anspruchsvoll ist.

Es muß aus diesen Gründen ein Beleuchtungssystem Vorteil haben, welches sehr viel weniger an das beleuchtende Gebiet gebunden ist als das Gleichstromsystem und es ermöglicht, nicht nur das Werk in größerer Entfernung von den Konsumstellen aufzurichten, so daß das versorgte Beleuchtungsgebiet erheblich vergrößert werden kann, sondern auch eine

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*, ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO5), is available at <http://extras.springer.com>



exzentrische Lage des Werkes zuläßt, welche am Rande des Gebietes in vorteilhaftester Lage an Wasser und Bahn und auf billigem Grunde gelegen gewählt werden kann. Ein solches System kann (wir erinnern an das, was wir S. 90 gesagt haben) nur Hochspannungsstrom benutzen, und da ein solcher Strom für den Konsumenten nicht verwendbar ist, muß die Transformation angewendet werden. Da die Systeme für Gleichstromtransformation vorerst ohne praktische Bedeutung sind, so bleibt nur das Wechselstromsystem übrig, und dieses ist in der That befähigt, den für die Beleuchtung eines größeren Gebietes gestellten Anforderungen zu genügen.

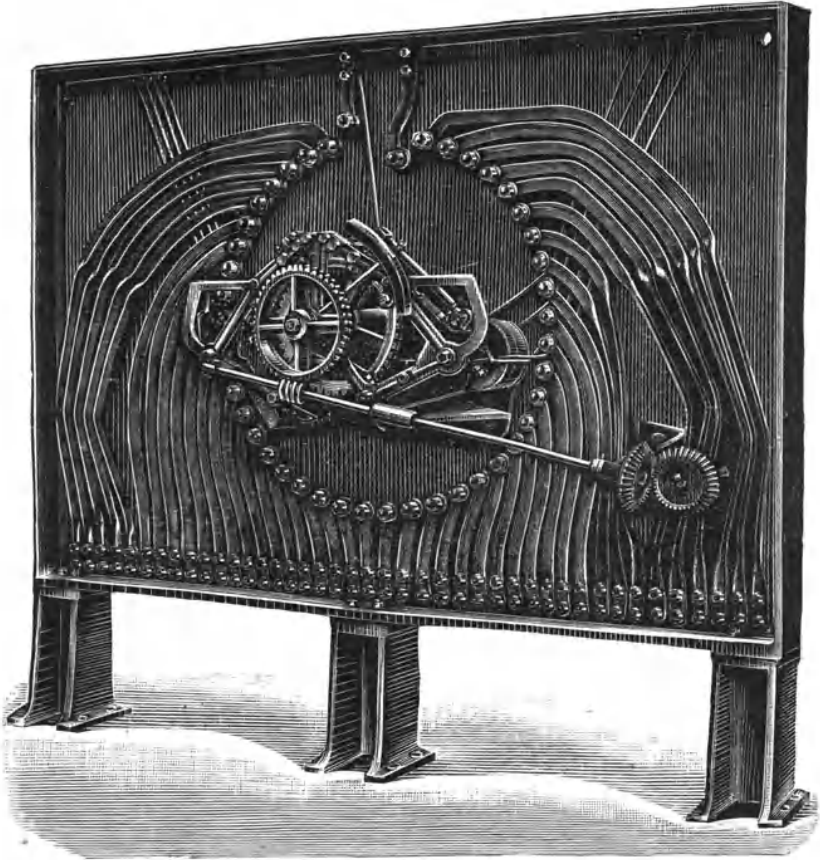


Fig. 277 B. Großer Doppelschalterschalter von der „Akumulatoren-Alt.-Ges.“ in Sagen. (Rückansicht.)

Wir wollen nun in nachstehendem die Einrichtungen in solchen Wechselstromwerken beschreiben, indem wir verschiedene derartige Anlagen in ihren charakteristischen Teilen vorführen. Wir halten uns dabei in der Hauptsache an diejenigen Werke, welche Ganz & Co. gebaut haben, da diese Firma das heutige Wechselstromsystem eingeführt und von allen Firmen die meisten Anlagen dieser Art gebaut hat.

Um zunächst erkennen zu lassen, wie das Wechselstromsystem eine stark exzentrische Lage des Werkes und ein weit ausgreifendes Leitungsnetz ermöglicht, geben wir die Pläne der beiden Wechselstromwerke in Wien und in Amsterdam, von denen das erstere bereits seit längerer Zeit betrieben wird, während das holländische Werk zur Zeit nach Projekt ist (s. Tafel VI).

Aus dem Wiener Plane ersehen wir, daß die Stromerzeugungsstätte rund eine halbe deutsche Meile vom Zentrum des Beleuchtungsgebietes entfernt liegt und die weiteste



Fig. 278. Wasserfall bei Zinsbrud, welcher jetzt zum Betriebe des dortigen Elektrizitätswerkes dient.

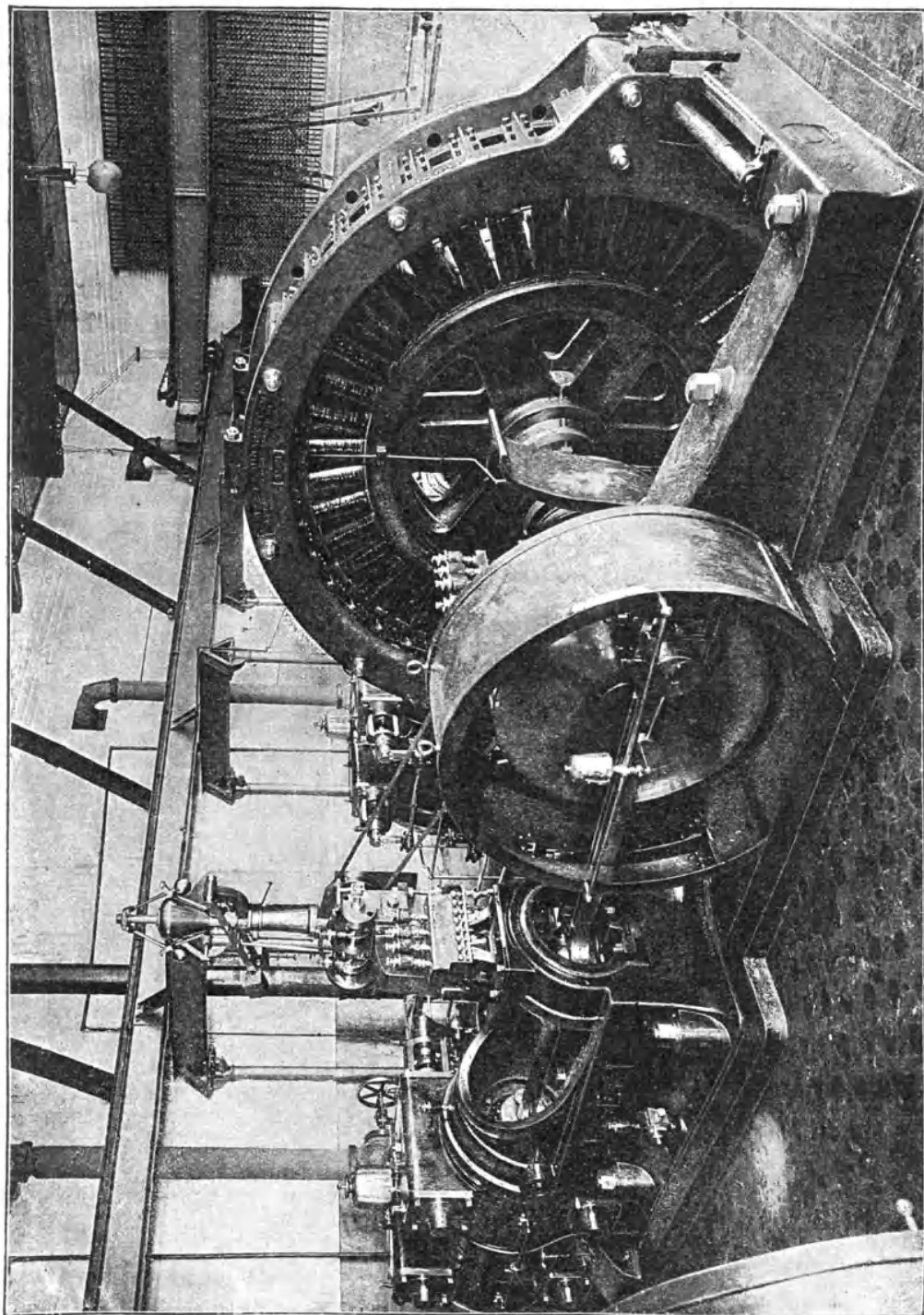


Fig. 279. Die Furchen des Gewichteswertes in Spinnrad.

Glühlampe etwa eine Meile vom Werk entfernt ist. Das Werk liegt in unmittelbarer Nähe der Donau und der Eisenbahn auf einem noch wenig angebauten und deshalb billigen Gelände.

Eine noch größere Exzentrizität in der Lage zeigt das Werk der Anlage Amsterdam, welches dadurch einen guten Anschluß an die Eisenbahn gewonnen hat. Ähnliche Verhältnisse weist auch das „Stadt-Kölnische Elektrizitätswerk“ auf, das auf dem Gelände der Kölner Wasserwerke am Rande der Stadt errichtet worden ist.

Diese Losbindung der Wechselstromwerke vom Beleuchtungsgebiete gewinnt insbesondere auch dann Bedeutung, wenn eine außerhalb der zu beleuchtenden Stadt belegene Wasserkraft zum Betriebe benutzt werden soll. Solche Fälle finden sich bei dem Elektrizitätswerk in Nassel und der Anlage zur Ausnutzung des Tivolifalles, welcher für die Beleuchtung von Rom benutzt werden soll. Ein andres derartiges Beispiel, welches wir durch einige Bilder erläutern wollen, bietet uns die wie die vorgenannten Werke von Ganz & Co. erbaute Beleuchtungsanlage für Innsbruck.

Eine oberhalb der Gemeinde Mühlau befindliche, ungefähr drei Kilometer von der Stadt entfernte, circa 600 Pferdekräfte repräsentierende Wasserkraft (Fig. 278) dient als Antriebskraft. Zur Stauung und Klärung des Wassers vom Gerölle wurden in dem sogenannten Wurmbache in der Mühlauer-Klamm zwei Wehre eingebaut, und das Wasser wird von dem unteren Wehre weg in zwei Rohrsträngen unmittelbar an die Turbinen in der Zentrale geführt. Die Rohrleitungen führen das Wasser direkt unter einen Druck von $11\frac{1}{2}$ Atmosphären an zwei partielle Vertikalturbinen (Fig. 279) von je 160 Pferdekraften, von denen jede mit einer Wechselstrommaschine zu je 80 000 Watt (2000 Volt und 40 Ampère) direkt gekuppelt ist. Die Tourenzahl dieser Maschinen beträgt 250 per Minute.

Die Zentralsation ist in ihrem jetzigen Umfange zur Versorgung von circa 1300 gleichzeitig brennenden Glühlampen zu je 16 Normalkerzen berechnet; die Anlage einer dritten Turbine als Reserve ist vorgesehen und ebenso eine Erweiterung auf im ganzen fünf Turbinen mit zugehörigen Wechselstrommaschinen.

Der Hochspannungsstrom wird von dem Elektrizitätswerke durch eine Luftleitung mit Kupferdraht von 8 mm Durchmesser bis an die Stadtgrenze von Innsbruck in einer Länge von etwa 4000 m geführt und von dort aus mittels eines konzentrischen Kabels, wie es in Fig. 281 abgebildet ist, in der Stadt verteilt.

Die Anlage dient außer zur Beleuchtung der Stadt auch zur Abgabe von motorischer Kraft und entkräftet dadurch den Vorwurf, den man früher dem Wechselstromsystem machen konnte, daß nämlich dasselbe mangels geeigneter Wechselstrommotoren zur Erzeugung bewegender Kraft ungeeignet sei.

Solche Gelegenheiten, wie wir sie bei Innsbruck in hübscher Weise praktisch verwertet sehen, finden sich auch für andre Beleuchtungsgebiete, und gerade dadurch gewinnt das Wechselstromsystem eine besondere Bedeutung, daß es die Ausnutzung von abseits liegenden Wasserkraften durch Weitübertragung ermöglicht. Das großartigste Beispiel einer solchen Verwertung einer Wasserkraft steht uns in der Ausnutzung des Niagarafalles bevor, ein Unternehmen, welches gerade durch seine Ungeheuerlichkeit die Unternehmungslust der Amerikaner mächtig anreizt.

Die Ausnutzung dieser gewaltigen Kraftquelle ist nur eine Frage der Zeit und es handelt sich nur noch um die Ausbildung der in den letzten Jahren erstaunlich fortgeschrittenen Weitübertragungstechnik, welche es zu ermöglichen hat, den Strom über ein thunlichst großes Konsumgebiet zu verteilen. Der Naturfreund wird vielleicht bedauern, daß ein so überwältigendes Schauspiel, wie es der große Fall darbietet, der Menschheit verloren gehen soll. Allein man hat zu bedenken, welche Fülle von Werten derselbe alljährlich schaffen kann, wenn er zur Arbeit gezwungen wird, und angesichts solcher dem Bedarf und dem Komfort der Menschheit zu gute kommenden Leistungen wird man auf den kleineren Wert, den der Anblick des freien Falles darstellt, wenn auch mit einigem Bedauern, verzichten.

Es kommen jedoch nicht nur die Wasserfälle als Kraftquellen in Frage, größere Bedeutung haben noch die Kohlengruben, die ebenfalls in der Regel außerhalb und oft

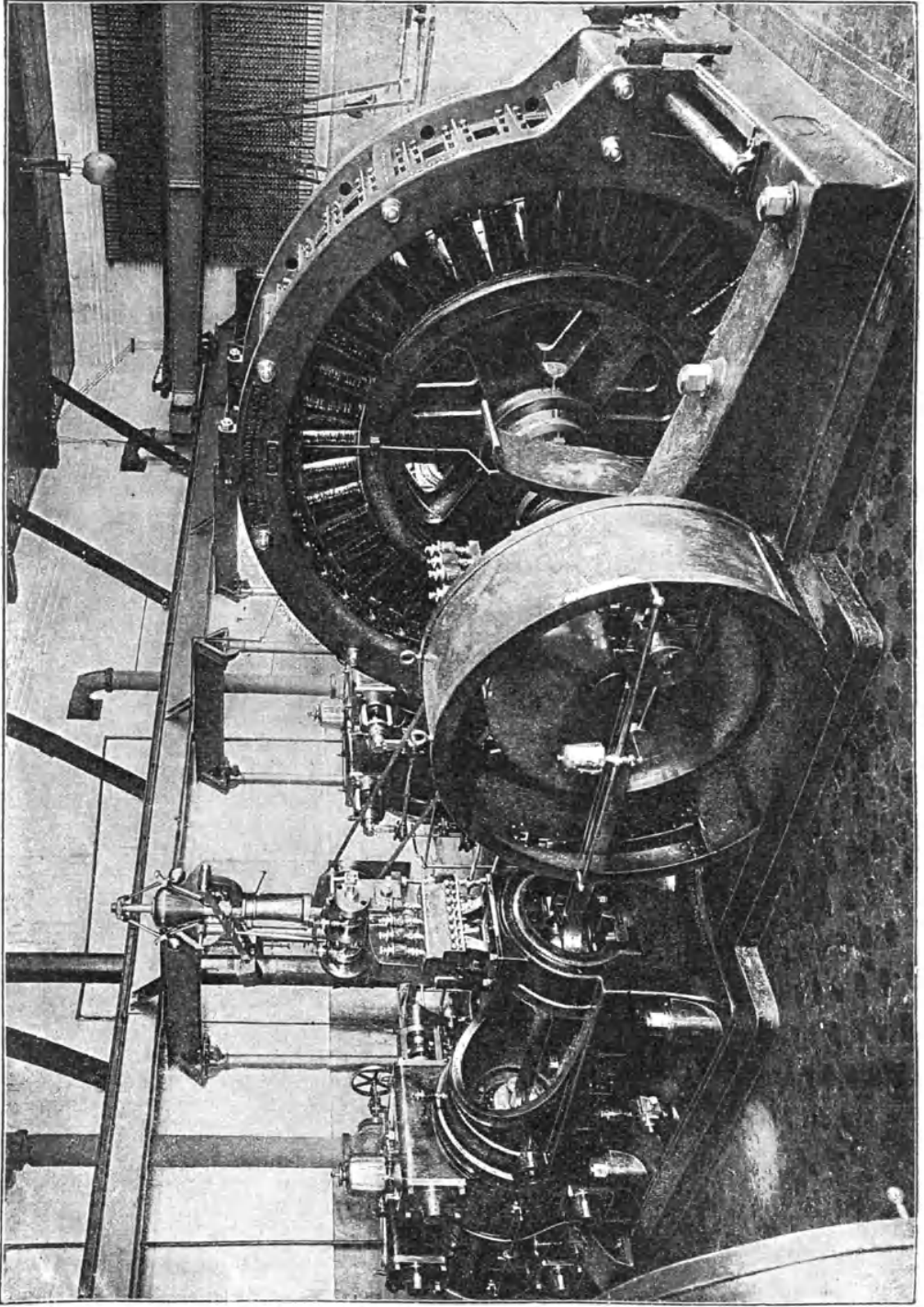


Fig. 280. Dampf- und Wechselstrommaschine des Elektrizitätswerkes in Bonn.

entfernt von dem Verwendungsgebiet ihrer Kohlen liegen. Nun läßt sich die Kohle allerdings bequem auf den Verwendungsort transportieren, allein es erhebt sich die Frage, ob es nicht zweckmäßiger sein dürfte, die Energie der Kohle an der Gewinnungsstätte in elektrische umzuwandeln und in dieser Form auf die Verbrauchsstätte zu leiten. Diese Frage ist heute noch eine offene und wird erst durch die Fortentwicklung der Weitübertragungstechnik ihre Beantwortung finden.

Die maschinelle Einrichtung der Wechselstromwerke ist im wesentlichen die gleiche, wie wir sie bei den Gleichstromwerken finden. Wenn wir näher darauf eingehen, so wollen wir damit weniger einen Unterschied gegen die früher beschriebenen Einrichtungen aufweisen, als vielmehr an einem zweiten größeren Beispiele die Beschreibung der Stromerzeugungstätten vervollständigen. Wir geben deshalb eine kurze Beschreibung der von Ganz & Co. für die „Società Anglo-Romana per l'illuminazione di Roma col gaz“ in Rom errichtete Wechselstromzentrale, welche eine der größten bis jetzt gebauten ist.

Diese Anlage kam 1886 in Betrieb und enthielt damals zwei Dampfdynamos (Wechselstrommaschinen), welche etwa 3000 Lampen speisen konnten. Später wurde die Anlage um weitere zwei große Wechselstrommaschinen mit zugehörigen Dampfmaschinen für je etwa 6000 Glühlampen vergrößert und neuestens sind wiederum zwei solche Maschinen aufgestellt worden, so daß die Anlage derzeit rund 24 000 gleichzeitig brennende Glühlampen speisen kann. Das Werk liegt außerhalb der Stadt, nahe am Tiber und neben dem Zirkus Maximus, der einen merkwürdigen Nachbar für eine so moderne Anlage

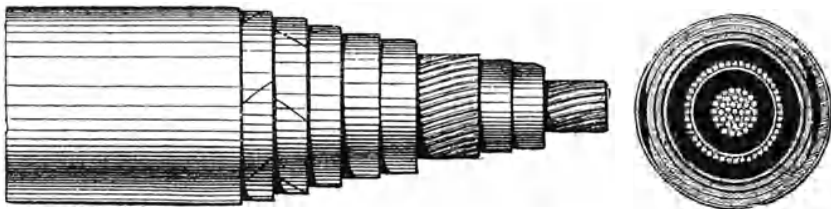


Fig. 281. Konzentrisches Kabel.

abgibt. Da man unter diesen Umständen nicht ängstlich mit dem Raume haushalten mußte, so hatte man auch nicht nötig, die einzelnen Teile übereinander zu stellen wie im Berliner Werk, sondern durfte sie in bequemer Weise nebeneinander anordnen, wie dies der Plan (Tafel VII) zeigt, welcher einen Grundriß des Werkes wiedergibt. Dadurch ist die Überwachung und Leitung des Werkes nicht unbedeutend erleichtert, wie auch Bau und Montage begünstigt worden sind.

Jede der großen Wechselstrommaschinen wird von einer unmittelbar mit ihr gekuppelten Verbunddampfmaschine von 500 Pferdekraften angetrieben. Unser Bild (Fig. 280) zeigt diese stattlichen Maschinen, welche ein passendes und gleichwertiges Gegenstück zu den auf S. 228 abgebildeten Dampfdynamos der „Berliner Elektrizitätswerke“ bilden. Sämtliche Wechselstrommaschinen werden parallel miteinander geschaltet, was früher bei Wechselstrommaschinen nicht mit Sicherheit erreicht werden konnte; auch die kleineren Wechselstrommaschinen gehen in Zusammenschaltung mit den großen Maschinen, trotz ihrer Verschiedenheit in der Konstruktion und Umlaufzahl, welche 125 bei den großen, 250 bei den kleinen in der Minute beträgt.

Gehen wir vom Maschinenhause dem Strom nach, so begegnet uns schon mehr Unterschied gegen die früheren Anlagen. Statt der vielen Kabel, welche aus den Berliner Werken abgehen, hat das römische deren nur drei, und wären nicht Gründe vorhanden gewesen, welche die Anordnung von drei Kabeln empfahlen, so hätte ein einziges zur Fortleitung der gesamten Energie genügt. Es versteht sich von selbst, daß dieses einzige Kabel Hin- und Rückleitung enthalten muß, und da sich hier die Gelegenheit gerade ergibt, so wollen wir diese Doppelleitungskabel, wie sie von Ganz & Co. und andern jetzt vielfach angewendet werden, mit einigen Worten besprechen. Es sind dies sogenannte „konzentrische Kabel“, d. h. solche, bei denen die eine Leitung den zentralen Kern des Kabels bildet,

während die zweite nach Art der eisernen Armaturdrähte der Kabel (vergl. Fig. 281) um die isolierte erste Leitung gesponnen ist, mit ihr also konzentrisch liegt. Über diese zweite Leitung ist dann eine weitere isolierende Hülle gelegt, das Ganze mit einem doppelten Bleimantel umgeben und dann in bekannter Weise mit Zeug- und Eisenband umwickelt. Es ist verständlich, daß die Isolation zwischen den beiden Leitungen, Seele und Ring, eine vorzügliche sein muß, da die Spannung zwischen beiden Leitungen 2000 Volt beträgt. Bei der Verbindung der einzelnen Kabelstücke ist deren konzentrischem Aufbau und der sorgfältigen Trennung beider Leitungen Rechnung zu tragen. Zu diesem Zwecke werden die Kabelenden in Verbindungskasten eingeführt und an den Einführungsstellen gut abgedichtet. Die eingeführten Enden werden derart entblößt, daß die Seele und ein Stück ihrer Isolation um eine entsprechende Länge über der entblößten Stelle des Ringes hervorragt. Auf

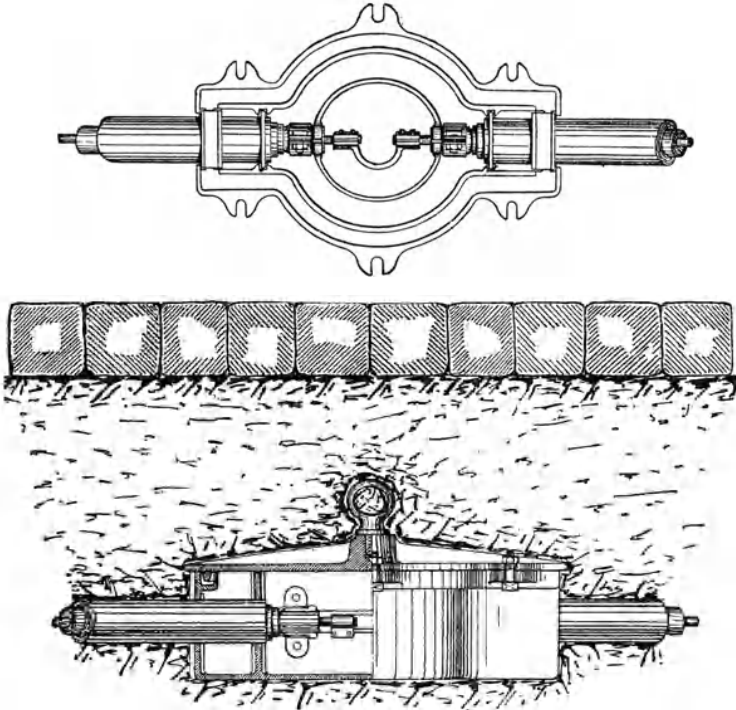


Fig. 282 u. 283. Verbindung von konzentrischen Kabeln.

die blanken Stellen werden Wadenklemmen gesetzt, von denen die beiden der Seele durch einen einfachen Bügel, die des Ringes durch einen ringförmigen Doppeltbügel verbunden sind. Fig. 282 zeigt eine solche Verbindung, aus welcher man erkennt, wie die beiden Leitungen getrennt gehalten werden; Fig. 283 zeigt den unter dem Straßenpflaster liegenden Verbindungskasten in Seitenansicht. In gleicher Weise werden Abzweigungen hergestellt, welche Fig. 284 A und Fig. 284 B erläutern. Bei diesen Abzweigungen wird die Seele der Hauptleitungen nicht durchgeschnitten, sondern nur entblößt und dann durch eine aufgesetzte Wadenklemme mit angeschraubten Verbindungstreifen (welche in der Fig. 271 fehlen) mit der Seele der Abzweigung verbunden. Die Ringleitung muß natürlich behufs Zugang zur Seele zerschnitten und dann die beiden getrennten Stücke unter sich und mit der Ringleitung des abzweigenden Kabels durch Klemmen und Blechstreifen verbunden werden. Die Verbindungskasten dieser Abzweigungen werden von der Straße aus zugänglich gemacht, damit etwaige Berichtigungen und Messungen vorgenommen werden können.

Wenn nun bei dem Elektrizitätswerke in Rom drei solcher Kabel angewendet sind, so hat dies darin seinen Grund, daß es Schwierigkeiten bietet, die konzentrischen Kabel in größeren Querschnitten herzustellen; man hat es daher vorgezogen, statt eines Kabels mit großem Querschnitt deren drei mit kleineren Querschnitten (220 qmm bei jeder Leitung) zu benutzen, und gewinnt dadurch den Vorteil, daß ein etwa auftretender Kurzschluß in einem der Kabel immer noch zwei Leitungen zur Verfügung läßt und nicht die ganze Stromzuführung unterbricht.

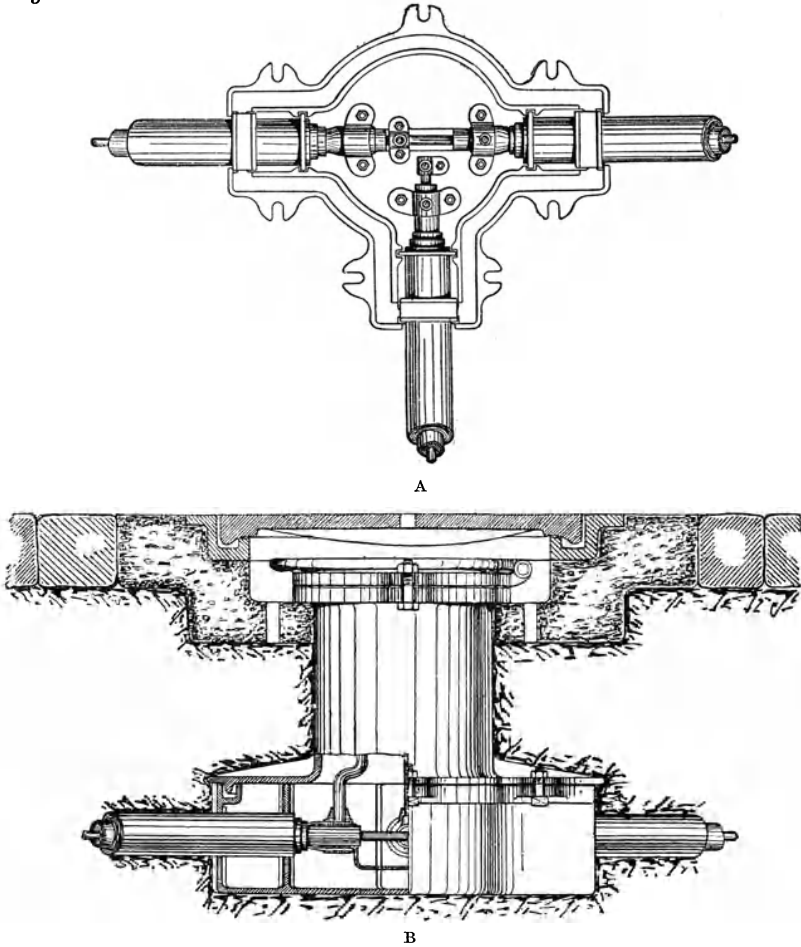


Fig. 284. Abzweigungen bei konzentrischen Kabeln.

Die drei Kabel gehen von der gemeinschaftlichen Leitung in der Schalttafel aus, an welche die im Betrieb befindlichen Wechselstrommaschinen parallel angelegt werden.

Die Transformatoren sind bei dieser Anlage in geeigneten Keller- und andern Räumlichkeiten untergebracht. Eine recht praktische Unterbringung der Transformatoren ist in der Anlage in Marienbad angewendet worden. Man hat dafür hohle Säulen gebaut, auf denen die Leitungsträger stehen, und kann auf diese Weise die Abzweigung dem Transformator unmittelbar und in sicherer Weise zuführen. Die Außenseite der Säule dient zum Ankleben von Anzeigen, so daß der Bau einen doppelten Nutzen gewährt und in das Straßenbild hineinpaßt. Fig. 285 zeigt eine solche Leitungssäule.

Eine der interessantesten Wechselstromanlagen ist diejenige, welche einen Teil der Wasserkräfte in Tivoli bei Rom ausnutzt und in Unterstützung der früher beschriebenen

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*, ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO6), is available at <http://extras.springer.com>



Anlage zur Beleuchtung eines Teiles der Stadt Rom dient. Hier handelt es sich um eine Übertragung auf 26 Kilometer, für welche eine Spannung von 5000 Volt benutzt wird. Das unter einem Druck von nahe fünf Atmosphären stehende Wasser treibt sechs Pelton-Räder (vergl. S. 189), von denen drei je 300 Pferdekkräfte, die andern je 150 Pferdekkräfte leisten; jedes derselben ist mit einer Wechselstrommaschine verbunden, deren Strom durch vier, als Luftleitungen auf Isolatoren (vergl. S. 20) geführte Kupferseile von

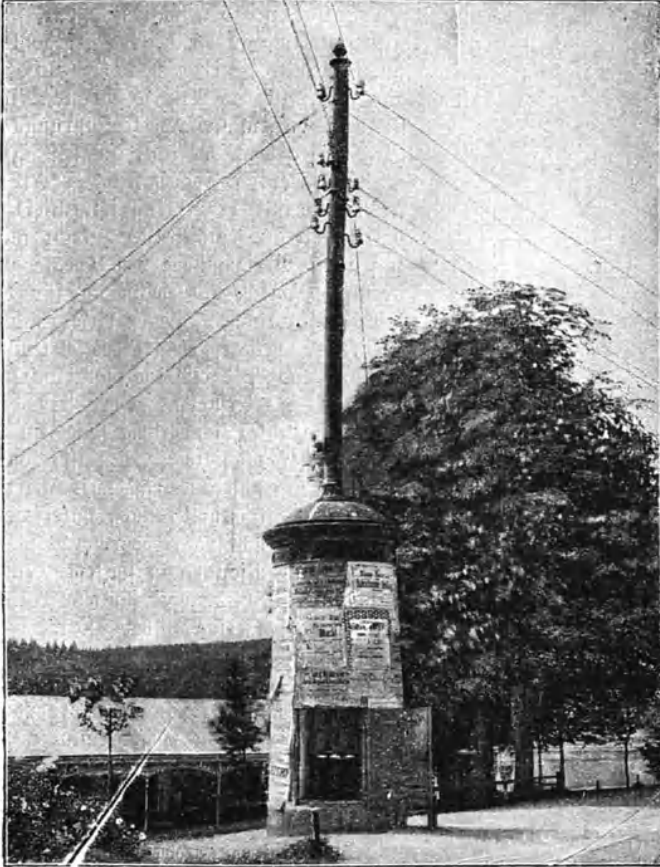


Fig. 285. Transformatorsäule in Marienbad.

10 Millimeter Durchmesser nach der Stadt geführt wird. Vor der Stadt wird die Spannung durch große Zwischentransformatoren auf 2000 Volt herabgebracht und mit dieser Spannung wird der Strom den Verteilungstransformatoren zugeführt, welche ihn auf die Gebrauchsspannung von 100 Volt herabsteigen lassen.

C. Beleuchtungseinrichtungen für besondere Zwecke.

Das elektrische Licht kommt vielfach zu Zwecken in Anwendung, welche durch die besonderen Umstände eine Abänderung der bisher beschriebenen Vorrichtungen oder die Zuhilfenahme von Spezialeinrichtungen notwendig machen. Es wird uns nun zwar nicht möglich sein, alle diese besonderen Verwendungen des elektrischen Lichtes hier zu schildern, da ihre Zahl schon heute eine sehr große geworden ist und täglich wächst; wir wollen aber versuchen, die hauptsächlichsten Erscheinungen auf diesem Gebiete vorzuführen, und zunächst

solche Anlagen beschreiben, bei denen die verlangte Anpassung an die Verhältnisse eine Umgestaltung der bisher beschriebenen Einrichtung erfordert, und dann zu den besonderen Anwendungen des elektrischen Lichtes übergehen.

Die Beleuchtung von Theatern. Für die Anwendung des elektrischen Lichtes kommen in vielen Fällen zwei Vorteile desselben als maßgebend in Frage, seine größere Sicherheit in bezug auf Feuergefahr, und weiter der Umstand, daß die elektrischen Lampen die Luft nicht erhitzen und durch Produkte verderben, wie es die Flammenbeleuchtung thut, Vorteile, welche besonders bei der Theaterbeleuchtung Geltung haben. Darum sehen wir, daß ein Theater nach dem andern zur elektrischen Beleuchtung übergeht und die Zahl der mit elektrischem Licht erhellten Bühnen bereits zu einer stattlichen Ziffer angewachsen ist. In Deutschland und in Rückwirkung auch für das Ausland hat die Münchener Aus-

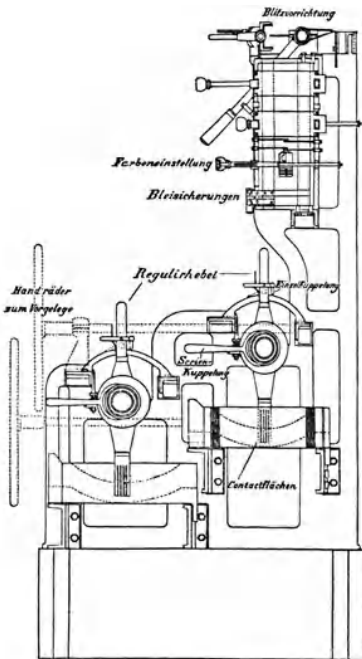


Fig. 286.

Bühnenlichtregulator für das Dreilampensystem.

stellung den Anstoß für die Einführung des elektrischen Lichtes gegeben. Auf jener Ausstellung hatte die damalige „Deutsche Edisongesellschaft“, heute die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ ein elektrisch beleuchtetes Versuchstheater gebaut und der gerade tagenden Versammlung von Theaterdirektoren vorgeführt, welche sich einstimmig für das elektrische Licht aussprachen. Hatten diese Fachleute anfangs Bedenken gehegt, ob sich das elektrische Licht den Anforderungen der Bühne fügen würde, so nahmen sie jetzt mit Erstaunen wahr, daß dieses Licht in bezug auf die Lichtwirkung nicht nur alles leistet, was mit Gaslicht zu erreichen ist, sondern daßselbe in Wirkung und Anpassung weit übertrifft.

Die Bühnenbeleuchtung unterscheidet sich von andern Beleuchtungen dadurch, daß sie in Stärke, Farbe und Richtung in starkem Maße wechselt, und diese Wechsel müssen für eine beliebige Lampengruppe oder für eine beliebige Anzahl solcher Gruppen vorgenommen werden können. Gerade in dieser Beziehung zeigt sich nun das elektrische Licht hervorragend modulationsfähig und erfordert zur Erzielung der Wechsel verhältnismäßig einfache Vorrichtungen. So erzielt man den Wechsel der Lichtintensität bei Gleichstrom in einfacher Weise durch Einschaltung von Widerständen, welche den Strom abschwächen und die Lampen gradweise dunkler brennen machen bis zum Verlöschen. Diese Graduierung soll nun an den verschiedenen Gruppen beliebig vorgenommen werden können, und dies erreicht man dadurch, daß man jede Gruppe in einen besonderen Stromzweig legt und jedem Zweig einen veränderlichen Widerstand gibt. Für den Wechsel der Lichtfarbe gibt es zwei Systeme. In dem einen werden auf mechanischem Wege bunte Glaschirme vor jede Lampe geschoben, beziehungsweise weggezogen, wenn die Lampe wieder mit ihrem natürlichen Lichte brennen soll. Bei dem zweiten System sind an Stelle einer jeden Lampe des vorigen Systems deren drei, die eine mit weißer, die andre mit roter, die dritte mit blauer Glasbirne angebracht, und man kann durch Umschaltung des Stromes von einer auf die andre Lampe das Licht entsprechend wechseln. Naturgemäß verdreifacht sich dadurch auch die Zuleitung (die Rückleitung ist für alle Lampen gemeinsam), und ebenso sind auch für jede Lampengruppe zwei veränderliche Widerstände vorhanden, so daß die Zahl derselben eine recht beträchtliche wird. Trotzdem verdient das letztere System den Vorzug, weil es die Wechsel von einer Zentralstelle ohne jede mechanische Leitung, die bei einer großen Anzahl Lampen Schwierigkeiten bietet, auf rein elektrischem Wege ermöglicht.

Zur Erzielung der Wechsel ist eine besondere Vorrichtung, der Bühnenlichtregulator,

vorhanden, welcher an einem passenden Ort dicht an der Bühne, von welchem aus man dieselbe ganz übersehen kann, aufgestellt wird. Er besteht aus einer Anzahl Hebel, mittels welcher man Lichtstärke und Farbe jeder Lampengruppe ändern kann. Für jede Gruppe sind zwei solcher Hebel vorhanden, welche die Lichtstärken in zwei Farben der Gruppe ändern; man kann auf diese Weise die eine Farbe langsam verschwinden und die andre allmählich aufleuchten lassen. Um die dritte Farbe anzuwenden, vertauscht man mittels einer dritten Vorrichtung die Lampen der einen Farbe gegen die der andern und hat dadurch alle drei Farben in der Hand. Diese sogenannte Farbeneinstellung ist bei den Bühnenregulatoren der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“, welche die Bühnenbeleuchtungsapparate zu hoher Vollkommenheit ausgebildet hat, als Schieber konstruiert, der durch Vorziehen oder Zurückschieben die Einschaltung seiner zugehörigen Farbe und die Verbindung der betreffenden Lampen mit einem der beiden Regulierhebel ermöglicht.

Da es nun aber bei dem oft rasch benötigten Wechsel nicht möglich wäre, die Hebel der Reihe nach umzustellen, so kann eine beliebige Anzahl derselben miteinander gefuppelt und dann die ganze Reihe durch ein Handrad bewegt werden.

Eine besondere Vorrichtung ermöglicht es, beliebige Gruppen momentan aufleuchten zu lassen, und indem man dies bald bei dieser, bald bei jener Gruppe erfolgen läßt, ahmt

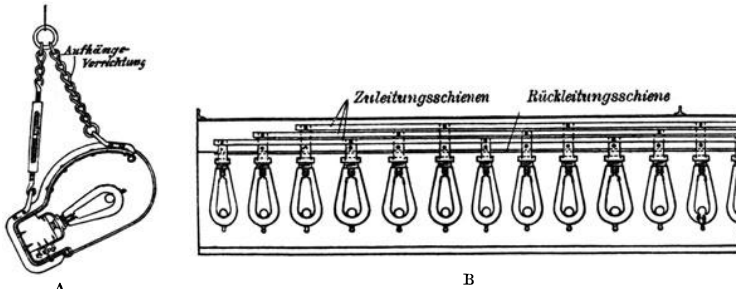


Fig. 287. Soffitenbeleuchtungskörper für das Dreilampensystem.

man täuschend den rasch aufleuchtenden und verschwindenden Schein des Blizes nach, zumal wenn das Donnerblech den Eindruck verstärken hilft. In Fig. 286 geben wir eine Ansicht eines solchen Bühnenregulators.

Die Widerstandsspiralen sind feuerfester unter dem Regulator angebracht, und von ihnen aus führen nun die zahlreichen Drähte zu den Kontaktstücken der Hebel. Da man von jedem zu einem Hebel gehörigen Widerstand gradweise Teile einzuschalten hat, so kommen auf jeden der Schalthebel ebensoviele Zuleitungen, als Teile vorhanden sind, vermehrt um eine, so daß man sich von der Zahl der nach unten führenden Drähte, welche alle sorgfältig angelegt sein müssen, einen ungefähren Begriff machen kann.

Die Anbringung der Lampen gestaltet sich beim Dreilampensystem sehr einfach, da die Lampen reihenweise in ihren Farben abwechselnd nebeneinander gesetzt werden. Unsere Fig. 287 zeigt einen Soffitenkörper mit seinen Lampen und drei Zu- und einer Rückleitung.

Neben den fest aufgestellten Lampen bedarf die Bühne auch Lampen, die beliebig aufgestellt werden können, und zu diesem Zwecke sind im Fußboden und an andern Stellen Anschlußvorrichtungen angebracht, mit denen man die biegsamen Leitungen der „Versatz“-lampen verbindet. Die elektrische Beleuchtung schmiegt sich in dieser Beziehung den Bedürfnissen weit besser an als jede andre, da die Zuleitung des Stromes ohne Mühe an alle Stellen geführt werden kann.

Auch die zahlreichen andern Lichtwirkungen, welche die Bühne gebraucht, sind bei der Einrichtung der elektrischen Beleuchtung vorgesehen. Den Reflektor, der zur gelegentlichen Beleuchtung von Gruppen dient und der vor zwanzig Jahren die einzige Anwendung des elektrischen Lichtes auf der Bühne darstellte, haben wir gelegentlich schon früher (vergl. Fig. 159) kennen gelernt; mit Hilfe der Dynamomaschine und des überall in der Anlage vorhandenen oder leicht zugeführten Stromes läßt sich heute diese Verwendung weit reicher gestalten.

Auch das „große und kleine Himmelslicht“ wird heute in elektrisch beleuchteten Theatern durch elektrische Lampen hergestellt, und unsere Fig. 288 läßt erkennen, wie der Theatermond zustandegebracht wird. Regenbogen und Blitze werden mittels des Strahles des elektrischen Lichtes projiziert. Für den ersteren leitet man ein konzentrisches Strahlenbündel durch ein passend gebogenes Prisma, welches das Licht in die Spektralfarben zerlegt. Für Blitze läßt man das Licht durch eine Glasplatte gehen, welche mit undurchsichtigem Lack bedeckt ist; in die Lackschicht ist der Blitzstreifen eingekratzt, so daß das Bild desselben durch die Projektionsvorrichtung auf die hintere Leinwand geworfen wird, wo ihn der Momentverschluß des Apparates für einen Augenblick erscheinen läßt; bei der in Fig. 289 dargestellten Vorrichtung für diese Zwecke kann das Bild des Blitzes rasch gegen ein andres ausgetauscht werden, so daß man eine Reihe verschiedenartig gestalteter Blitze hintereinander erscheinen lassen kann.

Auch für manche andre überraschenden Effekte wird gelegentlich der Strom benutzt. In Gounods „Faust und Margarete“ hat man in der bekannten Sechszene die Degen der beiden Kämpfer mit je einem Pol eines Stromerzeugers verbunden, so daß bei jeder

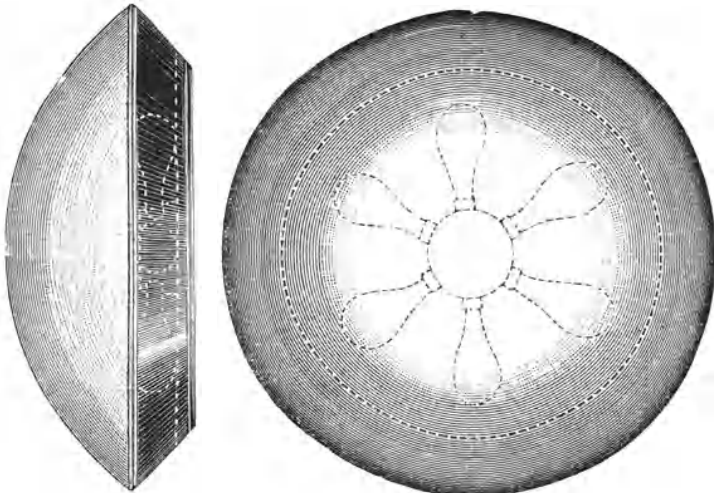


Fig. 288. Der elektrische Theatermond.

Berührung der Rlingen die Funken aus denselben hervorsprühten, was einen ganz unheimlichen und höllischen Eindruck machte. Der heilige Gral erscheint als leuchtender Becher, was in sehr einfacher Weise dadurch erreicht wird, daß man eine Glühlampe in den Glasfisch steckt. Wenn der in die Glasretorte eingeschlossene Homunkulus im „Faust“ von sich selbst sagt: „Ergieß’ ich gleich des Lichts in Menge, bescheiden doch, daß ich das Glas nicht spreng“, so stellt er sich selbst schon als Vorahnung der Glühlampe dar, und aller Wahrscheinlichkeit nach wird er auch auf der Bühne als solche erscheinen. Ein andres häufiger vorgeführtes Stüchden ist die elektrische Beleuchtung der Ballettösen, denen man kleine Glühlampen ins Haar steckt oder am Gürtel, am Kleide befestigt; in solchen Fällen ist es meist unthunlich, den Strom durch Drähte zuzuleiten, und man gibt den Damen daher einen kleinen Akkumulator mit, der das Lämpchen speist. Daß die unheimliche Bevölkerung der Wolfschlucht einen guten Teil ihrer graulichen Erscheinung neuerdings dem elektrischen Lichte verdankt, braucht kaum gesagt zu werden.

So sehen wir den elektrischen Strom in vielfacher Verwendung auf der Bühne, und der Witz der Theatermeister kann sich hier in ausgiebiger Weise bethätigen, um neue Wirkungen zu erfinden.

Über den Teil der Theaterbeleuchtung, welcher außerhalb der Bühne liegt, ist wenig zu sagen. Hervorzuheben ist, daß die elektrische Beleuchtung des ganzen Hauses von der

Zentralstelle aus reguliert werden kann, so daß Helle und Dunkel an allen Stellen im Augenblick hervorgerufen werden können. Ein Wort erheischt noch die Notbeleuchtung. Dieselbe muß so eingerichtet sein, daß sie unabhängig von der Hauptbeleuchtungsanlage funktioniert, und zu diesem Zwecke hat man in einzelnen Fällen eine Akkumulatorenanlage angebracht, deren Strom, unabhängig vom Maschinenstrom, die Notlampen speist.

Bei der Leitungsanlage ist größte Sicherheit unumgängliche Voraussetzung. Man benutzt daher sehr gut und feuersicher isolierte Leitungen. Früher wurden dieselben in Holzleisten gelegt. Neuerdings ist die Holzleiste verdächtig geworden, daß sie heimliche Zündwirkungen begünstige, und die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ legt jetzt ihre Leitungen in Theatern offen an Porzellanrollen befestigt, so daß ein etwa entstehender Schaden, der zu einer Zündwirkung führt, sofort bemerkt werden kann. Wie große Vorsicht man übrigens bei den Theateranlagen walten lassen muß, läßt ein Fall erkennen, welcher sich auf einem Berliner Theater ereignete. Eine Tänzerin, die ein mit Goldlahn- oder Raushgoldstreifen besetztes Kleid trug, kam einer Anschlußvorrichtung zu nahe; das Unglück wollte es, daß ein solcher Metallstreifen in die Vorrichtung hineingeriet, wodurch kurzer Schluß entstand und der Streifen sofort glühend wurde, auslochte und das Kleid der Tänzerin in Brand steckte. Infolgedessen wurden die sämtlichen Anschlußvorrichtungen dergestalt umgeändert, daß eine Berührung der Pole von außen unmöglich gemacht worden ist.

Gegen das Zerschlagen werden die Glühlampen durch Drahtkörbe oder Gitter geschützt, nicht nur des Verlustes der Lampe wegen, sondern auch weil eine zerbrechende Glühlampe, wenn auch nur für einen Moment, zündend wirken kann. An den besonders feuergefährlichen Stellen schützt man die Lampe deswegen auch noch durch ein Schutzglas.

Das elektrische Licht auf Schiffen.

Die Schiffe haben ein ähnliches Interesse an einer thunlichst sicheren Beleuchtungsanlage wie die Theater, und für sie kommt noch das andre hinzu, die Beleuchtungsanlage von einer Zentralstelle aus betreiben zu können, um auf diese Weise die Beleuchtung mit Einzellampen zu umgehen. Es erklärt dies, warum die allererste Glühluchtanlage auf einem Dampfer in Betrieb kam (vergl. S. 167). Für Segelschiffe bleibt freilich diese Beleuchtungsart vorerst ein unerreichbarer Wunsch, auf Dampfern dagegen macht die Anlage und der Betrieb wenig Umstände, und das bißchen Mehrverbrauch an Kohle und Dampf spielt bei den gewaltigen Dampfzeugern unsrer heutigen Schiffe keine Rolle. Dafür treten aber andre erschwerende Bedingungen für solche Schiffsbeleuchtungsanlagen auf, welche besondere Berücksichtigung verlangen. In erster Reihe steht hier die Platzfrage, denn Raum ist auf Schiffen teuer und jedes Plätzchen muß thunlichst ausgenutzt werden. Zwei andre Faktoren, welche in Rücksicht genommen

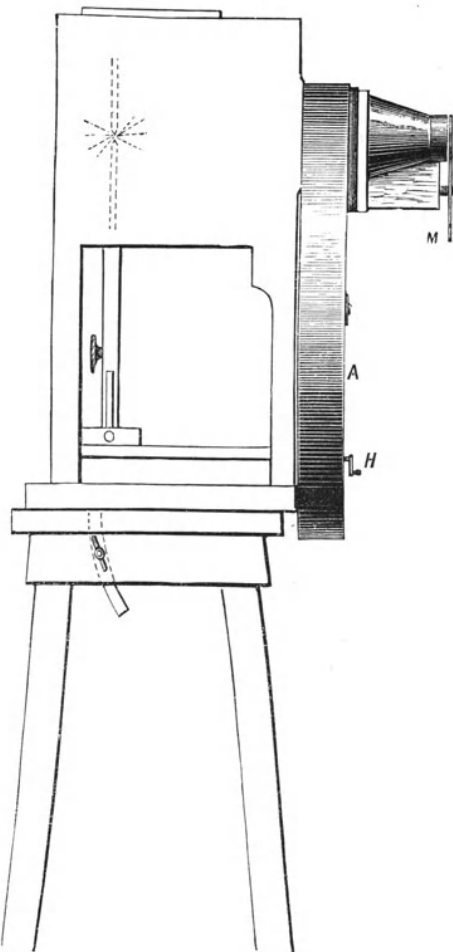


Fig. 289. Projektionsapparat zur Erzeugung von Blitz-, Wolken- u. s. w. Bildern auf der Bühne.

werden müssen, sind das Seewasser und die Seeluft, welche lebhaft auf metallene und andre Teile einwirken und keineswegs in verbessernder Weise. Endlich ist die Sicherheit der Anlage auf Schiffen in besonderem Grade vorzusehen, weil der auf schlechte Wege geratene Strom, der lange Zeit, ohne etwas merken zu lassen, seine schlimme Wirkung ausübt, die bedenklichsten Störungen und Gefahren hervorrufen kann.

Die Platzfrage bedingt, daß der Elektrotechniker sich mit seiner Dampf- und Dynamoanlage thunlichst einzuschränken hat, und deswegen benutzt er schnelllaufende Dampfmaschinen, welche entweder mit der Dynamomaschine unmittelbar gekuppelt sind oder nur eine einfache Riemenübertragung nötig machen. Die erstere Anordnung wird jetzt, wo man eigens für den Schiffsbeleuchtungsbetrieb konstruierte gute Dampfdynamos besitzt, vorgezogen. Eine solche kompensiös gebaute Dampfmaschine von Schuckert & Co. ist in Fig. 290 abgebildet.

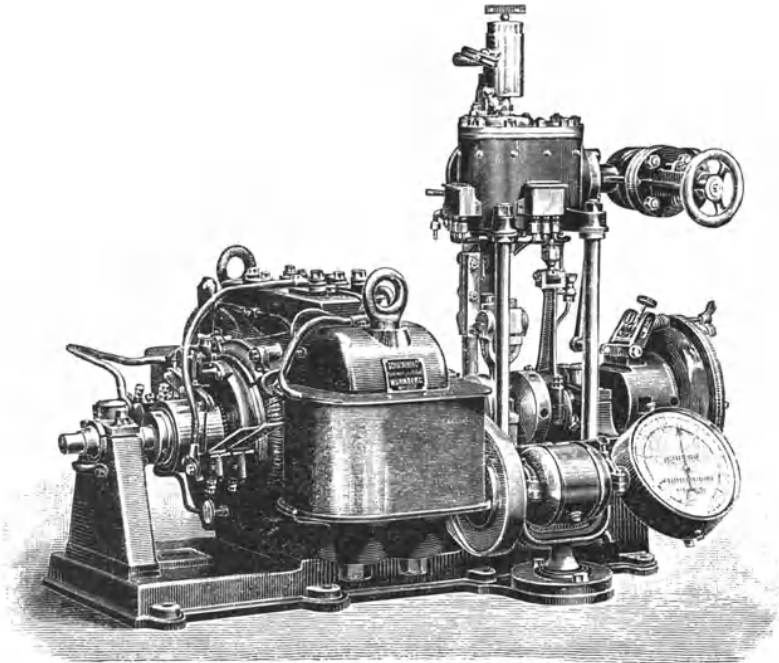


Fig. 290. Dampfmaschine für Schiffsbeleuchtung von Schuckert & Co.

Die Leitungsanlage muß in bezug auf Isolation besonders gut hergestellt werden, weil andernfalls Wasser und Luft die isolierende Hülle angreifen und die Isolation schädigen. Zumeist werden Bleitabel benutzt, welche mit Rücksicht auf mechanische Einwirkungen in Holzleisten (s. S. 195) gelegt werden. Wo die Schiffe durch Schottwände in wasserdichte Abteilungen geteilt sind, führt man die Kabel in Stopfbüchsen durch diese Wände und dichtet die Durchführung sorgfältig ab. In gewissen Fällen reicht das Bleitabel nicht aus, und es muß mit Eisendraht oder -Band armiertes Kabel benutzt werden, nämlich an solchen Stellen, an denen die Leitung für die Einwirkung seitens der Herren Matrosen, die keine Samthandschuhe bei der Arbeit tragen, frei liegt.

In vielen Fällen und namentlich früher hat man als Rückleitung für den Strom den eisernen Schiffskörper verwendet, und dadurch die Hälfte der Leitung gespart. Neuerdings kommt man aber von diesem Verfahren ab, das zu Bedenken Anlaß gegeben hat, und wendet besondere und ebenfalls gut isolierte Rückleitungen an.

Von den beiden Lichtarten wird auf Schiffen zumeist Glühlicht benutzt. Bogenlicht eignet sich zwar sehr gut zur Beleuchtung des Deckes; es hat aber die unangenehme Eigenschaft, daß seine Strahlen die Führer anderer entgegenkommender Schiffe blenden, und

insolgedessen ist die Verwendung des Bogenlichtes auf Schiffen durch gesetzliche Vorschriften erheblich eingeschränkt worden. Immerhin wird es auch heute noch vielfach gebraucht, und namentlich für nächtliche Arbeiten, beim Laden und Löschen, wodurch die Be- und Entfrachtung der Schiffe, das Einnehmen von Kohlen u. s. w. erheblich gefördert werden kann. Für die Innenräume kommt in der Hauptsache Glühlichtbeleuchtung zur Verwendung, höchstens daß die Salons einige Bogenlampen erhalten. Die Passagierkajüten werden mit einzelnen Glühlampen versehen, welche die ganze Nacht hindurch brennen. Für die Laderäume werden bewegliche Lampen angebracht, wie auch tragbare Lampen nach Art der in Fig. 207 dargestellten. Auch für die Mastenlichter, die Positionslaternen wird das elektrische Licht verwendet, was den Vorteil bietet, daß das Anzünden der Lampe von Deck aus geschehen kann. Verwandt mit dieser Benutzung der Glühlampe ist ihre Verwendung für optische Signalapparate, welche namentlich auf Kriegsschiffen angewendet werden und zur Übertragung von Signalen und Nachrichten während der Nacht dienen. Bei diesen Apparaten, welche u. a. auch von Gustav Conz in Hamburg in großer Vollendung gebaut werden, sind mehrere Glühlampen in einer am Mast aufgehängten Laterne angebracht, welche nach Belieben einzeln oder in Gruppen durch einen auf dem Deck stehenden Schaltapparat zum Leuchten gebracht werden können. Durch die verschiedenen Kombinationen, in denen man die Lampen brennen lassen kann, vermag man eine Reihe verabredeter Zeichen zu geben und sich auf diese Weise von Schiff zu Schiff zu verständigen. Der Schaltapparat ermöglicht einen raschen Wechsel der Signale, so daß auch längere Depeschen in verhältnismäßig kurzer Zeit übermittelt werden können. Man hat auch versucht, das Bogenlicht für solche Telegraphie zu verwenden. Richtet man nämlich das Licht einer großen Reflektorlampe nach oben, so kann man auf weite Entfernungen hin den sich am nächtlichen Himmel scharf abgrenzenden Strahl der Lampe erkennen. Indem man nun den Strahl durch geeignete Blenden für kürzere und längere Dauer aufblitzen läßt, vermag man Zeichen nach Art der Morsezeichen zu geben und auf diese Weise ein Telegramm auf Meilen hin zu übertragen.

Der Betrieb solcher Schiffsbeleuchtungsanlagen gestaltet sich dadurch schwierig, daß er Tag und Nacht ununterbrochen fortgehen muß, weil ein Teil der Lampen während der Fahrt nicht ausgelöscht wird. Die größeren Dampfer versehen daher ihre Anlagen mit Reservemaschinen, so daß ein Schaden an einer Maschine die Anlage nicht außer Funktion bringt.

Eine weitere Verwendung findet das elektrische Licht auf Schiffen, in erster Reihe auf Kriegsschiffen in den Scheinwerfern, welche zur Beleuchtung der Küste und feindlicher sich nähernder Schiffe, wie auch als wirksames Mittel zur rechtzeitigen Entdeckung der sich unter dem Schutze der nächtlichen Finsternis heranschleichenden Torpedoboote dienen. Im wesentlichen ist der Scheinwerfer eine mächtige Bogenlampe, deren Strahl durch Hohlspiegel und (Fresnelsche) Linse zu einem äußerst intensiven Strahl verdichtet wird und das Gewässer auf Kilometer hinaus genügend beleuchtet, um die Vorgänge auf dem Wasser oder auf dem Ufer erkennen zu lassen. Unser Bildchen (Fig. 291), das eine solche Beleuchtung auf einem Flusse zeigt, mag eine Idee von dieser Anwendung des elektrischen Lichtes geben.

Die erste Anwendung solcher Scheinwerfer für Schiffe wurde im amerikanischen Sezessionskriege gemacht; damals hatte man freilich nur galvanische Batterien als Stromerzeuger zur Verfügung, aber bald darauf konnte man magnetoelektrische und dann Dynamomaschinen anwenden, was die Benutzung der Vorrichtung wesentlich erleichterte.



Fig. 291. Beleuchtung durch einen Scheinwerfer.

Heutzutage ist jedes größere Kriegsschiff mit solchen Apparaten ausgerüstet, und es ist nicht uninteressant für deutsche Leser, daß unsre und fremde Marinen diese Scheinwerfer früher aus Frankreich bezogen, jetzt aber dieselben zum großen Teil bei Schudert & Co. kaufen, welche Firma sich die Ausbildung des Apparates mit Erfolg hat angelegen sein lassen. Fig. 292 zeigt einen solchen Scheinwerfer der Nürnberger Firma. Die zahlreichen Mechanismen, welche wir daran erblicken, dienen im wesentlichen zur Bewegung des Apparates und der Blenden. Der elektrische Teil des Scheinwerfers ist ziemlich ein-

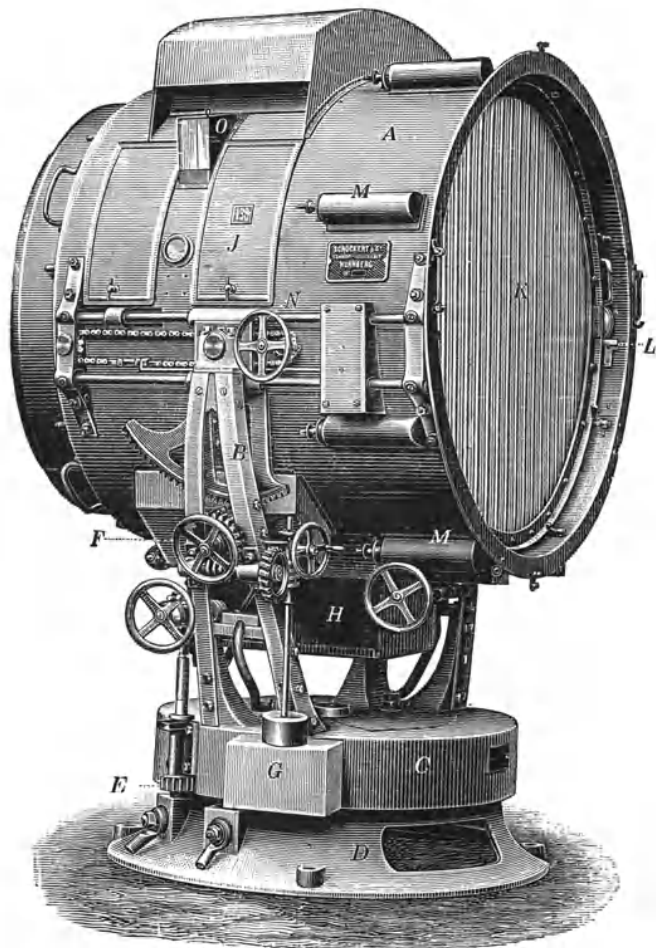


Fig. 292. Großer Scheinwerfer für die Marine von Schudert & Co.

fach, da die Bewegung der Kohlenstifte nicht durch einen selbstthätigen Regulator, sondern von Hand mittels eines kleinen Handrades erfolgt.

Eine friedliche Anwendung findet der Scheinwerfer allnächtlich im Suezkanal. Hier ist den Schiffen die nächtliche Fahrt im Kanal gestattet, wenn sie mit Scheinwerfern ausgerüstet sind, und dadurch vermögen sie die Durchfahrtszeit von 60 Stunden, welche sie bei ausschließlicher Tagfahrt gebrauchen, auf 24 bis 30 Stunden abzukürzen. Da der Fahrtag für ein großes Schiff eine große Ausgabe bedeutet, so ermöglicht die Nachtfahrt durch den Kanal eine erhebliche Ersparnis. Es würde nun aber für viele Schiffe, zumal für solche, welche nicht in regelmäßigen Fahrten den Kanal passieren, kaum rentabel sein, wenn sie sich eine eigne Beleuchtungsanlage mit Scheinwerfer für diesen Zweck aufstellen wollten, und in Erkenntnis dieser Ver-

hältnisse hat sich ein Unternehmen gebildet, welches den Schiffen die Beleuchtungsanlage für die Durchfahrt leiht. Diese in ihrer Art einzigen transportablen Beleuchtungsanlagen sind naturgemäß für möglichst einfache Handhabung gestaltet. Die Dampfmaschine besteht aus einer rotierenden (Brotherhood-) Dampfmaschine, mit welcher die auf gleicher Grundplatte befestigte Dynamomaschine unmittelbar gekuppelt ist. Will nun ein Schiff sich die Anlage für die Durchfahrt aufstellen lassen, so wird die Dampfmaschine an Ketten auf das Schiff gewunden (Fig. 293) und auf dem Deck aufgestellt. Eine rasch angebrachte Dampfleitung führt der Maschine den benötigten Dampf zu. Vor den Steven wird ein Käfig gehängt, in welchem sich der Scheinwerfer und der Mann zu seiner Bedienung befinden (Fig. 294). Eine Telephonverbindung zwischen der Kommandobrücke und dem Käfig

ermöglicht dem Lotsen, den am Scheinwerfer sitzenden Mann zu benachrichtigen, nach welcher Seite hin er den Strahl zu lenken hat. Der Unternehmer rechnet für jede Durchfahrt 210 Mark, ein Preis, der gegen die erzielte Ersparnis gering ist, aber immerhin für den Unternehmer einen ganz hübschen Gewinn übrig läßt. Unser Bild (Fig. 295) zeigt einen Dampfer, wie er in nächtllicher Fahrt den Strahl weit hinaus in das vorliegende Gewässer schießt.

Dieser Anwendung des elektrischen Lichtes können wir diejenige für die Leuchtfener anreihen. Die enorme Leuchtkraft des Lichtbogens läßt eine solche Verwendung als besonders empfehlenswert erscheinen, da es bei den Leuchttürmen von Wert ist, daß ihr Licht möglichst weit hinaus gesehen werden kann. Was das elektrische Licht in dieser Beziehung zu leisten vermag, wird man aus der Thatsache ersehen, daß man das Licht des neuerdings für elektrische Beleuchtung eingerichteten Leuchtturmes von Houtsholm bei klarem Wetter noch auf 35 englische Meilen deutlich gesehen hat.

Für die Anwendung des elektrischen Lichtes auf Leuchttürmen besteht die Schwierigkeit, daß man eine Anlage für die Stromerzeugung zu betreiben hat, daß also der Betrieb erheblich komplizierter als mit der Lampe ist. Trotzdem sind die Vorteile des elektrischen Lichtes so bedeutend, daß die englische Behörde bereits mehrere Leuchttürme damit versehen hat, nachdem durch eine Kommission von Sachverständigen in eingehenden Versuchen die Überlegenheit der elektrischen Beleuchtung vor andern bei Leuchtfenern verwendeten Beleuchtungsarten festgestellt worden war.

Um eine Vorstellung von der Einrichtung eines solchen elektrischen Leuchtturmes zu geben, wollen wir die Anlage des Leuchtturmes von St. Catherine Point auf der Insel Wight hier kurz beschreiben. Früher hatte der Turm ein unbewegliches Öllicht erster Klasse. Im Jahre 1888 wurde die elektrische Beleuchtung eingeführt, welche alle zwei Minuten einen Strahl von fünf Sekunden Dauer ausfendet. Zu diesem Zwecke umgibt die Lampe ein cylindrisches Glasgehäuse, welches aus Fresnel'schen Linsen zusammengesetzt ist, und sich langsam in 32 Minuten einmal um die Lampe dreht. Die Zahl der Linsen beträgt 16, und durch sie wird das Licht in ebensoviele Strahlen verdichtet, welche einem riesigen Kranz von 16 leuchtenden Radspiege[n] gleichen; wenn dieselben langsam über das umliegende Wasser hinwandern, so wird jeder Ort alle zwei Minuten von einem Strahl getroffen, der für ihn nach fünf Sekunden verschwindet, um weiter zu wandern.

Neben dem Turme steht ein Maschinenhaus, in welchem drei Dampfmaschinen von je

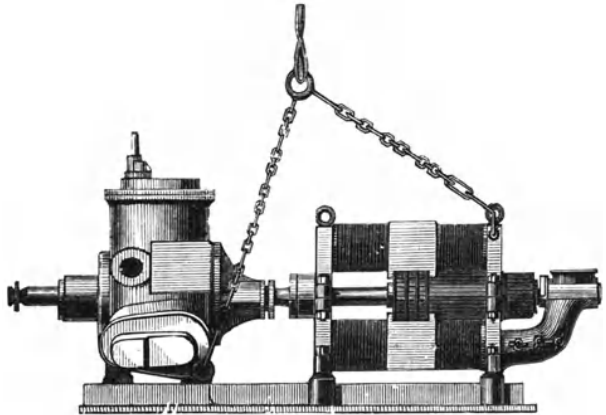


Fig. 293. Transportable Dampf-dynamo an Aufzugkette für die Nachtfahrt im Suezkanal.



Fig. 294. Der Käfig mit Scheinwerfer am Vordersteven des Schiffes.

30 indizierten Pferdekraften aufgestellt sind, von denen zwei für den Betrieb der Stromerzeuger dienen, je eine für einen. Die Stromerzeuger sind nicht Dynamomaschinen, sondern magnetelektrische Maschinen, welche man trotz ihres höheren Preises für Leuchtturmbeleuchtung vorzieht, weil man sie für sicherer hält. Zum Betriebe der Bogenlampe genügt eine Magnetmaschine, die zweite dient als Rückhalt, da wegen der Betriebssicherheit jeder Teil der Anlage doppelt vorhanden sein muß.

Die elektrische Lampe ist eine Uhrwerklampe, eine Abänderung der Serrin-Verjot-Lampe, und hat Kohlenstäbe von 60 Millimeter Durchmesser, welche eine Lichtstärke von 60 000 Normalkerzen erzeugen, die sich in den verdichteten Strahlen noch erhöht. Es ist verständlich, daß an eine solche Lampe in bezug auf Stetigkeit des Lichtes und genaue Erhaltung des Lichtpunktes hohe Ansprüche gestellt werden, und sie darum ausgezeichnet gearbeitet sein muß; sie zählt daher zweifellos zu den teuersten Lampen der Welt.

Um dem Leser ein Bild zu geben, wie die Laternen dieser elektrischen Leuchttürme konstruiert sind, bilden wir in den beistehenden Fig. 296 A und 296 B die Laterne des Eiffelturmes ab, auf welchen man ein Leuchtfeuer gesetzt hatte. In der Mitte steht die Bogenlampe, welche von einem aus Fresnel'schen Linsen zusammengesetzten Glasgehäuse umgeben ist. Diese Linsen konzentrieren das Licht der Lampe in einen leuchtenden Gürtel, der seine Strahlen in die Sehzone des Feuers ausschickt. Um das Linsengehäuse bewegt sich eine Trommel *t*, welche für den Lichtwechsel dient. Zu diesem Zweck trägt jeder Quadrant

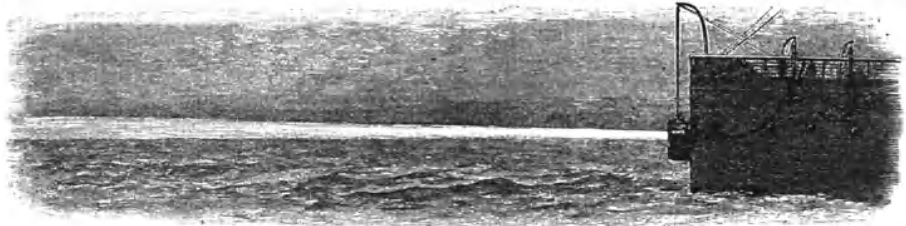


Fig. 295. Dampfer auf nächstlicher Fahrt im Suezkanal.

derselben drei Linsen und hinter denselben einen breiten offenen Streifen. Vor der ersten Linse ist ein blaues, vor der dritten ein rotes Glas eingesetzt, die mittlere ist unverdeckt. Durch einen oben in der Laterne stehenden kleinen elektrischen Motor *M* wird die Trommel gedreht und bewirkt dadurch den Lichtwechsel, in welchem erst ein blauer, dann ein weißer, darauf ein roter Strahl — die französischen Farben — erscheint, worauf das Leuchtfeuer für einige Zeit unveränderlich bleibt, bis der nächste Wechsel eintritt. Zur genauen Einstellung des Flammenbogens in den Fokus dient ein Schraubenmechanismus, der durch das Handrad *M* bethätigt wird.

So eine Art elektrischer Leuchtturm sollte auch die Statue der Freiheit, welche Frankreich dem Schwesterreich, den Vereinigten Staaten, für den Hafen von New York geschenkt hatte, darstellen. Das Haupt der Statue umgab ein durch elektrische Lampen gebildeter Strahlentranz. Die Schiffer sind aber gegen diese Beleuchtung auffällig geworden, weil sie blendet, und deshalb hatte man die Beleuchtung wieder eingehen lassen.

Die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnzügen. Der Gedanke liegt nahe, die Eisenbahnzüge elektrisch zu beleuchten, und schon ziemlich früh ist versucht worden, denselben zu verwirklichen. Das Unternehmen bietet aber manche Schwierigkeiten. Es scheint zwar ziemlich einfach, in einem Gepäckwagen eine Dynamomaschine zu stellen, und diese von einer Riemenscheibe, welche auf eine Radachse gesetzt ist, antreiben zu lassen; allein woher den Strom nehmen, wenn der Zug still steht? Man muß also entweder eine besondere Dampfmaschine aufstellen, welche unabhängig von der Bewegung des Zuges arbeitet, oder Akkumulatoren zu Hilfe nehmen, welche während der Fahrt genügend geladen werden, um während der Zeit des Stillstehens des Zuges die Lampen speisen zu können. Hier treten nun aber wieder Schwierigkeiten auf, welche in dem Unterschiede der Ladungsspannung der Akkumulatoren und ihrer Entladenspannung begründet sind. Es bleibt also nichts übrig

als die Akkumulatoren bei Tage zu laden, um sie dann während der Nacht ohne Beihilfe der Dynamomaschine die Lampen speisen zu lassen, oder doppelte Batterien anzutwenden, von welchen die eine geladen wird, während die andre die Lampen speist und durch die erstere ersetzt wird, sobald ihre Ladung entsprechend verbraucht ist.

Man kann nun diese Akkumulatoren als gemeinschaftliche Betriebsbatterie in den Wagen stellen, in welchem die Dynamomaschine steht. Zu diesem Falle ist die Beaufsichtigung der Akkumulatoren erheblich vereinfacht, aber — wird der Zug getrennt, so verlöschen alle Lampen in den von der Batterie abgetrennten Wagen, und dieser Übelstand macht sich auch bei denjenigen Anlagen geltend, in welchen die Dynamomaschine durch eine besondere Dampfmaschine getrieben wird. Man sieht also, daß man bei der Zugbeleuchtung auf Einfachheit der Anlage verzichten muß und genötigt ist, der Betriebssicherheit wegen jedem Wagen eine besondere Batterie zu geben. Eine derartige Anlage hatte Mitte der achtziger Jahre die Maschinenfabrik „Eßlingen“ für einen Lokzug zwischen Hall und Stuttgart eingerichtet und längere Zeit zur Probe betrieben. Jeder Wagen hatte zwei Batterien, von denen die eine durch die im Gepäckwagen aufgestellte, von der Radachse aus getriebene Dynamomaschine gespeist wurde, während die andre den Strom für die Lampen des betreffenden Wagens lieferte. Da die Spannung der Dynamomaschine entsprechend der Änderung in der Fahrgeschwindigkeit wechselte, so war ein selbstthätiger Spannungsregulator aufgestellt, welcher die Klemmenspannung auf fester Höhe hielt.

Die Beleuchtung ließ nichts zu wünschen übrig und übertraf bei weitem diejenige durch Öl und Gas, wie sie jetzt in den Zügen verwendet wird. Allein die damaligen Akkumulatoren waren keineswegs den Ansprüchen gewachsen, welcher ein solcher Betrieb an sie stellt, und darum hat der Versuch noch nicht zur allgemeineren Einführung der elektrischen Zugbeleuchtung geführt. In England haben mehrere Bahnverwaltungen die elektrische Beleuchtung der Züge ebenfalls versucht, und es laufen jetzt eine Anzahl Züge, welche ständig mit elektrischen Lampen beleuchtet werden.

Das einfachste System ist dasjenige mit ausschließlichem Akkumulatorenbetrieb, bei welchem die Batterien auf einer Station geladen und in den Wagen gesetzt werden, um die Lampen für die Dauer der Hin- und Rückfahrt zu speisen. In der Schweiz ist dieses System neuerdings in vergrößertem Maßstabe zur Anwendung gekommen und von verschiedenen Eisenbahngesellschaften seit Anfang 1889 probeweise eingeführt. Die ersten Gesellschaften, die in dieser Beziehung vorgingen, waren die Schweizer Westbahn und die Nordostbahn; von ersterer ward zunächst ein vierachsiger Personenwagen mit zwei Abteilungen I. und zwei mit II. Klasse eingerichtet. Die Gesamthelligkeit der hierbei installierten

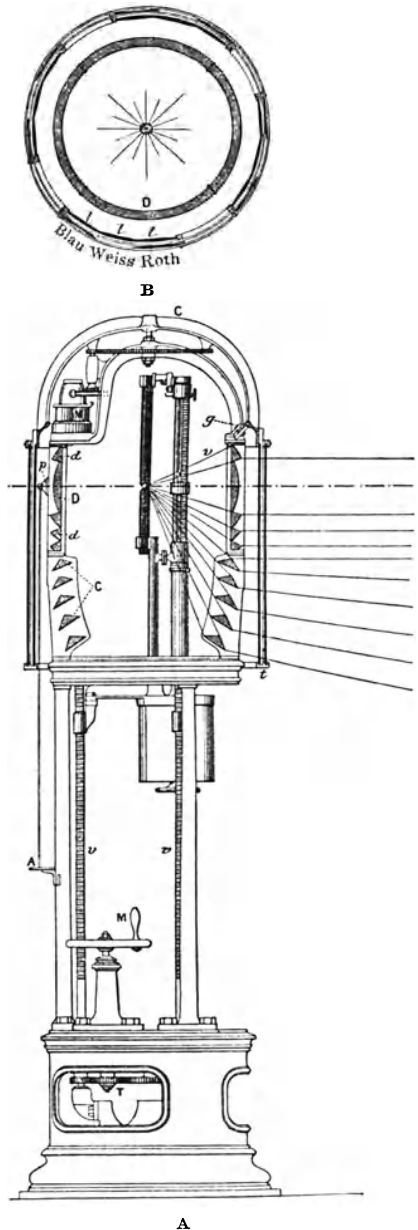
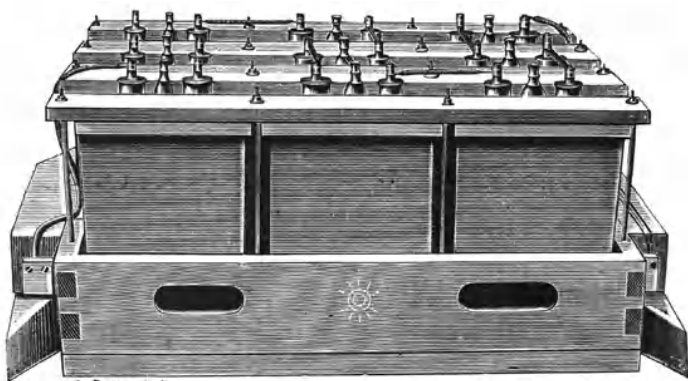


Fig. 296. Die Laterne des Eiffelturmes.

sieben Lampen betrug 56 Normalkerzen und zur Speisung derselben diente eine Akkumulatorenbatterie der Schweizer Akkumulatorenbau-Aktiengesellschaft (vormals E. Blanc & Co.) in Marly bei Freiburg von 2160 Wattstunden Kapazität. Eine solche Batterie, deren Gewicht im Dienst rund 105 Kilogramm beträgt, kann die im Wagen befindlichen Lampen fünfzehn Stunden lang speisen, so daß durch Anwendung von zwei solcher parallel geschalteter Batterien die Lampen dreißig Stunden, wie dies im internationalen Verkehr vorgesehen ist, gespeist werden können. Zur Aufnahme dieser Batterie dient ein unter dem Boden des Wagens angebrachtes Schubfach, in welches die Batterien auf den zur Auswechslung bestimmten Stationen, z. B. Freiburg und Biel, vom Perron aus hineingeschoben resp. herausgezogen werden, und da die beiden Batterien in Parallelschaltung stehen, so kann dieses ohne Störung während der Beleuchtung des Waggons geschehen.

Unsre Fig. 297 zeigt eine solche Batterie, wie sie auf den schweizerischen Bahnen derzeit angewendet wird.

Ein wie vorstehend beschriebener eingerichteter Wagen ist seit dem 14. Januar 1889 in regelmäßigem, täglichem Betriebe von Bern nach Genf und zurück, und acht weitere Wagen verkehren seit Juni desselben Jahres auf verschiedenen Strecken der Jura-Bern-Luzern-Bahn.



E. Blom. x. A

Fig. 297. Akkumulatorenbatterie für Wagonbeleuchtung in der Schweiz.

Infolge der erzielten, in jeder Beziehung zufriedenstellenden Resultate der nahezu zweijährigen Versuche hat die Direktion der beiden Bahnen, die zu der Jura-Simplon-Eisenbahngesellschaft vereinigt sind, beschlossen, die zur Zeit im Bau befindlichen achtzig Personenwagen mit gleicher Beleuchtung einzurichten und ihre alten Wagen nach und nach mit derselben auszurüsten.

Man ersieht hieraus, wie die elektrische Beleuchtung auch unter den heutigen Verhältnissen allmählich für den genannten Zweck in Verwendung kommt, obwohl es nicht fraglich sein kann, daß der Betrieb teurer und umständlicher ist als bei den früheren Beleuchtungseinrichtungen; allein die großen Vorzüge des elektrischen Lichtes wiegen die Mängel auf, wie der Erfolg lehrt, und da mit der Zeit auch diese Mängel mit fortschreitender Vervollkommnung der Elektrotechnik überwunden werden, so sehen wir auch hier einem Siege des elektrischen Lichtes entgegen.

Erheblich vereinfacht wird der Betrieb, wenn man den Strom, statt aus Aufspeicherungsbehältern zu entnehmen, durch eine isolierte Leitung wie bei den elektrischen Bahnen zu leiten könnte. Aber eine solche Anlage verbietet die Höhe der Anlags- wie der Betriebskosten. Anders liegt die Sache, wenn die Beleuchtung nur für eine kurze Fahrstrecke, sagen wir durch einen Tunnel benötigt wird. Hier hat man die Zuleitung mit Erfolg versucht, indem man zwischen die Schienen eine isolierte Leitungsschiene legte, auf welcher die Schleiffkontakte der Wagen hingeleiten. Sobald bei dieser Einrichtung der Zug in den Tunnel einfährt, berühren die Schleifbürsten die Zuleitungsschiene und die

Lampen der Wagen entzündeten sich, um mit Austritt des Zuges aus dem Tunnel wieder zu erlöschen.

Mehrfach ist auch versucht worden, für die Lokomotivlampen Bogenlampen zu verwenden. Hier kommen zunächst die Stöße und Schwankungen der Lokomotiven in Frage, weil durch sie die Regulierung der Lampe gestört wird. Es ist aber gelungen, Bogenlampen zu konstruieren, welche auch unter solchen ungünstigen Bedingungen sicher arbeiten, wie die von Sedlazeq & Witull, deren Prinzip unsere Fig. 298 erkennen läßt. Wir sehen die beiden Kohlenstäbe mit zwei Kolben in Verbindung, welche sich in zwei mit Glycerin gefüllten, verbundenen Cylindern bewegen. Die Durchmesser der beiden Cylinder sind verschieden und so gehalten, daß der Kolben der oberen Kohle einen doppelt so großen Weg macht, wenn sich der untere nach oben oder unten bewegt. Durch ein entsprechendes Übergewicht, das auf den Kolben der oberen Kohle wirkt, wird dieser nach unten gedrückt, der Kolben der unteren Kohle also gehoben, und die beiden Kolben bewegen sich gegeneinander, bis sie zusammenstoßen. Nun sehen wir am unteren Ende des rechten Cylinders ein cylindrisches Stück eingefügt, in welchem sich ein kleiner dritter Kolben bewegt. In der Stellung, welche die Figur zeigt, verbindet dieser Kolben die beiden Cylinder durch die in ihm angebrachte Bohrung. Sind nun die beiden Kohlen aufeinander gestoßen und geht Strom durch sie hindurch, so wird der Eisenkern der rechts angebrachten Spule, durch welche der Strom ebenfalls geht, angezogen und mit ihm der kleine Kolben, der mit ihm verbunden ist, nach rechts bewegt. Bei dieser Bewegung verschließt er aber die Verbindung zwischen beiden Cylindern und zieht außerdem nach bemerktem Verschluß noch von dem Glycerin aus dem linken Cylinder etwas heran, so daß also der Kolben der unteren Kohle sinkt und der Flammenbogen entsteht. Mit fortschreitendem Abbbrand tritt der Eisenkern aus seiner Spule heraus und drückt dementsprechend wieder Glycerin in den linken Cylinder, so daß die untere Kohle steigt. Ist die äußerste Stellung des Eisenkernes erreicht, so hat der kleine Kolben wieder die Stellung, bei welcher beide Cylinder in Verbindung sind, und die Kohlen werden, wie im Anfang, um ein Stück zusammengeschoben, worauf dann durch die angewachsene Stromstärke Spule und Eisenkern die Verbindung wieder sperren.

Gegen die Stöße der Maschine ist diese Lampe unempfindlich, aber nun tritt eine andre Schwierigkeit auf, die Strombeschaffung. Stellt man, wie dies versucht, eine besondere Dampfmaschine zum Betriebe der Dynamo auf die Lokomotive, so hat der Lokomotivführer, der mit seiner Maschine schon genug zu thun hat, noch auf einen zweiten einigermaßen heißen Maschinenbetrieb zu passen, und dies wird man zu vermeiden suchen. Die Anwendung von Akkumulatoren für solche Zwecke ist noch nicht versucht worden. Daß die Bogenlampe das vorliegende Gelände ausgezeichnet zu erhellen vermag, besser als die Öllampen, läßt sich von vornherein erwarten und ist durch gelegentliche Probefahrten bestätigt worden. Aber dieser Vorteil hat die Betriebschwierigkeiten noch nicht aufzuwiegen vermocht. Vielleicht ist auch das starke Bogenlicht für die Stationsbeamten dadurch störend, daß es blendet und sie für Augenblicke unfähig machen kann, andre Gegenstände zu sehen. Jedenfalls hat die Bogenlampe noch nicht in dauernde Verwendung für Lokomotivlampen kommen können.

Elektrische Wagenbeleuchtung. Im Anschluß an die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnzügen seien hier auch einige Worte über Einrichtungen zur Beleuchtung von Wagen geäußert, welche mehrfach versucht worden ist und zuerst mehr eine Spielerei war, jetzt aber durch die Verbesserung der Akkumulatoren etwas mehr Bedeutung gewonnen hat.

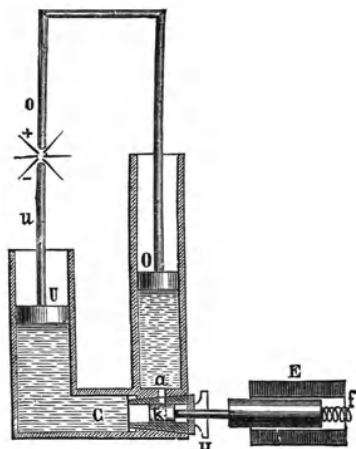


Fig. 298.
Lokomotivlampe von Sedlazeq & Witull.

In England sind vor einiger Zeit Omnibusse mit galvanischen Elementen beleuchtet worden, welche sich aber nicht bewährt haben. Dagegen hat sich die elektrische Beleuchtung, welche von der Berliner Paketfahrtgesellschaft probeweise für einige Omnibusse eingerichtet worden ist, ganz gut bewährt und ist für die Fahrgäste wegen der erheblich größeren Helligkeit, als sie die früheren Öllampen gaben, eine sehr willkommene Einrichtung geworden. Zu diesen Anlagen werden Akkumulatoren der Aktiengesellschaft Correns & Co. in Berlin angewendet, welche in einem Kasten unter den Sitzen angebracht sind. Dieselbe Firma hat auch, um die Verwendbarkeit ihrer Akkumulatoren für Wagenbeleuchtung in drastischer Weise darzutun, einen Reklamewagen mit ihren Batterien ausgerüstet, welche zwei im Innern des

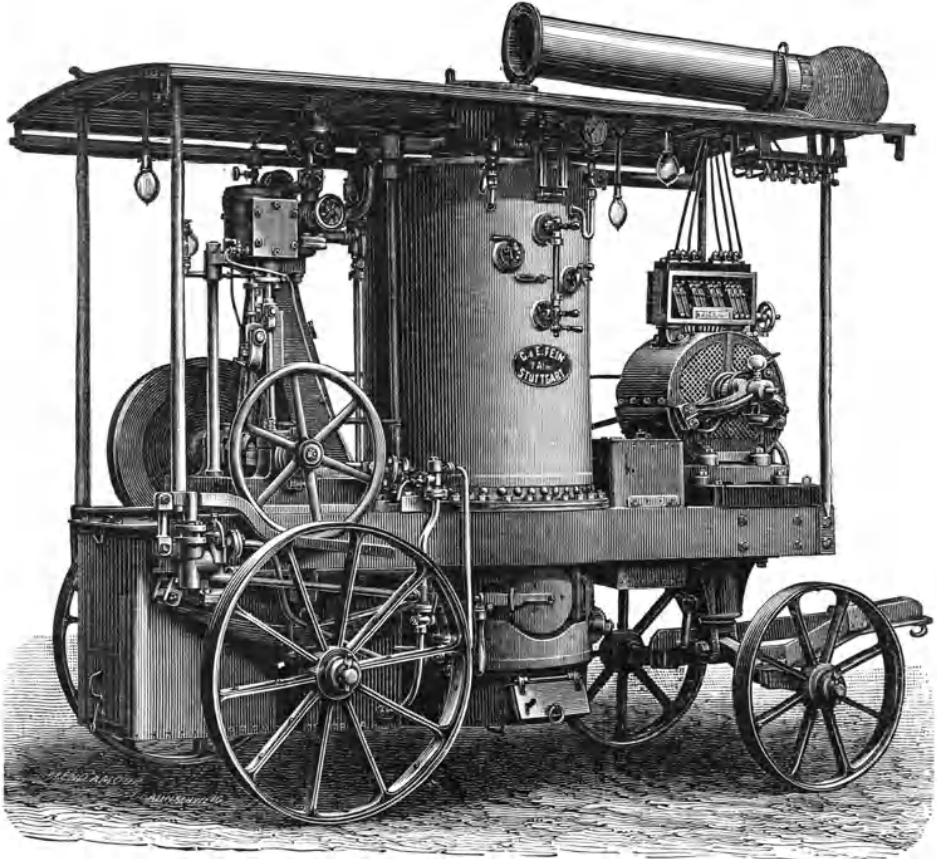


Fig. 299. Lokomotive für fahrbare elektrische Beleuchtungsanlage.

Wagens aufgehängte Vogenlampen speisen. Das Licht derselben macht die Wände des Wagens, die aus Zeugstoff bestehen, durchscheinend und dadurch die aufgemalten Anzeigen sichtbar. Das Pferd trägt auf dem Kopf zwei kleine Glühlampen, worüber es selbst manchmal den Kopf schüttelt.

Es lassen sich also Wagen heute mit ziemlicher Sicherheit elektrisch beleuchten, aber an eine allgemeine Verwendung wird man vorerst wegen der Umstände und der Kosten nicht denken. Ein Millionär, dem solcher Luxus keine weiteren Umstände macht, als daß er ihn zu bezahlen hat, wird sich diese Beleuchtung für sein Koupee wohl einrichten lassen, die minder begüterte Menschheit wird sich aber wohl noch einige Zeit ohne dieselbe behelfen müssen.

Fahrbare Beleuchtungsanlagen. Vielfach tritt das Bedürfnis auf, elektrische Beleuchtung für kürzere Zeit auf einer Stelle anzuwenden, an welcher man eine stehende



Fig. 300 A. Beleuchtungswagen.

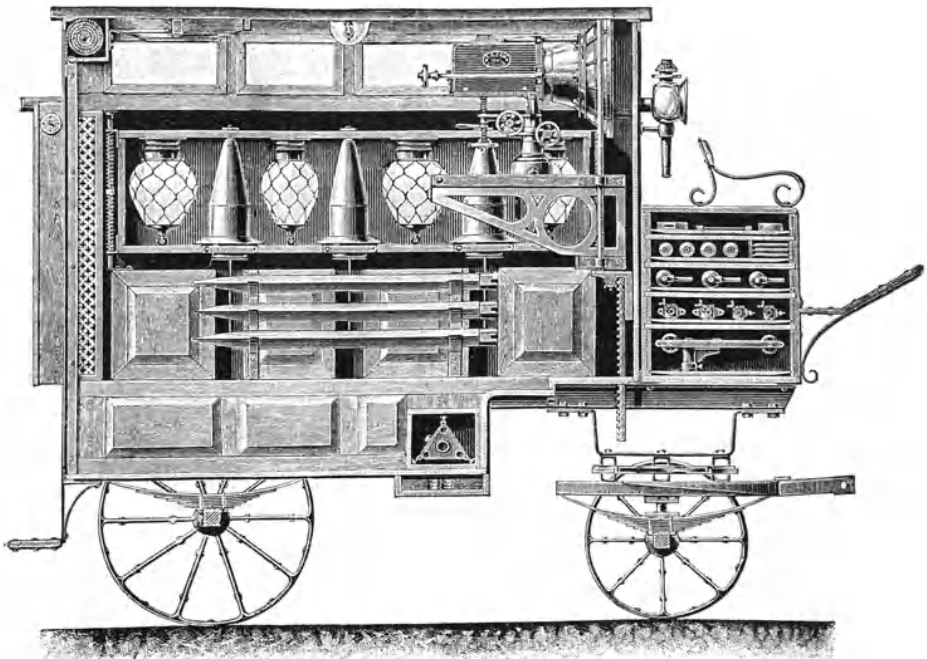


Fig. 300 B. Das Innere des Beleuchtungswagens.

Anlage nicht zur Verfügung hat, wie dies z. B. bei nächtlichen Bauten der Fall sein kann, und wendet dann transportable Einrichtungen an. Zumeist ist in solchen Fällen auch die rasche Aufstellung und Inbetriebsetzung der Anlage erforderlich, und man hat deswegen fahrbare Beleuchtungsanlagen konstruiert, welche leicht an die zu beleuchtende Stätte gebracht, dort aufgestellt und in Betrieb gebracht werden können. Solchen Zwecken dient eine passend konstruierte Lokomotive, auf welcher die Dynamomaschine steht. Einen solchen Maschinenwagen bilden wir in Fig. 299 ab, eine Konstruktion der Firma C. & C. Fein in Stuttgart, an welchem der Leser leicht die einzelnen Teile, Kessel, Dampfmaschine und Dynamo, sowie ihre Verbindung miteinander erkennen wird. Der Kessel ist ein zum Zweck der Reinigung leicht abhebbarer Querröhrenkessel, welcher für einen Überdruck von sieben Atmosphären konstruiert ist. Er ruht mit seinen Winkelringen auf einem schmiedeeisernen Fahrgeßel, dessen Räder mit verhältnismäßig breiten Radkränzen versehen sind, so daß das Fahrzeug auch bei ungünstigen Terrainverhältnissen nicht zu tief in den Boden einsinken kann.

Im Unterteil des Gestelles sind, durch die Hinterradachse voneinander getrennt, zwei Behälter angebracht, wovon der vordere zur Aufnahme der Heizkohlen bestimmt ist, während der andre als Wasserreservoir dient, welches vom Abdampf vorgewärmt wird.

Auf der linken Seite des Dampfkessels befindet sich eine vertikalstehende Einzylinder-Dampfmaschine, deren Dampfverteilung durch eine besonders konstruierte Steuerung erfolgt, die in Verbindung mit einem sehr empfindlichen Regulator äußerst exakt und sicher eingestellt wird, so daß das Schwungrad sowohl bei seinem Leergang, als auch bei voller Belastung genau dieselbe Tourenzahl macht.

Die Dynamomaschine steht rechts vom Dampfkessel auf dem Fahrgeßel, wo sie von allen Seiten leicht zugänglich ist, und wird durch einen entsprechend breiten Riemen angetrieben. Um die Leistung dieser Maschine so verändern zu können, daß sie bei gleichbleibender Umlaufzahl einen Strom von 65 Volt Spannung oder einen solchen von 120 Volt gibt, wie dies zum Betrieb der im nachfolgenden beschriebenen Reflektorlampe oder der parallel geschalteten kleinen Bogenlampen notwendig wird, ist ihr Anker mit zwei Wickelungen versehen, die sich durch einen besonders konstruierten Umschaltapparat gleichzeitig mit ihren Elektromagnetwindungen entweder parallel oder hintereinander schalten können.

Zu diesen fahrbaren Stromerzeugungseinrichtungen gehört nun ein zweiter Wagen, welcher Lampen, Leitungen und das für die Aufstellung dieser Teile benötigte Material, sowie die Meß- und Regulierapparate aufnimmt. Unsere Fig. 300 A und 300 B geben eine Abbildung dieses Wagens.

Die einzelnen Teile der Lichtmasten und die Tragstangen für die Leitungsdrähte sind für den Transport in entsprechend geformte Träger eingeschoben, welche an der rechten und linken Seite des Wagens befestigt sind. Unter dem Rutschersitz befindet sich ein mit zwei eisernen Doppeltüren abgeschlossener Kasten, der fünf durchgehende Schubladen enthält, in welchen die zum Betrieb nötigen größeren und kleineren Werkzeuge, Isolatoren, Lampenträger etc., sowie eine größere Anzahl von Reserverglühlampen und Kohlenstifte für die Bogenlampen aufbewahrt sind. Hinter der Lehne des Rutscherbücks befindet sich eine kleine Plattform, auf welcher sich der zum Bedienen der großen Reflektorlampe bestimmte Mann aufstellen kann. Sechs kleine Bogenlampen sind mit ihren Laternen und Reserverstücken in zwei hölzernen Gestellen untergebracht, die auf den beiden Innenwänden des Wagens aufgehängt sind. Unter diesen Gestellen sind in die Wände des Wagens acht Holzkästchen so eingefügt, daß sich ihre Türen von außen öffnen lassen. In denselben sind die Kabeltrommeln untergebracht, auf welche gut isolierte, leicht biegsame Kabel zur Herstellung der Leitungen gewickelt sind.

Die Masten zum Aufhängen der Lampen sind aus Eisenröhren möglichst leicht und vollständig zerlegbar hergestellt. Fig. 301 zeigt die Abbildung eines solchen Mastes nach seiner Aufstellung. In einer ganz ähnlichen Weise sind auch die Tragstangen für die Leitungen konstruiert.

Die vollständige Aufstellung der beiden Fahrzeuge und das Anheizen des Kessels erfordert nur ganz kurze Zeit, so daß schon in zehn bis fünfzehn Minuten nach Ankunft der

Wagen die Dampf- und Dynamomaschine in Gang gesetzt, sowie die inzwischen aufgemundene Reflektorlampe des Beinwagens eingeschaltet werden kann. Ist diese einmal im Betrieb, so lassen sich im Fall dies durch die örtlichen Verhältnisse notwendig wird, die kleinen Bogenlampen während der Nachtzeit in wenigen Stunden betriebsfähig aufstellen.

Beide Fahrzeuge können zum Versand mit der Eisenbahn auf einem offenen Güterwagen verladen werden, so daß sie sich schnell an irgend einen Punkt der Bahn bringen und von hier aus nötigenfalls mittels Pferde oder Mannschaften leicht weiter befördern lassen.

Es ist ersichtlich, daß eine solche Einrichtung zuweilen unbezahlbare Dienste leisten kann, wenn es gilt, in der Nacht Arbeiten vorzunehmen, bei denen jede Minute ausgenutzt werden muß. Bei Verschüttungen, Überschwemmungen, Eisenbahnkatastrophen hängt oft das Leben vieler Menschen von der rechtzeitigen Hilfe ab, welche durch die hereinbrechende Dunkelheit erschwert oder unmöglich gemacht wird. Auch bei Mobilmachungen oder im Kriegsgebiete wird die ausgiebige Beleuchtung, welche das elektrische Licht gewährt, von oft entscheidendem Nutzen sein, und diesen und ähnlichen Zwecken dienen Anlagen, wie wir sie eben beschrieben haben.

Die leuchtenden Springbrunnen. Eine der hübschesten und überraschendsten Anwendungen, welche neuerdings vom elektrischen Licht gemacht worden sind, verdient, daß wir sie mit einigen Worten hier erläutern, da sie die Bewunderung vieler Tausend Zuschauer, welche die letzte Pariser Ausstellung besucht haben, auf sich gezogen hat; wir meinen die leuchtenden Springbrunnen, die fontaines lumineuses. Ist schon die „Kalospinthechromotrene“, das bekannte Schaustück der herumziehenden Artisten, bei welchem die Wasserstrahlen eines Springbrunnens im farbigen Licht erglänzen, eine anziehende und überraschende Erscheinung, so wirkt das Schauspiel, das die leuchtenden Springbrunnen bieten, noch weit mächtiger auf die Sinne ein, weil man hier die offen vor dem Zuschauer liegenden Wasserstrahlen sich scheinbar in flüssiges Licht verwandeln sieht und doch keine Lichtquelle entdeckt, welche die Beleuchtungswirkung hervorruft. Dieser Effekt wird dadurch erzielt, daß das Licht den Wasserstrahlen von innen her zugeführt wird, daß sie also nicht die von außen auf sie fallenden Lichtstrahlen, wie bei der Kalospinthechromotrene, reflektieren, sondern das Licht aus ihrem Innern ins Freie dringt und sie darum als selbstleuchtend erscheinen. Die Mittel, welche zur Erzielung dieser Wirkung angewendet werden, sind ebenso interessant wie die Erscheinung selbst, und da wir die letztere bildlich auch nicht annähernd wiedergeben können, so wollen wir wenigstens mit einigen Worten die Einrichtungen dieser leuchtenden Springbrunnen beschreiben.

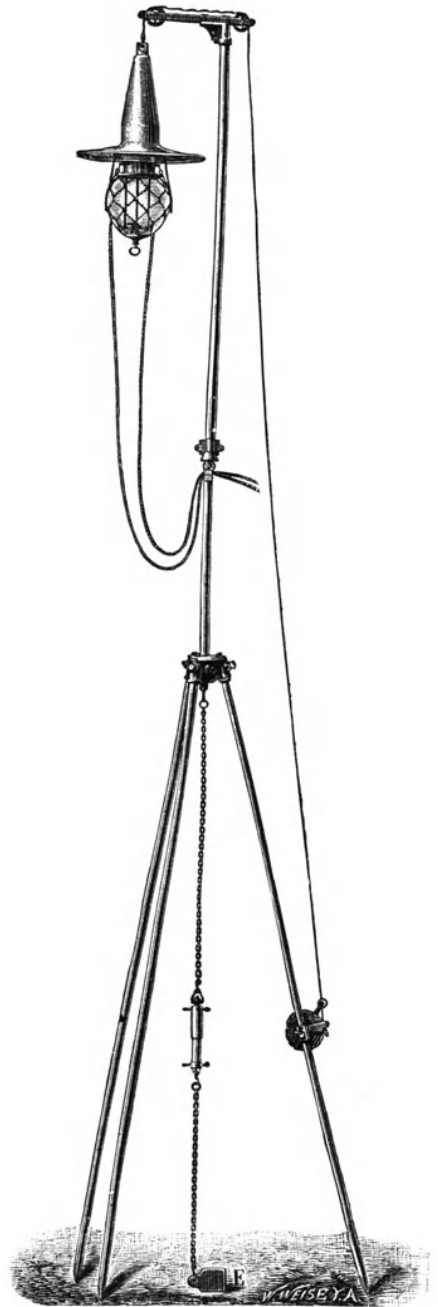


Fig. 301. Leuchtmast für transportable Beleuchtungsanlage.

Die erste Idee, den Lichtstrahl in das Innere des Wasserstrahles einzuführen, ist bereits 50 Jahre alt und rührt von dem Genfer Physiker Colladon her, welcher nachwies, daß ein Lichtstrahl, der in die Achse eines horizontal austretenden Wasserstrahles eingeführt wird, in demselben zum großen Teil gefangen bleibt und erst dort hervortreten kann, wo sich der Strahl in Tropfen auflöst und zerfließt, so daß das Licht von dieser Stelle her zu kommen scheint. Um dies zu verstehen, betrachte der Leser unsere schematische Zeichnung (Fig. 302). Der Strahl tritt horizontal aus einer Düse aus, in welcher eine zweite eingesezte Düse einen hohlen Raum für den Zugang des Lichtes schafft. Der durch Linse und Spiegel konzentrierte Lichtstrahl tritt in den Wasserstrahl axial ein;

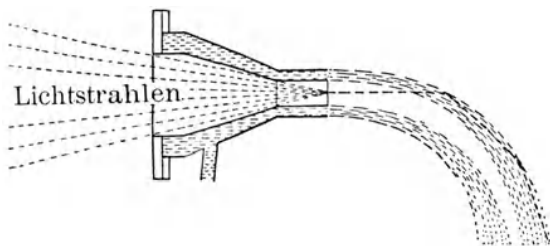


Fig. 302. Das Lichtstrahlenbündel im gebogenen Wasserstrahl.

da nun aber der letztere sich durch die Wirkung der Schwere in einer Kurve biegt, so gelangt der Lichtstrahl bald an die Außenfläche des Wasserstrahles, welche ihn aber nicht hinausläßt, sondern nach einem bekannten physikalischen Gesetze wie ein Spiegel reflektiert. Er wird also wieder in den Wasserstrahl hineingeworfen und kann auch an den nächsten und den weiteren Stellen nicht aus demselben austreten, da er immer wieder dem Gesetze der Reflexion unterliegt. Erst wo der Wasserstrahl seinen Zusammenhang verliert, findet der Lichtstrahl einen Ausweg und macht nun diese Stelle leuchtend. Die Zurückwerfung des Lichtstrahles an der Oberfläche des Wasserstrahles ist aber keine vollständige; ein Teil des Lichtes kann an jeder Reflexionsstelle austreten, und ist die Lichtquelle genügend stark, so erscheint durch dieses Austreten von

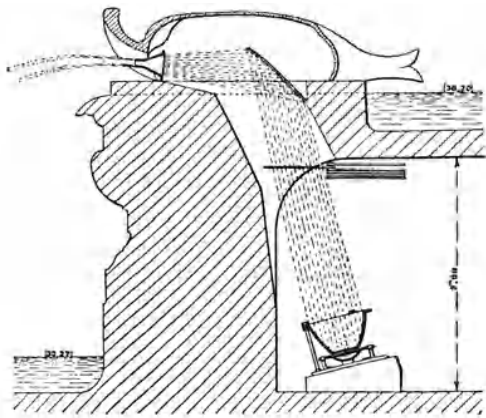


Fig. 303. Die Zuführung des Lichtes zum horizontal austretenden Wasserstrahl.

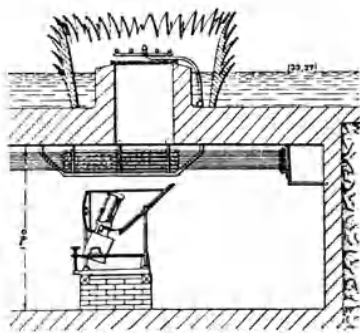


Fig. 304. Die Zuführung des Lichtes zum aufsteigenden Wasserstrahl.

Lichtstrahlen an den vielen Reflexionsstellen der Wasserstrahl leuchtend, und da wir die Lichtquelle nicht bemerken, als selbstleuchtend. Steigt der Wasserstrahl senkrecht in die Höhe, so lassen sich in ihm ähnliche Reflexionswirkungen erzielen, so daß es ebenso wie der gebogene Strahl leuchtet.

Auf diesem Vorgange gründen sich die leuchtenden Springbrunnen, welche gelegentlich schon früher in Parisern und andern Theater angewendet worden sind, in größerem Maßstabe aber erst von einem Engländer, Galloway, ausgeführt und in großartigem Maßstabe bei Gelegenheit der Pariser Weltausstellung 1889 zur Schau gebracht wurden. Zu diesem Zwecke richtete man zwei große Bassins mit einem Verbindungsbassin ein, von denen das eine, obere, eine große Brunnengruppe, das andre einen aus einer Anzahl vertikaler Strahlen bestehender Springbrunnen aufnahm; in dem Verbindungsbassin befand

sich eine Kaskade, welche das Wasser des oberen Bassins zum unteren führte. Im ganzen waren 33 vertikal aufsteigende und 14 horizontal ausfließende Brunnen mit zusammen 300 Mundstücken vorhanden.

Um erkennen zu lassen, wie das Licht den Wasserstrahlen zugeführt wurde, geben wir in Fig. 303 eine Skizze der für die horizontalen Wasserstrahlen angewendeten Anordnung und in Fig. 304 ein gleiches Bild für die senkrechten Strahlen. Die erstere Figur läßt erkennen, daß der wasserspeiende Delfin hohl war und sich mit seinem unteren Teile nach dem Kellerraum, der unter den Bassins angebracht war, öffnete. Hier unten stand eine Bogenlampe, deren Strahlen durch einen Parabolspiegel in den Bauch des Wassertieres geworfen und durch einen zweiten Spiegel in die Düse des Wasserstrahles reflektiert wurde. Zwischen beiden Spiegeln lag nun eine Einrichtung, welche es gestattete, in den Strahl eine bunte Glasscheibe einzuschieben und diese gegen anders gefärbte Scheiben auszuwechseln.

Ganz ähnlich war die Vorrichtung zur Beleuchtung der vertikalen Strahlen. Dieselbe bestand aus einer Bogenlampe, deren Licht zunächst auf einen Hohlspiegel fiel und von diesem auf einen schräggestellten ebenen Spiegel reflektiert wurde, welcher es nach oben in den Kranz der Wasserstrahlen hinein warf. Auch hier sehen wir wieder die bunten Scheiben angebracht, welche wie im ersteren Falle durch Drahtzüge beliebig in den Strahl eingeschoben werden können. Zur besseren Verdeutlichung bilden wir noch in Fig. 305 die Bogenlampe mit ihrem Spiegelapparat ab.

Für die Bewegung der Glasscheiben war ein Wechselgestell angebracht, welches den bekannten Vorrichtungen für Zentralweichenstellung gleicht. Unsere Fig. 306 läßt diesen Apparat und seine Bedienung erkennen.

In der Nähe der Springbrunnen war ein kleiner Kiosk zur Beobachtung angebracht, von welchem aus durch telegraphische Einrichtungen die Befehle für die Wechsel der Farben u. s. w. in den Bedienungsraum gegeben wurden.

Der außerordentliche Erfolg, den diese leuchtenden Springbrunnen gehabt haben, hat manche gute und manche schlechte Nachahmung hervorgebracht, und zweifellos werden sich diese Brunnen mehr und mehr einbürgern. Es ist dabei zu hoffen, daß man sich nicht mit der Nachahmung begnügt, sondern neue Wirkungen hervorbringt, welche bei der allzeit effektvollen Verbindung von Wasser und Licht nicht mangeln werden.

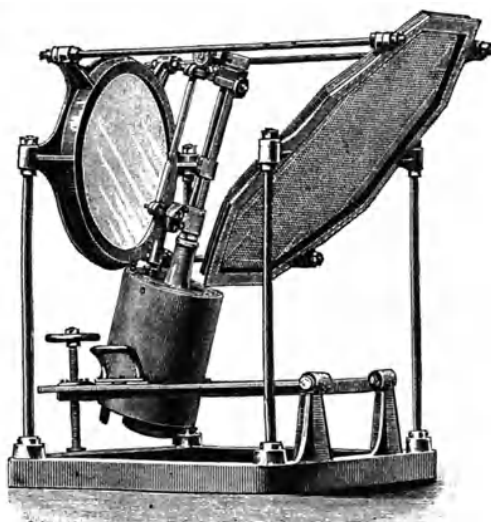


Fig. 305. Bogenlampe mit Spiegelapparat.

Verschiedene Anwendungen des elektrischen Lichtes.

Es erübrigt uns noch, verschiedene kleinere Anwendungen des elektrischen Lichtes zu besprechen. Wir haben nach dem bereits Gesagten nicht mehr darzutun, daß die Eigenschaften des elektrischen Lichtes ihm ermöglichen, dorthin zu dringen, wohin das Flammenlicht nicht gehen kann und dadurch haben sich dem elektrischen Lichte Beleuchtungsgebiete eröffnet, welche bisher dem Zugang des Lichtes verschlossen geblieben sind. So sehen wir den Taucher mit der elektrischen Lampe in der Hand den Meeresgrund ableuchten. Der Strom, gesichert durch die wasserdichte Leitung, folgt ihm willig in die Tiefe, und die Glühlampe brennt im Wasser ebenso gut wie in der Luft.

Interessanter und wichtiger ist die elektrische Beleuchtung von Körperhöhlen, für welche man früher nur reflektiertes Licht benutzen konnte. Jetzt dringt die Lichtsonde des Mediziners tief in den Körper ein und gestattet eine genaue Besichtigung der Innenräume des Körpers. Allerdings mußte für diesen Zweck die Glühlampe eine Schutzhülle, nicht für sich, sondern für den Organismus erhalten, um durch die in ihr entwickelte Wärme nicht schädigend zu wirken. Sie liegt deshalb in einer etwas weiteren Glasglocke und durch den Zwischenraum zwischen beiden Glockenwänden geht ein Wasserstrom, der die Vorrichtung nach außen hin kühl erhält, ohne die Lichtausstrahlung zu hindern.

Mehrfach ist die Anwendung des elektrischen Lichtes für photographische Aufnahmen versucht worden, weil dieses Licht erheblich zuverlässiger als natürliches und stets zur Hand ist. Die bis jetzt erzielten Ergebnisse zeigen aber, daß das künstliche Licht vorerst das Tageslicht nicht ganz ersetzen kann, was vielleicht auch darin seinen Grund hat, daß die Photographen den durch die besondere Natur des elektrischen Lichtes bedingten Änderungen bei der Aufnahme nicht allezeit gerecht geworden sind. Ein Mangel des

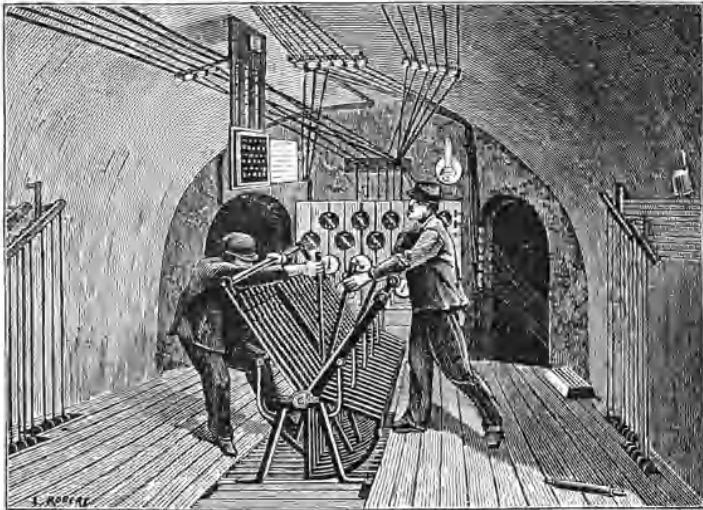


Fig. 806. Der Farbenwechselapparat.

Bogenlichtes, welches hauptsächlich für solche Anwendungen in Frage kommt, ist der Umstand, daß es nicht so zerstreut werden kann, wie das Tageslicht, daß es daher stets sehr helle Lichter und verhältnismäßig dunkle Schatten erzeugt, bei ihm also die feinen runden Abtönungen fehlen, welche das Tageslicht hervorbringt. Um die verlangte Zerstreung hervorzubringen, hat man verschiedene Vorrichtungen angewendet; so hat man z. B. nicht das direkte Licht benutzt, sondern die Strahlen der Lampe durch einen großen, weißgekreideten Hohlspiegel aufgefangen und den aus diesem hervorgehenden breiten Strahl zur Beleuchtung der zu photographierenden Gegenstände angewendet. Es sei bemerkt, daß eine solche Beleuchtungseinrichtung auch mehrfach für Zeichensäle benutzt worden ist, wo man ebenfalls ein helles, aber nicht grelles Licht verlangt.

Gute Ergebnisse hat man bei der Anwendung des elektrischen Lichtes zur Erzeugung der Lichtpausen erzielt, deren Herstellung dadurch vom Wetter unabhängig wird.

Zu äußerst effektvoller Verwendung ist die Glühlampe bei Illuminationen gebracht worden. Die alljährlich zum Geburtstage des Kaisers vom Hause Rudolf Herzog in Berlin an der Fassade seines Hauses aufgestellte Illuminationsanlage zieht regelmäßig Tausende von Zuschauern herbei und wird auch auf denjenigen, der mit der Wirkung des elektrischen Lichtes vertraut ist, seine Wirkung nicht verfehlen. Mehrere tausende von Glühlampen sind zu einem Wilde zusammengesetzt, das in überraschend schön abgestimmten Farben glüht.

Die Farben erscheinen voll und warm, aber nicht grell, und gerade dadurch wird die Illumination so wirkungsvoll.

Eine ähnliche noch größere Anlage hatte im Jahre 1891 die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ an der Fassade ihres neuen Geschäftshauses am Schiffbauerdamm aufgestellt. Hier waren die architektonischen Hauptlinien des Gebäudes mit Reihen von bunten Glühlampen besetzt und Fenster und Portal mit mosaikartig aus Glühlampen zusammengesetzten Beleuchtungskörpern gekrönt. Die Zahl der Lampen betrug 6000, mehr also, als manches Elektrizitätswerk einer Stadt allabendlich zu brennen hat.

Ein Illuminationsstückchen von etwas mehr praktischer Bedeutung ist die Besetzung der Zahlen und Zeiger der Turmuhren, welche man dadurch in der Nacht erkenntlich machen will. Bis jetzt ist diese Einrichtung wohl nur Vorschlag geblieben, aber kein ganz schlechter.

Eine andre kleine Anwendung findet die Glühlampe zum Ausleuchten der Bierfässer behufs Befichtigung der Innenwände.

Daß sich die unerfättliche Habgier des Menschen alle neuen Erfindungen zu nütze macht, ist eine so ewige Wahrheit, daß es uns nicht wunder nehmen kann, wenn auch die Glühlampe diesen Zwecken dienstbar gemacht worden ist. Das Volk der Fische ist bekanntlich für alles Leuchtende sehr empfänglich und der in der Glasglocke leuchtende Homunkulus im „Gauß“ veranlaßt durch sein Licht sogar den alten Meerergreiß Proteus, hervorzukommen und sich in seiner wahren Gestalt zu zeigen. Wenn sich also schon dieser bejahrte Herr für die Glühlampe interessiert, warum sollen es nicht seine jüngeren Mitbewohner? Auf diese Thatsache sich stützend, hat man nun die Glühlampe zum Anlocken der Fische benutzt, indem man sie mit dem Netz ins Meer senkte. Die Fische, verwundert, was in der nächtlichen Tiefe so schön glänzen kann, nähern sich zur Kenntnissnahme dieser auffälligen Erscheinung der Lampe und geraten in das türkische Netz. Ihnen geht es dabei wie den Motten und Schmetterlingen, die sich oft zu tausenden in die Glocken der im Freien aufgehängten Bogenlampen stürzen und darin verfengen, oder den Zugvögeln, welche gegen die Laternen der elektrischen Leuchttürme fliegen und manchmal zu hunderten am Morgen mit zerbrochenen Flügeln auf der Plattform des Turmes liegen. Man hat übrigens versucht, dieses Verhalten der Insekten gegenüber dem grellen Licht der Bogenlampen zu ihrer Vertilgung nutzbar zu machen und bei der großen Nonnenplage 1890 transportable Beleuchtungsanlagen aufgestellt, deren Bogenlampen zum Anlocken der Schmetterlinge dienten. Hinter den Lampen waren trichterförmige Schirme angebracht, die mit einem Ventilator in Verbindung standen. Durch den in den Trichter stürzenden Luftstrom wurden die Tiere in denselben hineingerissen und von dort aus weiter in eine Todeskammer befördert. Viel Erfolg hat man übrigens gegen die unzähligen Scharen dieser Schädlinge nicht aufzuweisen gehabt.

Die technischen Anwendungen der Wärmewirkungen des Stromes.

Elektrische Heizung. Anwendung der Glühwirkung des Stromes.

Elektrische Minenzündung. Elektrische Solung und Schweißung. Schmelzen mittels des Stromes.



Die Erzeugung von Licht, welche wir im vorigen Kapitel zur Darstellung brachten, ist diejenige Wärmewirkung des Stromes, welche die ausgedehnteste Anwendung gefunden hat; die weiteren Anwendungen dieser Wirkung treten gegen die erstgenannte weit zurück, nicht etwa weil sie technisch schwerer hervorzubringen oder zu benutzen sind, sondern aus dem sehr einfachen, aber durchschlagendem Grunde, weil elektrisch erzeugte Wärme viel zu teuer ist. Man hat zu berücksichtigen, daß von der Wärme, welche durch die Verbrennung der Kohle im Dampfstessel frei wird, vielleicht zwei, höchstens drei Prozent in den elektrischen Heizapparaten wiedergewonnen werden, und daß dieser außerordentlich hohe Verlust die Verluste bei den direkten Erhitzungsverfahren weit überwiegt. Zur Zeit kann darum eine technische Anwendung der Wärmewirkung des Stromes nur dort in Frage kommen, wo besondere Bedingungen die bei der elektrischen Erhitzung sehr erleichterte Zuführung der Wärme zu dem zu erhitzenden Gegenstande uns die intensive Wirkung als wertvoll erscheinen lassen, sowie etwa auch in jenen Fällen, wo eine billige Betriebskraft, ein Wassergefälle die Erzeugung des Stromes entsprechend verbilligt.

Trotz dieses schwerwiegenden Grundes, welcher der technischen Anwendung der Wärmewirkung des Stromes zur Zeit entgegensteht, dürfen wir aber diese Verwendung des Stromes nicht unterschätzen; wie schon manchmal haben wir auch und gerade an dieser Stelle mit Nachdruck darauf hinzuweisen, daß die Zukunft uns eine verbilligte Erzeugung des Stromes bringen wird und dann wird die unbestreitbare Überlegenheit der elektrischen Erwärmung auch diesem Gebiete der Elektrotechnik eine große Bedeutung verschaffen. Wir wollen dies etwas weiter unten bei der Besprechung der elektrischen Heizung erläutern.

* * *

Elektrische Heizung.

Die Erzielung der Wärmewirkung des Stromes wird, wie wir schon früher sagten, in der denkbar einfachsten Weise bewirkt, da der Strom jeden Leiter erwärmt, durch den er fließt. Das Maß der Erwärmung hängt von der Stromstärke und dem Widerstande des durchflossenen Leiters ab, und hierdurch haben wir es bequem in der Hand, nicht nur jeden Temperaturgrad im erhitzten Leiter, sondern auch eine beliebige Konzentration der Wärmewirkung hervorzurufen. Wie schon bei der Lichterzeugung dargethan, ist es hierfür nur notwendig, den zu erhitzenden Leiter nach seinem Widerstand und seinem Querschnitt zu bemessen. Theoretisch

könnten wir also jedes beliebige Quantum Wärme in dem denkbar kleinsten Raume erzeugen und wir werden auch später sehen, daß man in der Praxis in dieser Beziehung der theoretischen Möglichkeit ziemlich nahe gekommen ist. Immerhin bietet aber die Verwendung von Leitern mit kleinem Umfange und großem Widerstande gewisse praktische Schwierigkeiten, denn wir haben damit zu rechnen, daß der übermäßig erhitzte Leiter fortschmilzt oder wegbrennt.

Sofern es sich aber nur um Heizzwecke handelt, ist man nicht genötigt, die Temperatur des zu erhaltenden und wärmeabgebenden Körpers allzuhoch zu treiben, denn „Heizen“ bedeutet ja nach unserm Sprachgebrauch die Erwärmung auf niedrigere Grade, sei es nun, um die Menschen, Tiere und Pflanzen gegen die Wirkung der Kälte zu schützen, sei es, um Gegenstände und Stoffe der Wirkung einer höheren Temperatur auszusetzen, wie es für das Kochen und Trocknen erfordert wird. Unter elektrischer Heizung wollen wir deshalb alle jene Erwärmungen begreifen, welche auf den niederen Graden etwa unter 200° Celsius bleiben.

Bei einer solchen Temperatur erwärmt sich der „Fisleiter“ nicht so weit, daß sein Zusammenhalt gefährdet wird, und wir haben auch nicht nötig, mit seiner Raumbeschränkung zu weit zu gehen, sondern nur dafür zu sorgen, daß er den nötigen Widerstand erhält, und im übrigen so weit verringerte Abmessungen bekommt, daß er in einem angemessenen kleinen Raume untergebracht werden kann. Um den verlangten Widerstand zu erzielen, haben wir nur nötig, an der betreffenden Stelle, an welcher die Erwärmung stattfinden soll, einen Leiter von passendem Widerstande einzuschalten, der je nach den Verhältnissen größer oder kleiner sein kann. Besondere Umstände werden besondere Formen erfordern, und es wird sich dies am leichtesten erkennen lassen, wenn wir die bisher konstruierten Vorrichtungen, welche derartigen Zwecken dienen, kurz beschreiben.

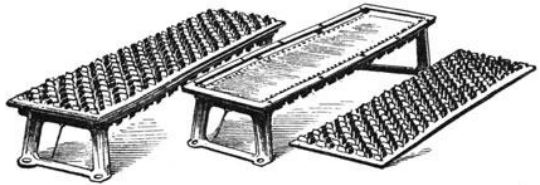


Fig. 307. Elektrischer Ofen.

Wir beginnen mit einem elektrischen Zimmerofen, den sich vorläufig nur die reichsten Krösusse aufstellen können, bis jetzt jedoch noch unterlassen haben. Ein geräumiges Zimmer von etwa sechs Meter Länge, fünf Meter Breite und vier Meter Höhe braucht bei einer Erwärmung auf 20° Celsius bei — 10° Temperatur der Außenluft im Mittel in der Minute die Zuführung von 60 Kalorien, d. h. von einer Wärmemenge, welche 60 Liter Wasser von 0° auf 1° Celsius erwärmt. Um eine solche Wärmemenge durch den Strom zu erzielen, hätten wir bei der verbreiteten Normalspannung von 100 Volt einen Strom von 40 Ampère zuzuleiten, welcher also etwa 80 16-Kerzen-Glühlampen speisen könnte. Die 80 Glühlampen kann man gleichzeitig als Ofen für die Heizung benutzen, da die in ihnen erzeugte Wärme ohne Verlust in das Zimmer geht, so daß man also bei einer solchen reichen Beleuchtung die benötigte Wärme als kostenfreies Nebenprodukt gewinnt. Man sieht also, daß die Heizung mittels des Stromes recht kostspielig wird, trotzdem hat es aber nicht an Versuchen gefehlt, sie zur praktischen Anwendung zu bringen. Die ersten Vorschläge für elektrische Heizung, wie auch die ersten Vorrichtungen hierfür, sind in Europa aufgetaucht, wo auch vereinzelt Anwendungen stattgefunden haben. So wird z. B. in Tarasp, wo Wasserkraft eine billige Erzeugung des Stromes ermöglicht, das Kurbrunnenwasser mittels elektrischer Kochapparate, wie sie weiter unten beschrieben sind, erwärmt. In Amerika hat man den Vorschlag gemacht, die Wagen der elektrischen Bahnen mittels des Stromes zu heizen, und ähnliche Vorschläge sind in Frankreich und anderwärts für die Heizung der Eisenbahnabteilungen laut geworden. Um erkennen zu lassen, wie man derartige Heizvorrichtungen konstruiert hat, geben wir in Fig. 307 die Abbildung eines elektrischen Ofens, der die Form einer Wärme-Fußbank hat. Auf dem niedrigen Gestell liegt isoliert ein Neusilberdraht in vielen Windungen, der mit Asbest bedeckt ist, um eine etwaige zu große Erwärmung nicht gefährdend werden zu lassen. Der Heizkörper ist mit einer Eisenplatte bedeckt, welche zur besseren Ableitung der Wärme mit Vorsprüngen versehen ist.

Wollten wir für die Heizung eines größeren Zimmers, wie das eben erwähnte, einen elektrischen Ofen konstruieren, so hätten wir nur den Draht entsprechend stärker und länger zu nehmen, und ihn in einem wohlverdeckten eisernen Gestell unterzubringen, indem wir ihn in Spiralen anordnen, wie es der Bogenlampenwiderstand Fig. 243 zeigte. Oder wir könnten ihn, ähnlich wie die Heizrohre einer Dampfheizung, in einen Kanal legen, der am Fußboden längs der vier Wände hinführt und zum Schutz mit einem durchbrochenen Gitter bedeckt ist.

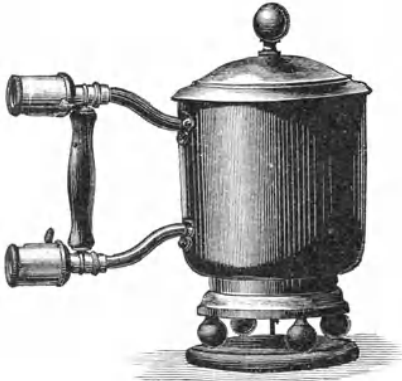


Fig. 308. Elektrische Theekochmaschine.

Interessanter als diese elektrischen Heizöfen sind die Vorrichtungen, welche zum Erwärmen von Wasser und Vorrichtungen dienen. Auf der Wiener Elektrischen Ausstellung hat M. Jüllig eine elektrische Theekochmaschine ausgestellt, bei welcher der elektrische Heizkörper in das Wasser getaucht wurde. Derselbe bestand in einem Heizdrahte aus Platin, welcher in engen Windungen um ein weites kurzes Glasrohr gelegt war. In dieser Form wurde er in das zu erheizende Wasser gesenkt, durch den Strom erhitzt, und erwärmte auf diese Weise das Wasser.

Diese Anordnung hat zwar den Vorteil, daß alle erzeugte Wärme in das Wasser gehen muß, aber bezüglich der billigen Ansprüche an Sauberkeit genügt sie nicht. Die neueren elektrischen Theekochmaschinen sind deswegen derart eingerichtet, daß der Heizdraht außen und unter dem Kessel liegt. Unsere Fig. 308 zeigt eine solche Vorrichtung, wie sie die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ fabriziert. Wäre nicht der Kostenpreis für den Betrieb, so könnte man sich eine solche gefahr- und geruchlose Theemaschine wohl gefallen lassen, und dort wo der Strom aus Wasserkraften billig zu haben ist, wird man sie auch in Anwendung bringen können, sei es auch nur um sie wegen ihrer Kuriosität als Reklame zu benutzen, wie die elektrisch gebratenen Beefsteaks, die ein Schweizer Gastwirt gelegentlich aufgetischt hat.

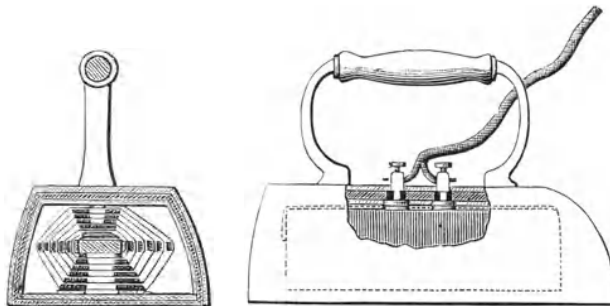


Fig. 309. Elektrisches Bügeleisen.

Hierher gehört auch das elektrisch erwärmte Bügeleisen, welches in seinem Innern einen Heizdraht birgt (Fig. 309). Bei diesem Apparat läßt sich vielleicht schon eher mit den Kosten rechnen. Die Umstände, welche das Erwärmen der Bolzen oder Eisen macht, wiegen vielleicht die höheren Kosten der elektrischen Erwärmung der Eisen auf.

Aussichtsreicher für die Gegenwart erscheint eine andre Anwendung der elektrischen Heizung, und zwar für den Betrieb künstlicher Brutanstalten. Hier ist die bedurfte Wärmemenge verhältnismäßig gering, und es tritt darum ein Vorteil der elektrischen Heizung in den Vordergrund, nämlich ihre leichte und sichere Regulierbarkeit. Wir können mit Hilfe eines eingeschalteten Thermometers auf leichte Weise den Strom schließen, wenn ein bestimmter Temperaturgrad in dem geheizten Raume unterschritten, und ihn wieder öffnen, wenn er überschritten wird, so daß also stets nur so viel Strom zugelassen wird, als zur genauen Erhaltung des benötigten Wärmegrades erforderlich ist. Lassen wir die Frage unerörtert, ob die künstliche Brutung überhaupt zu empfehlen ist, so dürfen wir sagen, daß die elektrische Bebrütung die einfachste und sicherste ist. Angesichts der geringen benötigten Wärme genügt schon eine kleine Wasserkraft, wie sie fast jedes Dorf hat, um

gleichzeitig 1000—2000 Eier zu bebrüten und den ausgebrüteten Küchlein die für die ersten Tage benötigte Wärme zu beschaffen.

Der erste, welcher diese Anwendung der Elektrizität und zwar schon 1883 verwendet hat, war ein deutscher Ökonom Namens Storbeck. Sein Brütapparat, bestand aus einem großen flachen Korbe, der durch Auspolsterung mit Heu und Federn zu einem Nest umgeschaffen war. Auf dasselbe wurde die elektrische Henne gelegt, d. h. der Korbdeckel, welcher ebenfalls gepolstert war und auf der Innenseite einen in Spiralwindungen gelegten Heizdraht enthielt. Durch den Deckel führte das Regulierthermometer in das Innere des Nestes und besorgte die erforderliche Zulassung und Abperrung des Stromes. Diese Anordnung hatte der Erfinder aus dem Grund gewählt, um der Natur thunlichst nachzuahmen.

Storbeck hat keinen rechten Erfolg mit seiner Erfindung gehabt, abgesehen von andern Umständen auch deshalb, weil er bei seinen geringen Mitteln nur Elemente als Stromerzeuger anwenden konnte und dieselben sich für eine 21 tägige Stromerzeugung als nicht recht brauchbar erwiesen.

Ein größerem Maßstabe ist die Wirkung des elektrischen Stromes für die Brütung von einem Franzosen, Lion, in Marseille, benutzt worden, der allerdings von der Erzeugung der benötigten Wärme aus dem Strom abgesehen und denselben nur zur Regulierung des Wärmezufusses benutzt hat. Seine Apparate, welche bis 5000 Eier gleichzeitig ausbrüten können, werden durch Gas geheizt und die Elektrizität reguliert den Gaszufluß zur Heizflamme, so daß die Temperatur in den Brütkammern stets zwischen 39° und 40° C. bleibt. Es braucht nicht gesagt werden, daß sich diese Regulierung sehr vereinfachen ließe, würde elektrische Heizung verwendet, weil sich die Ein- und Ausschaltung des Stromes leichter und sicherer erzielen läßt als die Regulierung einer Gasflamme.

Stärkere Heizwirkung als die bisher erwähnten Vorrichtungen erfordert der elektrische Holzbrandapparat, der gelegentlich der Wiener Elektrischen Ausstellung vorgeführt ward. Der Leser kennt die Holzbrandbilder, welche unsre Damen mit einem auf einer Spiritusflamme erhitzten Platinstift auf geglätteten Holzplatten zu zeichnen wissen. Um das lästige Erhitzen des Stiftes in der Flamme zu beseitigen, hatte man eine solche Spitze aus zwei sich leicht berührenden, im übrigen aber gleichen Nickelstiften hergestellt. Wurde nun der Strom durch die Stifte geleitet, so entwickelte sich an der Berührungsstelle der beiden Stifte so viel Wärme, daß der Stift dauernd heiß blieb, um das Holz zu bräunen. Als Stromerzeuger dienten zwei Akkumulatoren, deren Strom durch einen Regulierwiderstand entsprechend reguliert werden konnte.

Eine andre bedeutende Verwendung hat der elektrische Heizdraht zum Absprennen von Gläsern, Glasröhren u. gefunden. Das runde Glas wird auf einem durch den Strom erhitzten Draht hin und her gedreht und dadurch abgesprengt; gegebenenfalls unterstützt man die Sprengwirkung auch durch Befeuchten der erhitzten Stelle.

Zum Schluß sei noch eines Apparates erwähnt, der in den Garderoben der Theater Verwendung gefunden hat, der elektrische Heizapparat für Brenneisen, der in Fig. 310 dargestellt ist. Im Prinzip den andern elektrischen Heizapparaten gleich, enthält er in einem flachen eisernen Kasten einen in Windungen geführten Heizdraht: der innere Raum der Wicklung nimmt die zu erhitzenden Scheren auf, welche durch seitlich in einer Wand angebrachte Löcher eingesteckt werden. Der Apparat hat infolgedessen eine Bedeutung, als man jetzt häufig aus den mit elektrischer Beleuchtung versehenen Theatern jede Flamme verbannen will und deshalb auch für diese kleinen Heizwecke auf Ersetzung des Gases oder Spiritus durch den Strom Bedacht zu nehmen hat.

Die Anwendung der Glühwirkungen des Stromes.

Elektrische Minenzündung. Die verbreitetste Anwendung der Wärmewirkung des Stromes hat die Glühwirkung und zwar zur Entzündung von Minen gefunden. Diese Anwendung beruht darauf, daß die Mine durch einen Leiter, der durch den Strom ins Glühen kommt, zur Entzündung gebracht wird. Der Vorteil einer solchen Zündung vor der alten Zündschnurzündung liegt in erster Reihe darin, daß man die Mine im gewollten Augenblick

explodieren lassen kann, daß man sie also sicher in der Hand hat und Gefahren vermeiden kann; außerdem vermag man aber mittels der elektrischen Zündung mehrere Minen gleichzeitig zur Wirkung zu bringen, was für die Sprengtechnik von wesentlicher Bedeutung ist.

Bei der elektrischen Minenzündung wird die Glühwirkung in zwei Formen in Anwendung gebracht; bei der ersten, die sich den früheren Heizwirkungen anschließt, wird durch den Strom ein feiner Draht oder eine Widerstandsstelle zum Glühen gebracht und entzündet dann die Zündmischung, in welcher er steckt; die Zünder der andern Art beruhen auf der Erhitzung der Luft durch den durchschlagenden elektrischen Funken. Im

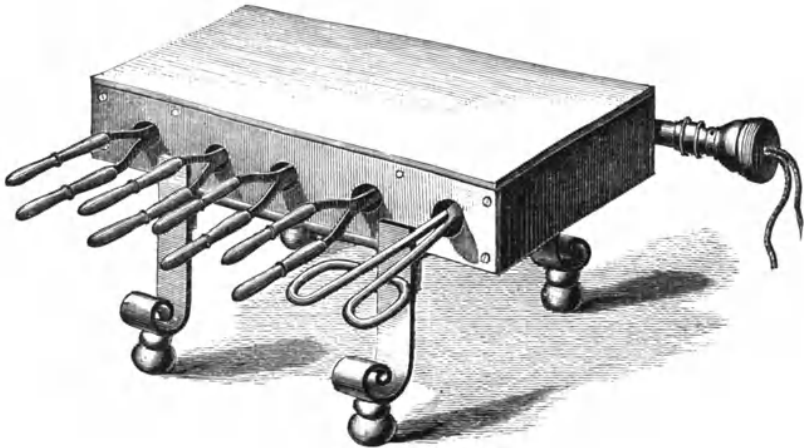


Fig. 310. Elektrischer Ofen zum Erhitzen von Brennscheren

Prinzip sind beide Zündarten gleich, vom praktischen Standpunkte aber unterscheiden sie sich wesentlich, weil bei den Zündern der ersteren Art, den Glühzündern, ein niedrig gespannter, bei denen der andern, bei den Funkenzündern ein hochgespannter Strom zur Verwendung kommt.

Die Glühzünder wurden zuerst von Prof. Hare unter Zuhilfenahme des von ihm modifizierten Kalorimotors von Dffershaus im Jahre 1831 angewendet. In der heutigen Form bestehen dieselben aus zwei blanken Zuleitungsdrähten, welche in einem Kopfe aus fester isolierender Masse stecken (Fig. 311) und in ein auf den Kopf gestecktes Metallröhrchen hineinragen, welches den Zündsatz aufnimmt. Die in der „Zündpatrone“ liegenden Enden der Drähte werden nun durch einen feinen Draht verbunden, welchen der durchfließende Strom zum Erglühen und damit den Zündsatz zur Entzündung bringt. Für den Zündsatz benutzt man eine Mischung aus fein gepulvertem chlorsauren Kali und Schwefelantimon oder Schießbaumwollpulver.

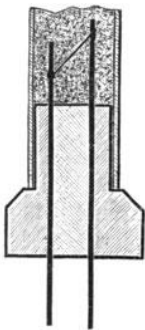


Fig. 311.
Glühzünder.

Zur Erzeugung des für die Glühzündung benötigten Stromes dienen galvanische Batterien und kleine magnet- oder dynamoelektrische Maschinen. Von den ersteren benutzt man heutzutage zumeist Tauchbatterien mit Chromsäure, etwa in der Form, wie sie in Fig. 19 abgebildet ist; die Genietruppen, welche für ihre häufigen Sprengungen besonders sichere und leicht transportable Batterien haben müssen, wenden speziell konstruierte Batterien an, welche sicher verschlossen sind und bequem getragen werden können. Von den magnetelektrischen Maschinen haben wir bereits (Fig. 92) den Breguetschen Zünder erwähnt. Eine nach dem dynamoelektrischen Prinzip konstruierte Maschine ist der von Siemens & Halske gebaute Minenzünder, welcher aus einer einfachen Hauptstrommaschine mit Doppel-T-Anker besteht; der im Anker entwickelte Strom wird vorerst nur um die Magnete geleitet, und wenn er seine größte Stärke erreicht hat, durch Druck auf einen Umschalter durch die Zünddrähte geschickt. Ein solche Maschine, welche 28 kg wiegt, kann

36 Zentimeter feinen Platindraht zum Glühen bringen, also eine erhebliche Anzahl Zünder, die hintereinander geschaltet sind, gleichzeitig entzünden.

Die großartigste Anwendung der Glühzündung hat bei der Sprengung der Hellgate-Klappen in der nördlichen Einfahrt des New Yorker Hafens stattgefunden. Bei der ersten Sprengung galt es, nicht weniger als 3680 Minen auf einen Schlag zu entzünden, und zu diesem Zwecke waren 23 große Chromsäure-Batterien aufgestellt, von denen jede 160 Zünder zu versorgen hatte. Jede Gruppe von 160 Zündern war in acht Reihen geschaltet, in welcher 20 Zünder hintereinander lagen, während die acht Reihen parallel an die zugehörige Batterie angeschlossen wurden. Ein besonderer Umschaltapparat gestattete die 184 Zweigleitungen mit einem Schläge mit den Batteriepolen zu verbinden. Die Zündung gelang vollkommen, und die sämtlichen Minen flogen im gleichen Augenblicke auf. Eine zweite Sprengung an derselben Stelle fand neun Jahre später im Herbst 1885 statt.

Bei den Funkenzündern benutzt man, wie gesagt, statt des Glühdrahtes den überspringenden Funken und muß also statt des Stromes einer Batterie die hochgespannte Elektrizität einer Elektrifiziermaschine oder eines Funkeninduktors anwenden. Zur Erzeugung des Funken in der Zündmasse wird der hochgespannte Strom mittels eines Leiter, welcher an einer Stelle in der Zündmasse unterbrochen ist, durch diese hindurchgeführt, wobei er an der Unterbrechungsstelle als Funke überspringt. Die Zündpatrone ist hier ähnlich wie beim Glühzünder gestaltet. Auf den Zündkopf (Fig. 312) aus isolierendem Material ist ein Metallröhrchen aufgesetzt, welches mit Zündsatz gefüllt ist. Durch den Kopf ist eine Drahtschlinge geführt, deren Enden nach außen hervorragen. Die Schlinge im Röhrchen wird dann mit einer feinen Schere aufgeschnitten, und der entstehende Spalt bildet dann die Unterbrechungsstelle, an welcher der Funke überspringt.

Zur Bethätigung dieser Funkenzündern werden besonders konstruierte Elektrifiziermaschinen oder Funkeninduktoren angewendet. Die österreichische Armee verwendet eine Elektrifiziermaschine, wie sie General v. Ebner, der sich die Entwicklung dieser Apparate hat angelegen sein lassen, konstruiert worden ist. Dieselbe liegt in einem luftdicht verschlossenen, durch Chlorcalcium trocken gehaltenen Kasten und besteht aus zwei Hartgummischeiben, die sich beim Drehen an Belziffen reiben; die entwickelten Elektrizitätsmengen nimmt ein besonders konstruierter Ansammlungsapparat auf, welcher die Ladung bei Stromschluß den Zündern durch die Drähte zuschickt.

Als Zuleitungen zu den Zündern wendet man gut isolierte, wasserdichte Drähte an, also Guttapercha- oder Kautschukleitungen; für die Rückleitung kann man nackte Drähte und gegebenenfalls auch die Erde benutzen.

Neben diesen Anwendungen der Glühwirkungen des Stromes bleibt uns noch eine gelegentliche Anwendung zu nennen, welche man zum Ausglühen und Anlassen feiner Uhrfedern und Drähte benutzt hat. Bei dieser Anwendung, in welcher die Federn in Stromzuleitungen eingespannt werden und der Strom durch sie hindurch geschickt wird, vermag man den erlangten Temperaturgrad auf das genaueste zu erzielen und hat beim Anlassen den Vorteil, daß der anzulassende Körper im Tageslicht beobachtet werden kann. Beim Ausglühen feiner Drähte läßt man dieselben über zwei metallene Walzen laufen, welche mit den Polen eines Stromerzeugers in Verbindung stehen, so daß also der Strom von einer Walze zur andern durch den auszuglühenden Draht geht und dieser Stück um Stück der Wärmewirkung ausgesetzt wird.

Hierher gehört auch die Verwendung des Stromes zum Glühendmachen von Platindrähten, welche in galvanokaustischen Operationen von den Ärzten zum Abbrennen von Körperteilen benutzt werden; wir beschränken uns aber darauf, diese Anwendung hier nur zu erwähnen und wollen später gelegentlich der Besprechung der Anwendungen des Stromes in der Medizin darauf zurückkommen.

Einer andern netten Anwendung der elektrischen Glühwirkung sei hier noch mit einigen Worten gedacht, des elektrischen Zigarrenanzünder's. Derselbe besteht aus einem Stückchen Asbestpappe, das mit einem feinen Platindraht durchnäht ist. Führt man



Fig. 312.
Funkenzünder.

den Strom durch diesen Draht, so kommt er ins Glühen und macht auch die Asbestpappe auf ein ausgedehntes Stück hin glühend, so daß man an der Glühfläche die Zigarre oder Zigarette anzünden kann. Der Glühkörper ist in einem geeigneten Griff gefaßt und mit einer geeigneten Ausschaltvorrichtung versehen. Bei dem in Fig. 313 abgebildeten Zigarrenzünder der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ ist dieser Ausschalter in einem an der Wand hängenden Kästchen untergebracht und mit einem beweglichen Haken verbunden, an welchem der Zünder hängt. Sobald man den letzteren abnimmt, schaltet der entlastete Ausschalter den Zünder ein; wird der Zünder wieder an den Haken gehängt, so zieht er den Schalthebel durch sein Gewicht etwas nach unten und schaltet sich dadurch aus. In vereinfachter und sicherer Weise hat die Firma Rohrbeck & Grünwald in Berlin den Ausschalter in den Griff des Zünders verlegt, so daß die Einschaltung durch den Druck des Fingers erfolgen muß und der Zünder sich von selbst ausschaltet, sobald man ihn fortlegt. Fig. 314 gibt eine Ansicht der Konstruktion dieses Zigarrenzünders mit der Ausschaltvorrichtung.



Fig. 313. Elektrischer Zigarrenzünder.

Der Glühkörper ist in einem Glühlampentragen System Edison untergebracht und kann auf solche Weise bequem in die auf dem Griff befestigte Fassung eingeschraubt und aus ihr herausgenommen werden, falls eine Erneuerung notwendig ist.

Der Stromverbrauch solcher Zigarrenständer ist ein minimaler. Sonderliche Vorteile desselben vor dem bekannten Gaszünder wollen wir hier nicht behaupten, um nicht in den Verdacht zu geraten, daß wir alles Elektrische unbedingt für besser halten als die älteren Vorrichtungen. Höchstens dürfen wir hervorheben, daß Zigarretten-Feinschmecker sich zu dem orientalischen Grundsatz bekennen, daß man Zigarretten nicht an einer Flamme, sondern nur an einem glühenden Körper entzünden dürfe, und für diese wird der elektrische Zünder eine willkommene Erfindung sein.

Wir hätten noch der elektrischen Gaszünder zu erwähnen, von denen man zwei Arten benutzt, Glühzünder und Funkenzünder. Bei den ersteren liegt über der Ausströmungsöffnung des Brenners ein feiner Platindraht, welcher in einen Leitungskreis eingeschaltet ist, bei Stromgebung glühend wird und dadurch das ausströmende Gas entzündet. Scheinbar ist diese Vorrichtung recht zweckmäßig, da man mittels derselben auf einen Schlag eine beliebige Anzahl Flammen anzünden kann. Sie hat aber vorerst den Fehler, nicht un-



Fig. 314. Elektrischer Zigarrenzünder mit Umschalter im Handgriff.

bedingt sicher zu wirken, und dann kann es böse Folgen haben, wenn das Gas unverbrannt aus einem oder mehreren Brennern ausströmt. Es kommt ferner hinzu, daß diese Vorrichtungen in der Anlage nicht eben billig sind und im Betriebe viel Scherereien machen. Und endlich bedingen

sie, daß man die sämtlichen Gasausflüsse von einer Stelle aus öffnen kann; denn wenn man erst an jedem Brenner den Hahn öffnen will, kann man auch gleich in viel einfacherer Weise die Flamme mit einem Flammenzünder anstecken. Dieser letztere Nachteil hat es auch verhindert, daß man die elektrische Zündung für das Anzünden der Straßenlaternen benutzt hat, welche für dieselbe an eine besondere Gasleitung angeschlossen werden mußte. Man hat freilich versucht, die Öffnung der Gasausflüsse und die elektrische Zündung durch eine Veränderung im Gasdruck zu bethätigen, und mit Benützung dieser Wirkung hat der verstorbene Professor Klinkersues in Göttingen einen derartigen, nicht unpraktischen elektrischen Anzünder für Straßenlaternen konstruiert. Allein zu einer dauernden Anwendung ist weder dieser noch ein anderer Zünder gelangt, und man wendet heute wie zuvor die Zündung mit Hand an.

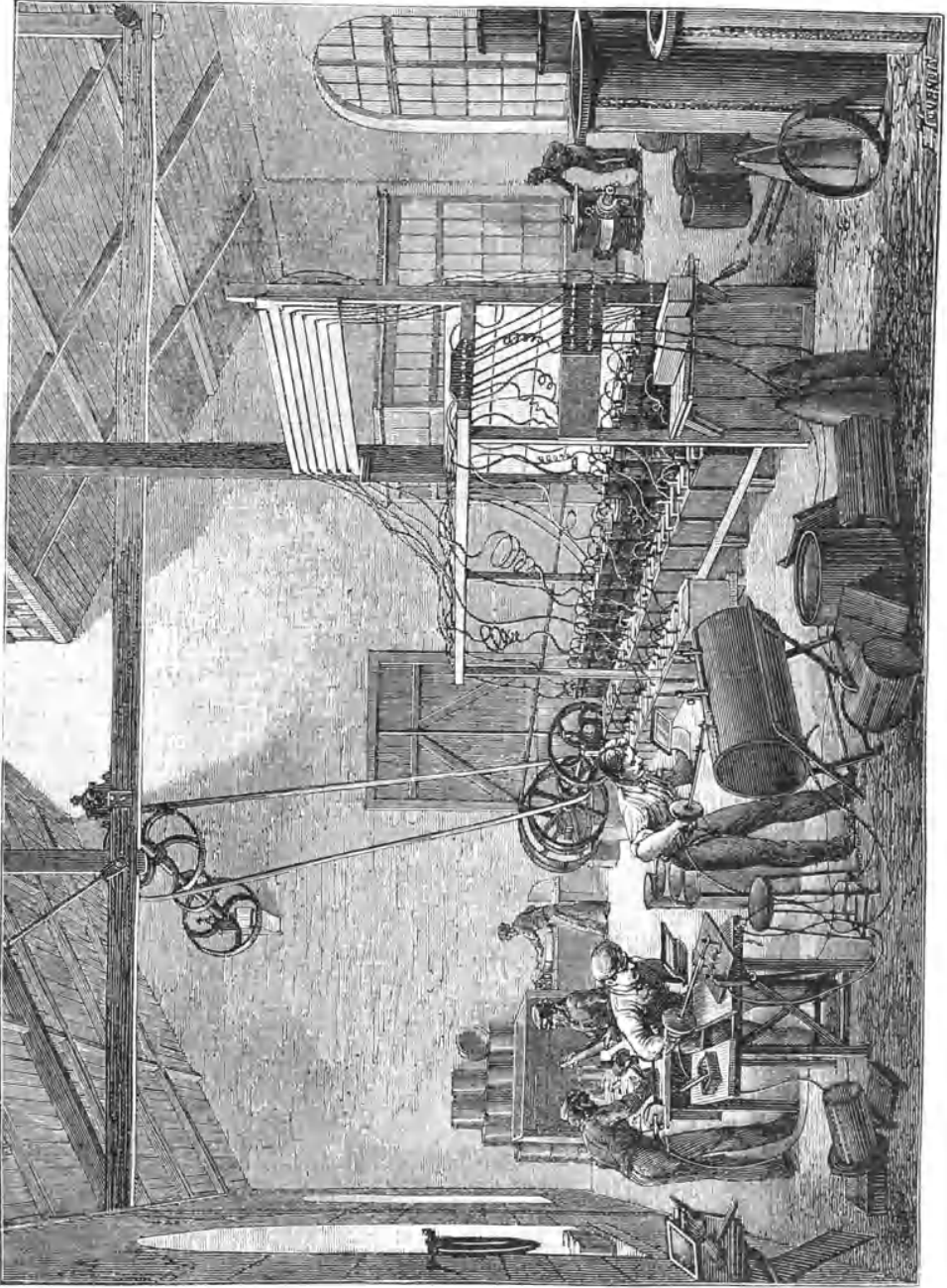


Fig. 315. Sölung mittels des Zammerbogens. (Nach einer Abbildung in „La Lumière électrique.“)

Von den Funkenzündern hat namentlich der von Clark eine große Verbreitung gefunden, welcher aber nicht zur Fernzündung dient, sondern nur den Flammenzünder durch ein ungefährliches und allezeit bereites Instrument ersetzen soll. Bei diesem Zünder liegt in einer cylindrischen Büchse, die als Handgriff dient, ein kleines, sehr nett konstruiertes Elektrifiziermaschinen, welches durch Druck auf einen Knopf in Thätigkeit kommt und Elektrizität erzeugt. Dieselbe wird durch einen isoliert liegenden Draht zu der Spitze der auf die Büchse gesetzten Metallröhre geleitet und springt hier in einem Funkenstrom auf die Röhre über, welche die Rückleitung besorgt. Der Kopf der Spitze ist durchbrochen, so daß der Funkenstrom frei liegt. Hält man die Spitze der Röhre in das ausströmende Gas und drückt gleichzeitig auf den Knopf, der das Elektrifiziermaschinen in Bewegung setzt, so springen die Funken lebhaft über und entzünden das Gas.

Elektrische Lötung und Schweißung. Eine der interessantesten Anwendungen der Wärmewirkung des Stromes ist die für die Lötung und Schweißung von Metallen, welche in neuerer Zeit mehrfach versucht und teilweise, was die technische Seite anlangt, zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht worden ist. Was bei dieser Verwendung des Stromes als besonderer Vorteil hervortritt, ist die Möglichkeit, Metallstücke ohne jedes Zwischenlot nur durch ihr eignes flüssig gemachtes Material zu verbinden, was bisher bekannterweise nur bei der Schweißung mit einigen wenigen

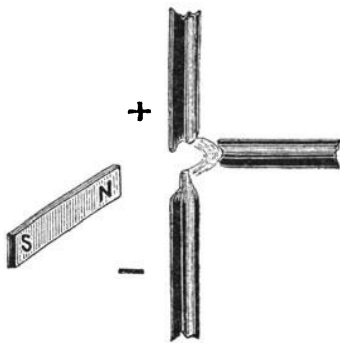


Fig. 316.
Erzeugung einer Flammenzunge aus einem Lichtbogen durch die Wirkung eines Magneten.

Metallen zu ermöglichen war. Diese Möglichkeit beruht darauf, daß sich mit Hilfe des Stromes die Metalle an den Schweißstellen so hoch erhitzen lassen, daß sie hier eine gewisse Flüssigkeit erlangen, welche die Verbindung unter Druck ermöglicht. Bei Erhitzung im Feuer wäre eine so hohe lokale Erwärmung nicht zu erzielen, weil sich durch die langsamere ausbreitende Erwärmung das ganze Metallstück oder durch ein beträchtlichen Teil auf den erforderlichen Temperaturgrad erwärmen und deshalb schmelzen würde. Gerade diese Erzeugung einer hohen Temperatur und die Lokalisierung der Erwärmung gibt der elektrischen Schweißung eine gewisse Bedeutung, und wenn die Erfolge der erfundenen Verfahren vielleicht noch nicht voll befriedigen, so dürfen wir doch in ihnen die Anfänge von Methoden erblicken, welche für die Zukunft viel versprechen.

Wir kennen bis jetzt zwei Verfahren für die Zusammenschweißung zweier Metallflächen mittels des Stromes; beim ersteren wird die Wärme durch einen Lichtbogen entwickelt, den man auf die zu verbindende Trennstelle einwirken läßt, und diese Methode mag als elektrische Lötung bezeichnet werden; bei dem andern Verfahren wird der Strom von dem einen Metallstück zum andern durch die Berührungsstelle geleitet, und der vergleichsweise hohe Widerstand der letzteren bedingt, daß sich in ihr eine hohe Temperatur entwickelt, welche die anliegenden Metallteile schmelzt und zusammenschmilzt. Der Unterschied beider Verfahren ist also nur ein äußerlicher und beruht darauf, ob die einwirkende Wärme von außen an die Trennstelle gebracht wird oder sich innerhalb derselben entwickelt; gemeinsam ist beiden, daß die Verbindung durch das flüssig gemachte Metall der beiden zu vereinigenden Stücke selbst erfolgt, also bei der elektrischen Lötung kein Lot erforderlich ist, wenigstens man ein solches Bindemittel anwenden kann.

Die ersten Versuche mit der elektrischen Lötung und die Vorschläge zur Anwendung derselben sind älteren Datums, weil die gelegentliche, manchmal unfreiwillige Vereinigung zweier Metallstücke im Flammenbogen schon früh und oft beobachtet worden ist. Eine ausgedehnte praktische Verwendung hat aber erst de Venardos in St. Petersburg versucht, ohne daß jedoch sein Verfahren die etwas zu laut und übertrieben kundgegebenen Hoffnungen hätte erfüllen können. Sein Verfahren besteht darin, daß man zwischen den zu verbindenden Metallteilen und einem wie ein Lötcolben gehandhabten Kohlenstabe einen

Flammenbogen entstehen und diesen auf die Trennstelle einwirken läßt. Die intensive Hitze des Flammenbogens schmelzt dann die Ränder der Trennstelle zusammen und vereinigt die beiden Metallstücke. Man hat also nur nötig, beide oder eines der Metallstücke mit dem einen Pol des Stromerzeugers und den Kohlenstab mit dem andern zu verbinden; berührt man dann mit der Spitze des Kohlenstabes das an den Stromerzeuger angeschlossene Metallstück und entfernt dann den Stab um einige Millimeter von dem Metall, so entsteht ein Lichtbogen, den man in passender Weise über die Trennstelle hinführt. Unser beistehendes Bild Fig. 315 läßt die ziemlich einfache Handhabung leicht erkennen. Damit man den Fortgang der Arbeit mit den Augen verfolgen kann, schützt man dieselben durch einen vorgehaltenen Schirm aus dunklem Glas, was allerdings die Arbeit nicht erleichtert.

Als Stromerzeuger kann man sich bei diesem Verfahren nicht gut einer Dynamomaschine bedienen, weil die Belastung derselben rasch und in weiten Grenzen wechselt; denn bei der Berührung der Kohlenelektrode mit den Metallstücken wächst der Strom stark an und bleibt auch, solange der Lichtbogen besteht, auf verhältnismäßig größerer Höhe, um dann bei Entfernung der Elektrode und beim Verlöschen des Lichtbogens plötzlich auf Null herabzusinken. Derartige plötzliche und große Schwankungen würden Dynamo- und Dampfmaschine nicht gut vertragen, und deshalb wählt man als Stromerzeuger eine Batterie Akkumulatoren, bei denen man nur Sorge zu tragen hat, daß der Kurzschluß zwischen Kohle und Metall nur auf einen Augenblick beschränkt wird. Aber diese Verwendung der Akkumulatoren kompliziert und verteuert das elektrische Lötverfahren, und schon dies ist ein Grund, welcher einer Verbreitung vorerst im Wege steht; doch wäre ein solches Hindernis zu überwinden, wenn nicht die

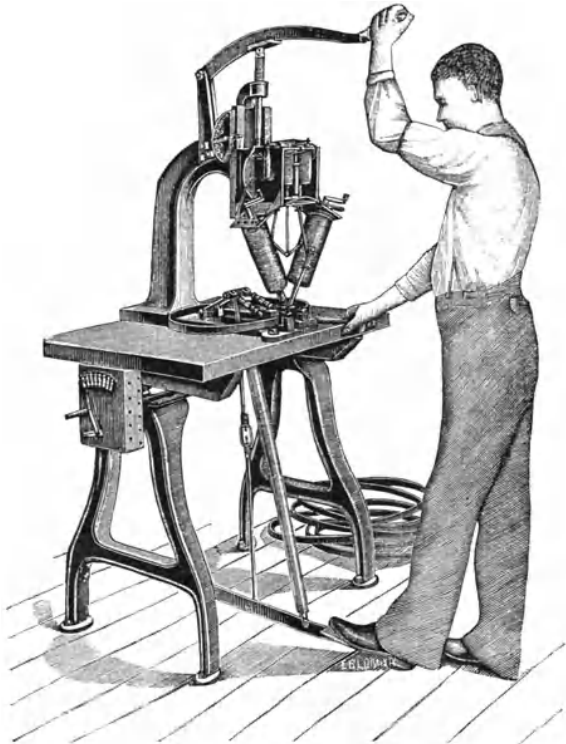


Fig. 317. Coflins elektrischer Lötapparat.

mangelhafte Beschaffenheit der erzielten Lötstellen gegen eine allgemeine Anwendung spräche. Der Flammenbogen wirkt nämlich nur oberflächlich und verbindet nur die äußeren Ränder der Trennstelle miteinander, während die tiefer gelegenen Teile durch die überliegende entstandene Verbindung gegen die Einwirkung des Lichtbogens verdeckt werden. Aus diesem Grunde hat sich das Verfahren auch nur für die Herstellung von Nähten zwischen dünneren Blechen in befriedigenderer Weise benutzen lassen und wird derzeit zur Herstellung von Metallfässern in einer westfälischen Fabrik angewendet. Eine weitere Anwendung hat es trotz vieler für Versuche aufgewendeten Kosten und Mühen nicht erlangen können, und der Traum von der gänzlichen Beseitigung der Nietungen bei Dampfesseln, eisernen Schiffen hat sich bald als solcher erwießen. Es kommt hinzu, daß der Flammenbogen das erhitzte Eisen in unvorteilhafter Weise verändert, so daß das Metall an der Lötstelle eine geringere Festigkeit hat als in den nicht beeinflussten Teilen, die Lötstelle also beträchtlich an Festigkeit verliert. In manchen Fällen ist dieser Umstand ohne Belang, und so hat man mehr-

fach die Lötung der Bleistreifen an den Akkumulatoren mittels des beschriebenen Verfahrens mit befriedigendem Erfolg vorgenommen, zumal in Fällen, wo man den Gaslötapparat nicht anwenden konnte oder nicht zur Hand hatte, und darum den bequem vorhandenen Strom zur Aushilfe heranziehen wollte.

Eine Abänderung des beschriebenen Verfahrens läßt den Flammenbogen nicht zwischen Metall und Kohle entstehen, sondern erzeugt ihn frei zwischen zwei Kohlenspitzen. Nun handelt es sich aber darum, den Lichtbogen an die zu lötende Stelle heranzubringen. Hierfür benutzt man eine Erscheinung, welche am Flammenbogen unter der Einwirkung eines kräftigen Magnetpols auf denselben eintritt. Nähert man einem Lichtbogen den Pol eines Magneten, so wird bei richtiger Anordnung der Flammenbogen abgestoßen und tritt seitlich als spitze Flamme heraus (Fig. 316), bildet also eine Flammzunge, wie eine

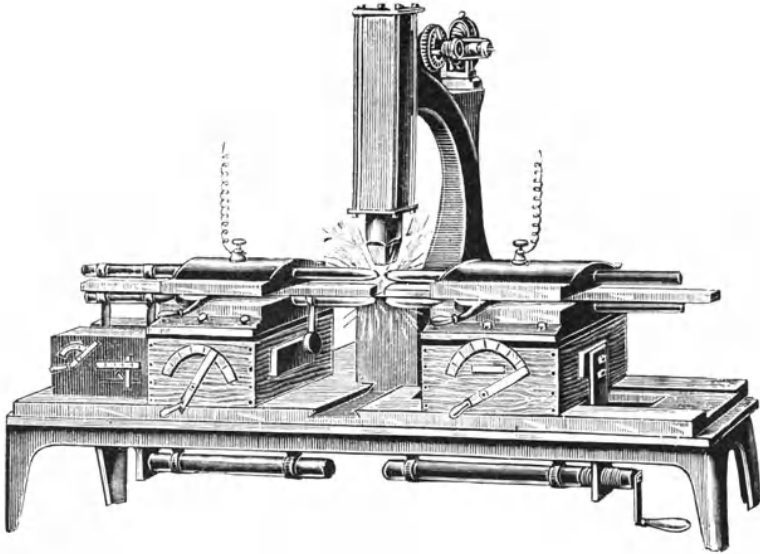


Fig. 318. Coffin's elektrischer Schweißapparat.

Flamme unter Einwirkung eines Lötrohres. Diese Lötflamme kann man nun auf die zu verbindende Stelle einwirken lassen und erreicht damit, daß der Lichtbogen vom Metall unabhängig bleibt.

Dieses Verfahren ist von Coffin in Amerika angewendet worden, welcher zur Verwendung desselben den in Fig. 317 und 318 abgebildeten Apparat konstruiert hat.

Der erstere der beiden abgebildeten Apparate dient für leichtere Schweißarbeit und ist zur Herstellung von Radreifen eingerichtet. Die beiden Kohlenspitzen, zwischen deren Spitzen der Flammenbogen erzeugt wird, stehen neben- und zu einander geneigt. Rechts und links von der Ebene der Stifte stehen die zwei Elektromagnete, welche die Blaskwirkung ausüben, und in ähnlicher V-förmiger Stellung zu einander wie die Stifte, so daß das Ganze ein sich nach unten zuspitzendes System darstellt. Ein Handhebel ermöglicht die Senkung der Stifte unter gleichzeitiger Einschaltung des Stromes. Eine einfache Reguliervorrichtung hält die Kohlenspitzen in der richtigen Entfernung und reguliert den Lichtbogen.

Der zweite Apparat (Fig. 318) soll zur Verbindung stärkerer Stücke dienen. Hier sind zwei Paar Kohlestifte durch ihre Flammenbogen für die Erwärmung der Lötstelle thätig. Ist die nötige Hitze erzielt, so zieht man die Kohlestäbe durch eine besondere Vorrichtung zurück und den elektrischen Hammer, den wir in der Mitte des Apparates sehen, hervor. Dieser hämmert nun mit raschen Schlägen auf die Verbindungsstelle und fördert dadurch die innige Verbindung.

Mehr versprechend als die elektrische Lötung erscheint das elektrische Schweißverfahren von Professor Elihu Thomson in Lynn, Mass., dem Erfinder der Thomson-Houston-Dynamomaschine. Dasselbe beruht darauf, daß zwei Metallstücke, die sich unter Druck berühren, zusammenschmelzen, wenn man durch die Berührungsstelle einen angemessenen starken Strom leitet. Es mag dahingestellt bleiben, ob hier die Verbindung des Metalls unter vollständigem Flüssigwerden an der Verbindungsstelle stattfindet oder durch ein „Zusammenbacken“ in halbflüssigem Zustande erfolgt. Sichtbar wird das Flüssigwerden nicht, und so mag ein dem Schweißen verwandter Vorgang die Einigung erzielen lassen. Die Bezeichnung „Elektrische Schweißung“ erscheint darum nicht unberechtigt.

Was nun die elektrische Schweißung von der mechanischen unterscheidet, ist, daß nahezu alle festen Metalle mittels des Stromes zusammengeschweißt werden können, ja, daß man auch Stücke von verschiedenen Metallen, die in ihren Schmelzpunkten weit auseinander stehen, vereinigen kann.

Die Schweißung kann mit Gleich- wie mit Wechselstrom bewirkt werden, da die Wärmewirkungen des Stromes nicht von der Richtung des Stromes abhängen, also auch bei wechselnder Richtung auftreten werden. Für die Schweißung schwächerer Stücke, die eine entsprechend kleinere Stromstärke erfordert, wendet man Gleichstrom an; bei stärkeren zu schweißenden Querschnitten, wo die Ampèrezahl in die Tausende und Zehntausende steigt, ist die Erzeugung des starken Stromes und die Fortleitung desselben mit zu großen Verlusten verbunden, wenn der Stromweg nicht möglichst kurz gemacht wird; man bedient sich deshalb des Wechselstromes, den man aus Hochspannungsstrom in solchen von großer Stromstärke transformiert. Darauf kommen wir etwas weiter unten zu sprechen. Zunächst wollen wir eine kleinere Schweißmaschine mit Gleichstrom für leichtere Arbeit besprechen. Unsere Fig. 319 zeigt eine Vorrichtung zur Schweißung von Eisenstäben bis 12 Millimeter Durchmesser. Die Maschine besteht aus einer Dynamomaschine und einem auf die Grundplatte derselben aufgesetzten Tisch, auf welchem die Einspannvorrichtung steht. Die Dynamomaschine ist für einen sehr starken Strom gebaut; ihre Klemmenspannung braucht nicht groß zu sein, da der zu überwindende Widerstand sehr klein ist, also schon bei wenigen Volt Spannung die benötigte große Stromstärke, welche bei der Schweißung von 12 Millimeter starken Eisenstäben 2000 Ampère betragen muß, entsteht. Die zu vereinigenden Stäbe werden in die beiden Klemmvorrichtungen gespannt und genau einander gegenübergestellt. Eine der Vorrichtungen kann durch eine Schraube verschoben und dadurch der von ihr gehaltene Eisenstab mit seinem Ende gegen dasjenige des andern Stabes gedrückt werden. Läßt man nun den Strom der Maschine, deren Pole mit den beiden voneinander isolierten Klemmvorrichtungen verbunden sind, durch diese und also durch die Berührungsstelle der Stäbe gehen, so wird die Stelle infolge des Berührungswiderstandes glühend, und unter Mitwirkung des Druckes schweißen die beiden Stäbe in wenigen Sekunden zusammen. Die Schweißstelle erstreckt sich über die ganze Fläche, und die Stäbe haften nicht, wie es bei der elektrischen Lötung geschieht, nur an einzelnen Punkten oder Nähten zusammen. Dies beruht auf einem eigentümlichen Verhalten des heißen Metalls in bezug

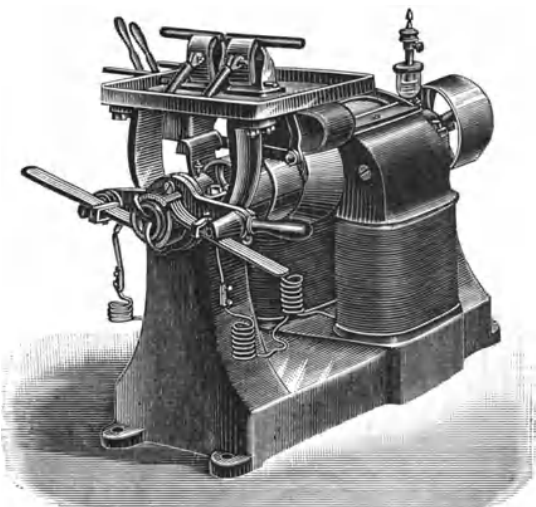


Fig. 319. Thomsons elektrische Schweißmaschine für leichtere Arbeit.

Wille, Elektrizität.

auf seinen Widerstand. Der Widerstand eines metallischen Leiters nimmt nämlich mit der steigenden Temperatur des Leiters zu. Wenn nun an einer Stelle, wo sich die Stäbe besser berühren, ein verhältnismäßig größerer Stromteil durchgegangen ist, als durch andre Stellen mit weniger guter Berührung, so ist diese Stelle heißer geworden als die andern Stellen, ihr Widerstand hat sich deswegen gegen denjenigen der andern Stellen vermehrt, der Strom geht jetzt stärker durch diese und erhitzt sie mehr. Durch dieses Verhalten verteilt sich also die Wärmeentwicklung im Verlauf der Schweißung gleichmäßig über die ganze Berührungsfläche und bewirkt darum auch eine gleichmäßige Schweißung. Es liegt also hier eine eigenartige selbstthätige Regulierung der Stromwirkung vor, welche den Leser an das früher beschriebene Verfahren für den Ausgleich des Widerstandes der Glühlampen erinnern wird.

Während der Schweißung hat der Arbeiter die Schweißstelle unmittelbar und gut beleuchtet vor sich, kann also Fortgang und Beendigung des Prozesses verfolgen, da er durch die entwickelte Hitze nicht gestört wird.

Der Kraftaufwand bei dieser Schweißung ist allerdings ein sehr großer; für die

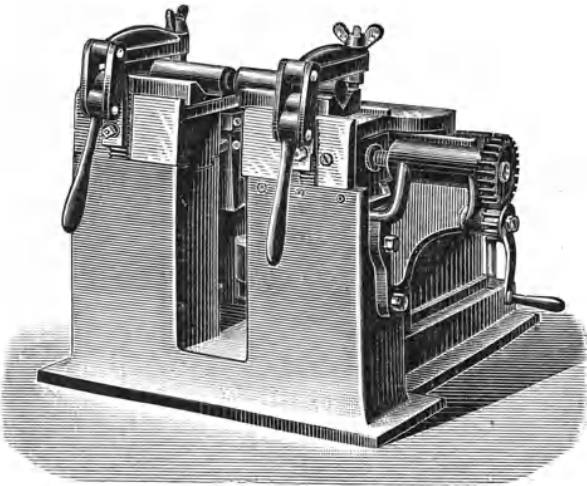


Fig. 320. Schweißapparat für stärkere Stücke.

in unserm Beispiel genannten zwölf Millimeter dicken Eisenstäbe ist ein Aufwand von zehn Pferdekraften notwendig, aber nur für zehn Sekunden, innerhalb welcher die Verbindung erreicht wird. Rechnen wir fünfzig Sekunden für Ein- und Ausspannen der Stäbe, so kann man mit der Maschine stündlich sechzig Schweißstellen herstellen, womit die mechanische Schweißung weit übertroffen wird, abgesehen von der größeren Sauberkeit, welche das elektrische Verfahren zuläßt.

Die im elektrischen Verfahren erzielten Schweißstellen sollen tadellos und fast von der

Stärke der Stäbe selbst sein. Das wäre nicht unmöglich, da bei dem Verfahren das Material nicht verändert wird, auch die Erhitzung sich nur ganz wenig über die Schweißstelle hinaus ausbreitet. Wir werden allerdings bezüglich der Erfindung noch unsere Meinung zurückhalten müssen, da bis jetzt nur Berichte aus der Fabrik, welche die Patente hält, vorliegen, und in Europa das Verfahren nur in sehr beschränktem Maße als Demonstrationsversuch gezeigt worden ist. In Amerika sollen eine Anzahl Industrien, so z. B. Fahrradfabriken, die Schweißung anwenden, aber es bleibt im Zweifel, ob mit dauerndem Erfolg.

Handelt es sich um die Schweißung stärkerer Stücke, so wird die benötigte Stromstärke zu groß, als daß man sie mit Vorteil aus der Dynamomaschine selbst entnehmen könnte, weil entweder zu viel Energie in der Maschine selbst verloren geht, oder man dieser einen zu geringen Widerstand geben und sie zu groß machen müßte. Man wendet deswegen einen höher gespannten Strom an, den man unmittelbar vor der Schweißvorrichtung durch einen Transformator in Strom von großer Stromstärke umwandelt. Zu diesem Zweck bedient sich Prof. Thomson des in Fig. 320 abgebildeten Apparates, welcher aus einem Transformator und der unmittelbar vor ihm liegenden Einspannvorrichtung besteht. Die letztere gleicht im Prinzip der vorhin beschriebenen, nur sind sämtliche Leitungsteile entsprechend den außerordentlich großen Stromstärken viel dicker gehalten. Die einfache Verbindung der Klemmen mit dem Transformator, dessen sekundäre Wicklung aus einer

einigen dicken, aus Kupferblättern zusammengesetzten Windung besteht, läßt die Fig. 321 erkennen. In einer der größten bisher gebrauchten Vorrichtung, welche auf der letzten Pariser Ausstellung zur Schau gebracht wurde, diente zur Erregung des Transformators eine Wechselstrommaschine, welche bei 200 Volt Spannung 120 Ampère erzeugte. Dieser Strom wurde durch den Transformator in einen solchen von 24 000 Ampère bei 1 Volt Spannung umgewandelt. Mit diesen enormen Strömen konnte man Eisenstangen von 50 Millimeter Durchmesser in einer Minute zusammenschweißen, allerdings mit einem Aufwand von 40 bis 50 Pferdekraften für die Schweißzeit.

Schmelzen mittels des Stromes. Der erste, welcher die Warmewirkung des Stromes für die Schmelzung anzuwenden suchte, war Sir William Siemens, der Bruder unsres Werner von Siemens. Er benutzte hierfür den Flammbogen, den er in einer technisch etwas primitiven Vorrichtung auf Stahlbrocken einwirken ließ.

Sein Apparat bestand aus einem Tiegel, in dessen Boden eine Zuleitung aus Platin oder Kohle eingefügt war. In diesen wurden die Stahlbrocken eingefüllt und kamen dadurch in leitende Berührung mit der Zuleitungselektrode, die mit dem positiven Pol der Dynamomaschine verbunden wurde. Der andre Pol war mit einer Kohlenstange verbunden, die senkrecht über den Brocken hing und dieselben mit der unteren Spitze berührte. Sobald der Strom durch die Vorrichtung ging, wurde die Kohlenstange durch eine selbstthätige Reguliervorrichtung um einige Millimeter gehoben, so daß ein Flammbogen entstand, den die Reguliervorrichtung auch beim Niederschmelzen der Stahlbrocken aufrecht erhielt. Unsrer Fig. 322 wird die Anordnung leicht erkennen lassen.

Dem Vorgange Sir William Siemens' folgend, nahmen dann die Gebrüder Cowles dieses Schmelzverfahren in abgeänderter und vereinfachter Form in Anwendung, und ihnen folgte Héroult, der ein verwandtes Verfahren bei seiner Aluminiumgewinnung anwendete. Wir sparen uns die Beschreibung dieser Methoden für das Kapitel: Elektrometallurgie auf, wohin sie besser paßt.

In neuerer Zeit hat Taussig die elektrische Schmelzung nutzbar zu machen gesucht, um Metalle in der Luftleere zu schmelzen und sie dadurch gegen die Aufnahme und den Angriff des Sauerstoffes zu schützen. Er benutzt nicht den Flammbogen für die Konzentration der Wärme, sondern füllt zwischen die in der Wand des Tiegels eingefügten Elektroden das Schmelzgut in Form von kantigen Stücken. In diesem Falle bietet jede Berührungsstelle zweier Ranten eine Stelle von größerem Widerstande, und es wird sich an dieser Stelle die Wärmekonzentration entwickeln, in welcher genügend Wärme erzeugt wird, um allmählich das Schmelzgut zum Flüssigwerden zu

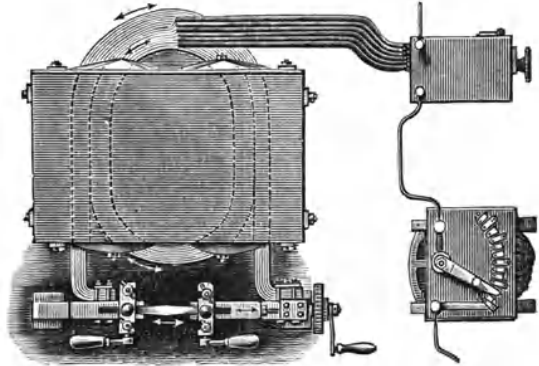


Fig. 321. Der Transformator für die Schweißung.

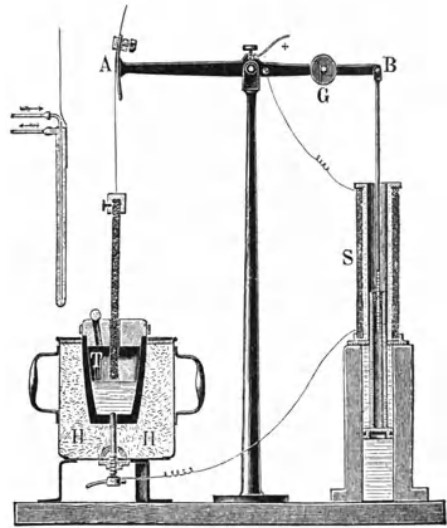


Fig. 322. Elektrischer Schmelzofen von William Siemens.

erhigen. Wie aber wenn ein Teil des Inhaltes im Tiegel bereits niedergeschmolzen ist und als Flüssigkeit die Elektroden verbindet; wird dann nicht dem Strome ein bequemer metallischer Weg von Elektrode zu Elektrode geschaffen, welcher verhältnismäßig wenig Widerstand hat und also die Wärmekonzentration im Tiegel vermindert? Hier hilft nun, was wir schon vorhin erwähnten, die Steigerung des Widerstandes eines Leiters mit steigender Temperatur; die stark erhitzte flüssige Metallmasse hat an Widerstand so bedeutend zugenommen, daß, trotzdem sie einen ununterbrochenen Leiter bildet, doch die Wirkung des Stromes im Tiegel konzentriert und also der größere Teil der von der Dynamomaschine entwickelten Energie im Schmelzraume also Wärme frei wird.

Wir müssen es freilich dahingestellt sein lassen, ob die heutigen Erzeugungskosten der elektrischen Wärme eine derartige Verwendung für die Schmelzung zulassen, und bezweifeln sogar, daß eine solche ökonomische Möglichkeit bei geringwertigen Metallen vorerst gegeben ist; bei wertvollen und Edelmetallen wird man schon eher an ein solches reinliches und verlustfreies Schmelzverfahren denken können, und in der Zukunft wird auch der Tauffische Schmelzofen vielleicht eine allgemeinere Bedeutung gewinnen.

Die elektrischen Motoren und ihre Anwendung.

Die Erzeugung mechanischer aus elektrischer Energie. Die Konstruktion der elektrischen Motoren. Wechselstrommotoren. Wechselstrommotoren mit umlaufendem Magnetsfeld. Die Regulierung der elektrischen Motoren. Die Vorzüge des elektrischen Motors. Anwendung des elektrischen Motors. Der elektrische Betrieb von Fahrzeugen. Elektrische Motoren im Eisenbahnbetrieb. Die elektrische Kraftübertragung.



Die Erzeugung mechanischer aus elektrischer Energie. Wir haben bei den Dynamomaschinen kennen gelernt, wie man mechanische Energie in elektrische und zwar in strömende elektrische Energie verwandelt. Wir können nun aber auch die Energie des elektrischen Stromes in Bewegungsenergie verwandeln und uns hierfür derselben Vorrichtung, welche die erstgenannte Umwandlung bewirkte, der Dynamomaschine bedienen, denn diese ist eine umkehrbare Maschine. Wird ihr Bewegungsenergie zugeführt, so verwandelt sie diese in strömende elektrische Energie; leitet man ihr dagegen Strom zu, so verwandelt sie diesen in mechanische Energie, indem sie in Bewegung kommt und Betriebskraft abgeben kann. Hieraus erhellt ohne weiteres das Prinzip der sogenannten „elektrischen Kraftübertragung“, bei welcher die an einem Orte aufgestellte, durch einen Motor betriebene Dynamomaschine Strom erzeugt, der auf einer Leitung einer andern Dynamomaschine zugeführt wird und dieselbe in Bewegung setzt, so daß die anfänglich aufgewendete mechanische Betriebskraft an einem entfernten Orte wieder als solche erscheint.

Die den Strom erzeugende Dynamomaschine bezeichnet man als die primäre, die den Strom aufnehmende als die sekundäre Maschine, oder, da sie als Motor als Erzeugerin von mechanischer Energie wirkt, als elektrischen Motor. Für die letztere Bezeichnung ist auch die Benennung: Elektromotor in Gebrauch; da aber dieser Ausdruck mit seiner Bedeutung schlecht zu dem Worte „elektromotorisch“ (vgl. elektromotorische Kraft S. 15) paßt, so ziehen wir es vor, „elektrischer Motor“ zu sagen.

Obwohl es nun eine ganze Reihe von mechanischen Wirkungen des Stromes gibt, so kommt für die technische Verwendung nur eine derselben in Frage, und wir dürfen deswegen die übrigen als außerhalb des Rahmens unsrer Darstellung liegend übergehen, um uns dafür etwas eingehender mit der für uns wichtigen zu beschäftigen. Bei dieser findet die Umwandlung des elektrischen in mechanischen wie bei ihrer Umkehrung, welche die Dynamomaschine zeigte, unter Zuhilfenahme des Elektromagnetismus statt, so daß also die Verwandlung keine unmittelbare ist, sondern in die Umwandlungsreihe das Glied Magnetismus eingeschoben erscheint. Daß sich die magnetische Energie leicht in mechanische verwandelt, ist uns schon aus unsrer Jugend bekannt, wo wir uns über die

Anziehung der Stahlfedern durch unsern Magneten freuten. Da nun der um einen Eisenstab geleitete Strom denselben magnetisch macht, so können wir diesen Elektromagneten ein Eisenstück anziehen lassen, also eine Bewegung des letzteren erzeugen. Damit würden

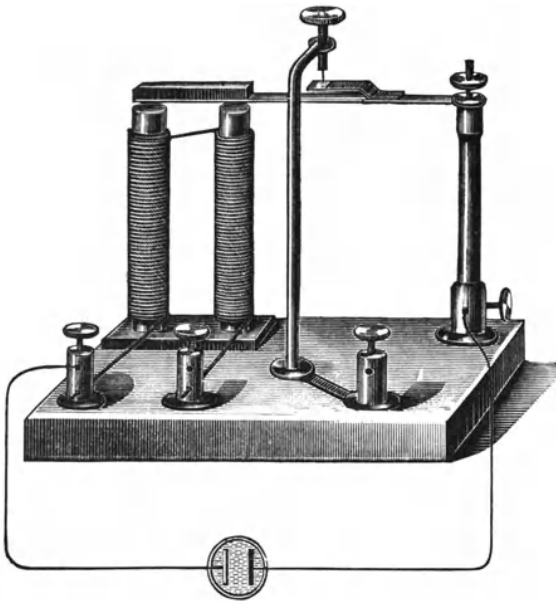


Fig. 323. Selbstunterbrechungsvorrichtung; Wagnerscher Hammer.

wir aber nur eine kurze Bewegung erzielen, welche ihr Ende fände, sobald der Anker sich an die Pole des Magneten angelegt hätte. Um ein dauerndes Bewegungsspiel hervorzubringen, müßten wir nach der Berührung des Ankers und der Pole den Strom unterbrechen, so daß der Anker abfiel, dann wieder schließen, damit der Anker eine neue Bewegung erhält, und so fort durch Öffnen und Schließen des Stromes den Anker in andauernder Bewegung halten. Dieses Öffnen und Schließen können wir dem Strom selbst übertragen und erhalten damit den einfachsten elektrischen Motor, dessen Verwendung für Bewegungszwecke allerdings viel zu wünschen übrig läßt. Zu diesem Ende leiten wir den Strom zunächst in den Anker und lassen ihn von hier aus durch eine den Anker berührende Kontaktspitze nach

dem Elektromagneten gehen, von welchem er zum Stromerzeuger zurückfließt (Fig. 323). Sobald nun der vom Strom erregte Magnet den Anker anzieht, wird die leitende Verbindung zwischen Anker und Kontaktspitze und damit der Strom unterbrochen; der eben angezogene Anker wird vom Magneten also wieder losgelassen und schnell durch die Kraft

der mit ihm verbundenen Feder in seine alte Lage zurück, kommt also wieder in Berührung mit der Kontaktspitze, wodurch der Strom wieder geschlossen, der Magnet erregt, der Anker aufs neue angezogen wird, und die Folge dieser Vorgänge ist ein beständiges Vibrieren des Ankers, so lange der Strom geschlossen ist. Diese Vorrichtung wurde zuerst von Wagner angegeben und ist als Wagnerscher Hammer bekannt; früher benutzte man ihn in der Hauptsache, um rasch aufeinander folgende Stromunterbrechungen und -Schließungen zu erzielen. In unsrer Zeit hat aber die Vorrichtung eine Verwendung für motorische Zwecke und als solche die weiteste Verbreitung gefunden, nämlich in der elektrischen Klingel, deren Klöppel in raschen Schlägen durch diese Anordnung

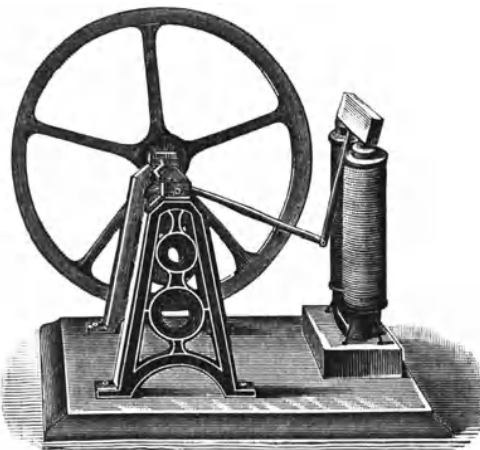


Fig. 324. Elektrischer Motor von Grilés.

bewegt wird. Der Leser wird sich auch erinnern, daß von dieser „Selbstunterbrechung“, wie sie jetzt gemeinhin genannt wird, in manchen Bogenlampenkonstruktionen Gebrauch gemacht worden ist.

Bei der Erzeugung von Bewegung mittels Motoren liegt uns nun aber zumeist

daran, die erzeugte Bewegung nicht als hin- und hergehend, sondern als drehende zu erhalten. Es hat nun allerdings keine Schwierigkeit, eine hin- und hergehende Bewegung in rotatorische zu verwandeln, wie dies der Leser von dem bekanntesten Beispiele, von der Dampfmaschine her weiß. Wir könnten daher an unsern vibrierenden Anker eine Pleuelstange befestigen, welche auf den Krummzapfen einer Welle wirkt und unter Zuhilfenahme eines Schwungrades eine drehende Bewegung hervorbringt. Dies ist auch mehrfach versucht worden und ein Beispiel hierfür ist der in Fig. 324 abgebildete elektrische Motor von Grüel. Bei demselben ist der Anker schief mit einer Kante auf die eben geschliffenen Polflächen des Elektromagneten gesetzt, und dieser sucht den Anker so zu stellen, daß er mit einer ganzen Seitenfläche aufliegt. Diese Wirkung wird auf die Gelenkstange übertragen und bewegt dadurch den Krummzapfen der Welle. Im geeigneten Moment unterbricht der auf der Welle sitzende Unterbrecher den Strom, die Schwingkraft des Rades bringt den Anker wieder in seine schräge Lage, worauf der Unterbrecher den Strom einschaltet und eine neue Anziehung, ein neuer Impuls für das Schwungrad erfolgt.

Wir haben es beim elektrischen Motor aber gar nicht nötig, erst eine hin- und hergehende Bewegung zu erzeugen und diese dann in eine drehende zu verwandeln, können die letztere vielmehr unmittelbar hervorbringen, und gerade diese Möglichkeit bedeutet einen großen Vorzug für den elektrischen Motor, weil sich bei ihm die Stöße und Erschütterungen, wie auch die Verluste, welche bei schwingenden schweren Teilen unvermeidlich sind, vermeiden lassen. Um dies an einem einfachen Beispiele erkennen zu lassen, geben wir einen solchen Rotationsmotor schematisch in Fig. 325 A wieder. Auf einer Welle sind parallel zwei runde Messingscheiben befestigt und durch vier, in gleichen Abständen stehende Eisenstäbe verbunden. Ein Elektromagnet ist derart aufgestellt, daß die Eisenstäbe sich dicht an seinen Polen vorbei bewegen, sobald die Welle mit den Scheiben und Stäben sich dreht. Durch eine mit der Welle verbundene Unterbrechungsrichtung, die in Fig. 325 B skizziert ist, wird bewirkt, daß der Elektromagnet mit dem Stromerzeuger verbunden ist, solange sich einer der Eisenstäbe innerhalb des Achtels der Kreisdrehung, welches von den Polen aufwärts liegt, befindet, daß aber in dem Momente, in welchem ein Eisenstab den Polen gegenüber steht, die Stromwirkung und damit auch die magnetische aufhört, bis der eben noch angezogene Stab um ein weiteres Achtel Drehung weiter gegangen und ein nachfolgender Stab in das Achtel, welches der Erregung des Magneten entspricht, eingetreten ist. Es ist nun leicht zu erkennen, wie sich das Spiel gestalten wird. Im Beginn liegt ein Eisenstab gerade beim Eintritt in das Achtel vor dem Elektromagneten; der Strom ist geschlossen, der Magnet zieht den vor seinen Polen liegenden Eisenstab an und dreht also die Trommel und die Welle. Sobald nun der angezogene Eisenstab den Polen gegenüber zu stehen gekommen ist, wird der Strom unterbrochen. Da sich die Trommel jetzt unbeeinflusst bewegt, so dreht sie sich mit der erlangten lebendigen Kraft weiter und bald gelangt der nachfolgende Stab in die Stellung, bei welcher er von dem durch neuen Stromschluß erregten Magneten angezogen wird. In dieser Weise erhält jeder sich den Magnetpolen nähernde Eisenstab einen Impuls, und die Trommel wird dadurch rasch umgetrieben. Die Leistung dieses Apparates können wir erhöhen, wenn wir statt eines anziehenden Elektromagneten deren vier verwenden, so daß die Anziehung gleichzeitig auf die vier Stäbe wirkt. Aber auch dann behält unsre Vorrichtung noch einen Mangel; die Anziehung wird nur auf vier Achteln der Drehung wirksam, während der andern vier muß sie aufhören, um die Stäbe an den Polen vorbei und in die Wirkungssphäre der nächstliegenden Elektromagnete zu

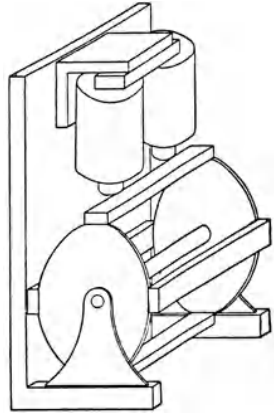


Fig. 325 A. Schema eines elektrischen Rotationsmotors.

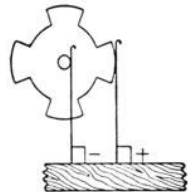


Fig. 325 B. Der Stromschalter des Rotationsmotors.

bringen. Während der halben Umdrehungszeit wird also keine Kraftleistung vom Strome ausgeübt.

Diesen Mangel können wir aber beseitigen, indem wir statt der einfachen Eisenstäbe Elektromagnete anwenden, und wir wollen an einem einfachen Schema zeigen, wie sich bei einer solchen Einrichtung ein andauernder Antrieb der Welle ergibt. Unsere Fig. 326 zeigt unsern oben beschriebenen Apparat von der Seite gesehen; derselbe ist insoweit abgeändert, als statt des einen anziehenden Magnetes deren vier aufgestellt sind, daß die vier Eisenstäbe, was im Bilde nicht zum Ausdruck kommt, mit Drahtwickelungen bedeckt und dadurch zu Elektromagneten geworden sind, und daß endlich ein Kommutator auf die Welle gesetzt ist, welcher nach jedem Viertel Umfange der Welle und jedesmal in dem Augenblicke, in welchem die vier geraden Elektromagnete der Trommel den festen Elektromagneten gegenüberstehen, den Strom in den bewegten Elektromagneten wendet. Die vier festen Elektromagnete haben wechselnde Polage; da wir also im Bilde nur den einen Pol jedes Magneten sehen, so sind die zur rechten und linken Seite der Scheibe stehenden Pole Nordpole, der obere und untere Südpole. In gleicher Weise liegen auch die bewegten Magnete mit wechselnder Polage in der Trommel. Die Polschuhe der festen

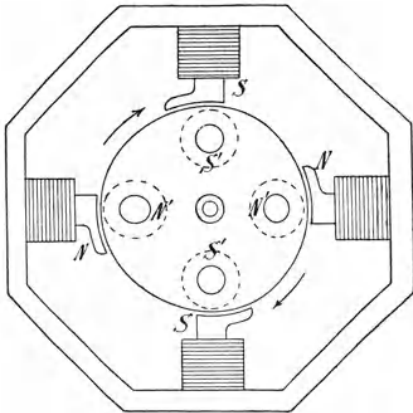


Fig. 326. Rotationsmotor mit dauerndem Antrieb.

Magnete sind nicht symmetrisch gestaltet, sondern wir sehen sie sich nach einer Seite hin strecken, und werden den Grund hierfür sofort erläutern. Gesezt die bewegten Magnete lägen in einem Momente in der Stellung, welche die Figur zeigt. Wir sehen, daß jedem Pol der festen Magneten ein gleicher Pol der bewegten gegenübersteht. Infolgedessen wird jeder feste Magnet den vorliegenden Magnet der Trommel abstoßen und den nächstgelegenen mit ungleichen Polen anziehen. Es liegen aber zwei solcher Magnete zunächst, und die Trommel könnte also nicht in Bewegung kommen, weil der Antrieb nach jeder Seite hin gleich ist. Durch den Vorsprung am Polschuh des Magneten wird aber jeder feste Pol den im Sinne der Uhrzeigerbewegung nächsten schwächer anziehen als den andern, und dieser nähert sich ihm, während sich der gleiche diametral gegenüberliegende entfernt. Damit ist das Gleichgewicht der Anziehung aufgehoben und die Trommel dreht sich im Sinne des Uhrzeigers, wobei zu der Wirkung der Anziehung der befreundeten Pole auch noch die Abstoßung der festen Pole und derjenigen, welche im Anfang der Bewegung vor ihnen lagen, kommt. Sobald nun aber eine Viertelumdrehung bewirkt ist und jetzt die ungleichen Pole voreinander liegen, wendet der Kommutator den Strom in den bewegten Magneten, und es stehen sich wieder gleiche Pole gegenüber wie zu Anfang der Bewegung. Infolgedessen streben die bewegten Magneten einer neuen Lage zu und drehen sich weiter, immer im gleichen Sinne, ohne zur Ruhe zu kommen, da der Polwechsel sie alsbald wieder weiter treibt, sobald sie die anziehenden Pole erreicht haben.

Hier sehen wir die Wirkung des Stromes ununterbrochen fortgehen, und damit haben wir uns schon dem heutigen elektrischen Motor genähert. Der erste, der die beiden Systeme Elektromagnete und den Polwechsel in dem einen System anwendete, war Jacobi, der im November 1834 eine solche Maschine konstruierte, welche wir in Fig. 327 abbilden. Mit einem derartigen elektrischen Motor betrieb er 1838 ein Boot auf der Newa, wozu allerdings eine Batterie von 320 Zinkkupferelementen, später eine solche von 64 Grove-Elementen benötigt wurde.

Jacobis Konstruktion war im Prinzip eine der besten der Zeit der Vorläufer, und die vielen andern Anordnungen, welche nach ihm erfunden wurden, sind bei weitem nicht so interessant, wie dieser russische Urahn des Geschlechtes der elektrischen Motoren. Die

Magnete sind nicht symmetrisch gestaltet, sondern wir sehen sie sich nach einer Seite hin strecken, und werden den Grund hierfür sofort erläutern. Gesezt die bewegten Magnete lägen in einem Momente in der Stellung, welche die Figur zeigt. Wir sehen, daß jedem Pol der festen Magneten ein gleicher Pol der bewegten gegenübersteht. Infolgedessen wird jeder feste Magnet den vorliegenden Magnet der Trommel abstoßen und den nächstgelegenen mit ungleichen Polen anziehen. Es liegen aber zwei solcher Magnete zunächst, und die Trommel könnte also nicht in Bewegung kommen, weil der Antrieb nach jeder Seite hin gleich ist. Durch den Vorsprung am Polschuh des Magneten wird aber jeder feste Pol den im Sinne der Uhrzeigerbewegung nächsten schwächer anziehen als den andern, und dieser nähert sich ihm, während sich der gleiche diametral

magnetische Anordnung des Jacobischen Motors, durch welche die Ausnutzung des magnetischen Feldes bedingt wird, ist sehr viel besser als bei seinen Nachfolgern, wie Page, Stöhrer und andern. Auf Grund unsrer heutigen Erfahrungen wären wir im Stande, einen elektrischen Motor nach dem Typus Jacobi zu bauen, der ganz befriedigende Leistungen aufweisen würde, und im Grunde genommen, sind unsre modernen Wechselstrommotoren verbesserte Jacobische. Wir haben zwar unserm großen Landsmann, dessen Erfindungsgeiste sowohl der elektrische Motor wie die Galvanotechnik entsprungen sind, nicht seinen Ruhm zu sichern, denn der steht fest genug, aber es schadet auch nicht, daß wir darauf hinweisen, daß er schon gleich bei Beginn der elektrischen Kraftübertragung sehr gesunde Konstruktionsprinzipien zur Geltung brachte.

Kommen wir nun zu unsern heutigen elektrischen Motoren, so finden wir in ihnen die Dynamomaschine in allen ihren Typen wieder, denn der elektrische Motor ist mit der Dynamo im Prinzip vollständig identisch, weil die Dynamomaschine eine umkehrbare Maschine ist. Es ist leicht, dies an den Stromlauf- und Magnetisierungsverhältnissen in einer Maschine mit Grammering nachzuweisen.

Leitet man in einen Grammeschen Ring (Fig. 328) den Strom an einer Stelle der Bewickelung ein und an der diametral gegenüberliegenden aus, so teilt sich der Strom in zwei Zweige, von denen der eine über die eine, der andre über die andre Ringhälfte gehen wird. Da er hierbei das Eisen des Ringes umkreist, so müssen die beiden Hälften zu Magneten werden. Nun ist leicht ersichtlich, daß beide Ringhälften in gleichem Sinne polarisiert werden, und um dies zu erkennen, denke sich der

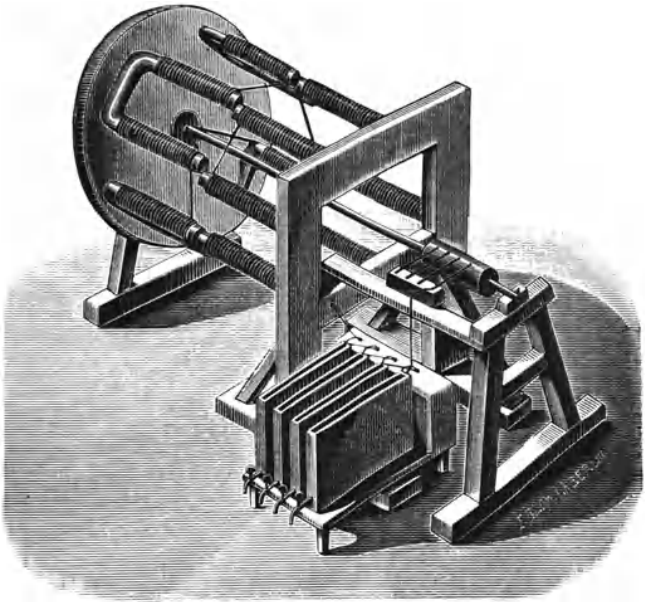


Fig. 327. Jacobis elektrischer Motor.

Leser die beiden Hälften auseinander geschnitten, ohne daß aber an der Bewickelung etwas geändert wird; Fig. 329 zeigt dies. Wir sehen hier, daß der Strom die beiden Eisenkerne im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers umkreist, also beide linken Enden Nordpole werden, ebenso beide rechten Südpole. Demnach wird auch jede Stelle, an welcher die beiden Ringhälften zusammenstoßen, ein magnetischer Pol werden, weil hier zwei gleiche Pole zusammentreffen. Wir kommen also zu dem Schluß, daß in einem Grammeschen Ringe Pole entstehen, wenn man ihm an zwei verschiedenen, für unsern Fall diametral gegenüberliegenden Stellen Strom zuführt, und diese Pole an der Ein- und Austrittsstelle des Stromes liegen werden.

Setzen wir nun rechts und links von der die Pole verbindenden Linie feste Magnetpole an den Ring, so wird der Nordpol vom unten liegenden festen Nordpol abgestoßen, vom Südpol angezogen, er bewegt sich also unter Drehung des Ringes im Sinne des Uhrzeigers, und da beim Südpol eine analoge Wirkung zustandekommt, so dreht sich der Ring unter Einfluß der magnetisierenden Wirkung des Stromes.

Durch das Vorrücken des Ringes gelangen aber die Verbindungsstellen der nächsten Spulen an die Stromzuführung, und die Pole des Ringes entstehen an einer neuen Stelle, aber stets dort, wo die Stromzuführungen die Windungen berühren. Die Pole bleiben

also fest stehen, während der Ring sich unter Einwirkung der Anziehung und Abstoßung der Pole dreht.

Der Leser erkennt nun sofort, daß diese Anordnung, welche uns die Verwandlung der Stromenergie in motorische ermöglicht, die gleiche mit derjenigen der Dynamomaschine ist. Wir erkennen daher auch, daß die Dynamomaschine eine umkehrbare Maschine ist, bei welcher wir nach Belieben motorische Kraft einleiten und Strom ausleiten oder den letzteren zuführen und motorische Kraft gewinnen können.

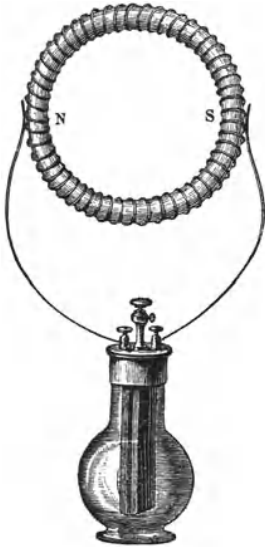


Fig. 328. Die Pole des Grammeschen Ringes bei zugeleitetem Strom.

Hieraus erhellt noch ein anderer wichtiger Punkt. Lassen wir eine Dynamomaschine als Motor laufen, so bewegt sich ihr Anker, sie läuft also auch als Dynamomaschine. Läuft aber eine Dynamomaschine, so entsteht in ihrem Anker eine elektromotorische Kraft. Jetzt fragt es sich, ob diese elektromotorische Kraft im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne mit der des zugeführten Stromes arbeitet. Wäre das erstere der Fall, so würde die als Motor laufende Dynamomaschine Stromenergie erzeugen, diese flösse, da sie mit dem zugeführten Strom in gleicher Richtung geht, zu der Stromerzeugenden Dynamomaschine, triebe diese also als Motor an, und insofern würde hier wieder eine Mehrerzeugung von Stromenergie stattfinden, so daß also die beiden miteinander verbundenen Maschinen ihre Stromerzeugung in gegenseitiger Unterstützung immer mehr steigerten, ohne daß eine äußere Zufuhr von mechanischer Energie notwendig wäre. Wir hätten also ein Perpetuum mobile und mehr als dies, eine Maschine vor uns, die endlos aus nichts Energie erzeugen könnte. Dies widerspricht den physikalischen Grundgesetzen, also kann die in dem Motor durch Bewegung seines Ankers erzeugte elektromotorische Kraft mit der des zugeführten Stromes nicht gleich gerichtet sein, sondern sie muß entgegen gerichtet sein.

Sie muß aber kleiner als die letztere sein. Denn Stromerzeugende Dynamo und bewegter Motor stellen zwei einander entgegengesetzte Elemente vor (s. Fig. 33 B). Wäre nun das Element Dynamo schwächer in seiner elektromotorischen Kraft als das Element Motor, so schickte dieses letztere Energie zur Dynamo: da aber der Motor keine äußere Energiezufuhr erhält, so kann er keinen Strom erzeugen, sondern muß solchen verbrauchen. Darum kann auch seine gegen elektromotorische Kraft derjenigen der Dynamo nicht gleich



Fig. 329. Der Grammesche Ring als Doppelmagnet.

sein, denn dann könnte kein Strom entstehen, der Motor also auch keine Energie zugeführt erhalten. Die gegen elektromotorische Kraft ist also kleiner als die elektromotorische Kraft der Dynamomaschine, und da von dieser außerdem noch auf der Leitung Spannung verloren geht, ist die elektromotorische Kraft des Motors kleiner als die an seinen Klappen bestehende Spannung. Momentane Ausnahmen können natürlich vorkommen, wenn die elektromotorische Kraft der Dynamo plötzlich sinkt, der Motor sich aber durch die Schwungkraft seines Ankers einige Augenblicke noch bewegen kann, und nun tatsächlich aus der Energie, die noch im bewegten Anker steckt, Strom erzeugen kann.

Der gegen elektromotorischen Kraft des Motors entspricht eine gleichartige Gegenkraft in der Dynamomaschine. Da der Strom in ihr gerade so kreist, wie in einem Motor, so muß sie auch als letzterer laufen, wenn sie Strom erzeugt. Die von ihr als Motor erzeugte mechanische Kraft kann aber nicht im gleichen Sinne gerichtet sein, wie diejenige, welche sie von der Dampfmaschine erhält, sonst würde sie die letztere vermehren; sie ist ihr also entgegengerichtet, und zieht am Riemen in entgegengesetzter Richtung wie die Dampfmaschine.

Dieser Gegenzug der Dynamomaschine multipliziert mit der Riemeneschwindigkeit wird nun die von der Dynamo zur Erzeugung elektrischer Ströme aufgewendete Arbeit darstellen. In gleicher Weise bestimmt auch die vom elektrischen Motor erzeugte gegen-
elektromotorische Kraft multipliziert mit der Stromstärke die von ihm zur Erzeugung von motorischer Kraft aufgewendete Stromenergie; was ihm mehr zugeführt wird, geht in dem Widerstande seiner Leitungen verloren und erscheint als Wärme. Ebenso wird bei der Dynamo die von der Dampfmaschine mehr aufgewendete Arbeit durch die Reibung in den Lagern u. s. w. verloren gehen.

Die Konstruktion der elektrischen Motoren. In elektrischer Beziehung unterscheiden sich die elektrischen Motoren nur in Nebendingen von den Dynamomaschinen, dagegen weisen sie in ihrer mechanischen Anordnung Abweichungen von den Dynamos auf, welche sich aus ihrem Zweck erklären lassen. Anfangs benutzte man vorhandene Dynamomaschinen auch für motorische Zwecke, bis sich allmählich besondere Motorentypen entwickelten, die sich übrigens zum größten Teil an die vorhandenen Dynamotypen anschließen. Bei dieser Ausbildung des elektrischen Motors in konstruktiver Hinsicht haben die Amerikaner Bedeutendes geleistet, und in den letzten zehn Jahren haben sie auf diesem Gebiete die Führung gehabt; Hand in Hand damit ist die Anwendung des elektrischen Motors in Amerika gegangen, und während bei uns verhältnismäßig erst noch wenige solcher Motoren in Verwendung gekommen sind, zählen die in den Vereinigten Staaten aufgestellten Maschinen schon nach vielen tausenden.

Die Zahl der Konstruktionen solcher Motoren geht bereits in die hunderte, und bei diesem Reichthum werden wir uns darauf beschränken müssen, aus der Fülle der Formen einige charakteristische auszuwählen, um sie unsern Lesern zu beschreiben.

Wir beginnen mit einigen kleineren Motoren, die etwa zum Betriebe einer Nähmaschine genügen, im übrigen aber mehr den Charakter eines Spielzeuges haben, da ihre Leitungen in keinem Verhältnis zum Aufwande stehen. Am bekanntesten ist von denselben der vor etwa zehn Jahren häufiger genannte Griscom-Motor geworden, der in Fig. 330 abgebildet ist. Derselbe besteht aus einer Eisenröhre, welche durch Bewickelung zu einem Doppelektromagneten wird. Die beiden Pole liegen an den beiden von der Bewickelung freigelassenen Stellen der Röhre; Ansätze an diesen Stellen tragen zwei runde Stirnplatten aus Messing, welche als Lager für die Welle des Ankers dienen. Dieser letztere ist ein Doppel-T-Anker. Ein Kommutator, der auf der Welle sitzt, besorgt im geeigneten Moment den Stromwechsel.

Ein ähnliches Motorchen ist in Fig. 331 abgebildet. Hier besteht der Feldmagnet aus einem kranzförmigen Eisengestell, das durch die vier Spulen vierpolig wird. Der

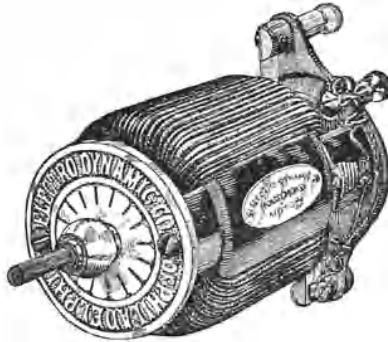


Fig. 330.
Griscom-Motor.



Fig. 331.
Kleiner amerikanischer Motor.

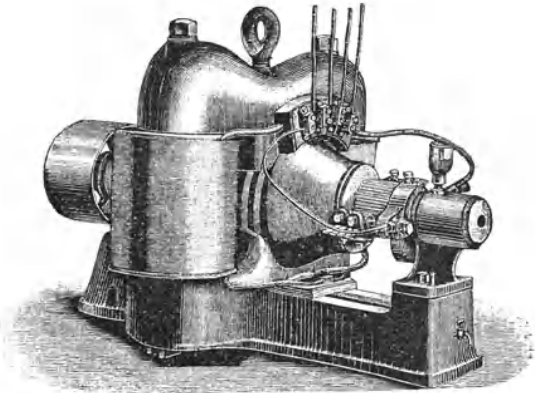


Fig. 332. Sprague-Motor.

Anker besteht aus vier speichenförmig gestellten Magneten, deren Pole abwechselnd liegen. Ein Kommutator besorgt den Stromwechsel, und dadurch wird der Anker, wie dies beim Jacobischen Motor erläutert, in dauernde Drehung gebracht.

Solcher kleiner elektrischer Motoren mit Kommutation ist eine große Anzahl in den verschiedensten Formen aufgetaucht: wir dürfen sie aber übergehen, weil sie eine praktische Bedeutung nicht erlangt haben. Für größere Maschinen ist eine solche Konstruktion nicht tauglich, weil bei ihnen die Verluste zu groß sind. Dies liegt teils daran, daß die Ausnutzung des magnetischen Feldes mangelhaft ist und ein großer Teil der erzeugten Kraftlinien nicht durch den Anker geht, teils aber auch — und dies ist ihr Hauptübelstand —

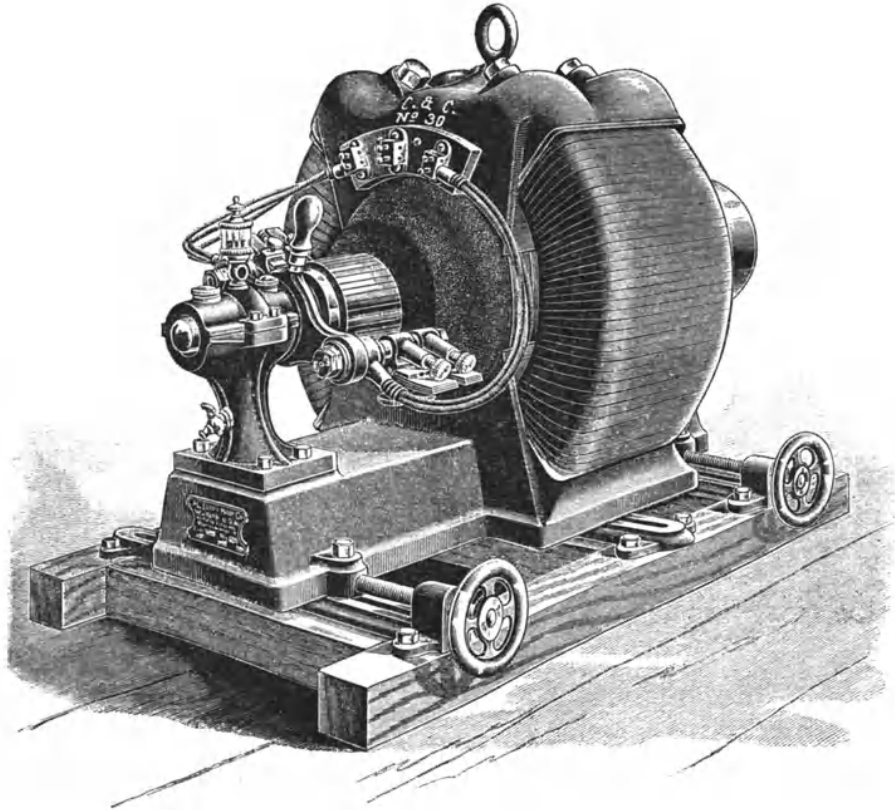


Fig. 333. Motor der „C. & C. Co.“ in New York.

in der Verwendung massiver Eisenkerne im Anker. Wir haben schon bei den Dynamomaschinen gesehen, daß in massiven Eisenkernen beim Wechsel der Richtung der durch sie hindurchgehenden Kraftlinien Ströme erzeugt werden, welche den Eisenkern erhitzen, und da sie für die Stromerzeugung verloren gehen, einen Verlust an Energie bedeuten. Was für die Dynamomaschine gilt, hat auch für den elektrischen Motor Geltung, und so ist es notwendig, bei der Konstruktion solcher Motoren die Regeln zu beachten, welche für den Bau der Dynamos gewonnen worden sind. Man wird daher auch für solche Motoren statt der speichenförmigen Anker ring- bzw. trommelförmige anwenden, in denen die Pole nicht plötzlich wechseln, sondern sich im Kreise weiterbewegen und dabei immer in der Nähe der Pole der Feldmagnete liegen bleiben, so daß eine möglichst große Anziehung zwischen Anker- und Feldmagnetpol erhalten bleibt. Für diese umlaufende Verschiebung der Pole in ring- und trommelförmigen Ankern bietet sich der Grammesche Kollektor als geeignetste Vorrichtung dar, und so sehen wir auch die überwiegende Anzahl der Gleich-

strommotoren nach diesen Prinzipien konstruiert. Daß man übrigens auch die Kommutation benutzen kann, zeigt der Brush-Motor, der in seinem Äußern und in seiner Konstruktion identisch mit der in Fig. 77 abgebildeten Brush-Maschine ist. Die maschinellen Vorzüge dieser Maschine haben auch bei ihrer Verwendung als Motor Geltung, und namentlich ist es ihre Befähigung, hochgespannte Ströme aufzunehmen (wie zu erzeugen), welche den Brush-Motor vielfach in Fällen hat anwenden lassen, wo man wegen Weiterleitung solche Ströme hat gebrauchen wollen.

Im weiteren werden wir uns nur mit denjenigen Gleichstrommotoren zu beschäftigen haben, welche nach dem Pacinotti-Gramme-Prinzip konstruiert sind; wir können deshalb, was die einzelnen Teile angeht, auf das bei den Dynamomaschinen Gesagte verweisen und uns auf die für die Zwecke des Motors in Frage kommenden Besonderheiten beschränken.

In dem wir in der Beschreibung der amerikanischen Typen fortfahren, geben wir zunächst eine Abbildung des Sprague-Motors, der wegen seiner guten Eigenschaften eine große Verbreitung in den Vereinigten Staaten gefunden hat. Frank Sprague hat sich als einer der ersten und erfolgreichsten Elektrotechniker eingehend mit der Konstruktion und der Verwendung der elektrischen Motoren beschäftigt und zahlreiche gute Konstruktionen geschaffen. Für stehende Motoren hat er den sehr zweckmäßigen Manchester-Typus (Fig. 332) gewählt, dessen niedrige und standfeste Anordnung ihn für motorische Zwecke empfiehlt.

Neben Sprague, dessen Gesellschaft jetzt von der „General Electric Co. (vormals Edison Co.)“ aufgenommen ist, hat die „C. & C. Electric Motor Co.“ in New York — die Gesellschaft firmiert mit diesen abgekürzten zwei C — gute Motortypen geschaffen, welche in Amerika vielfach angewendet werden. Die älteren und kleineren Typen der Gesellschaft übergehend, geben wir hier die Beschreibung ihres neuen

großen Motors, der in Fig. 333 abgebildet ist. Im Grunde genommen haben wir bei diesem Motor ebenfalls den Manchester-Typus vor uns, nur sind die beiden Magnetschenkel zum Kreise zusammengebogen, was mehr für das Auge als von Nutzen ist und die Wickelung der Magnete erschwert. Der Anker ist ein Trommelanker wie bei Sprague. Bei den kleineren Typen sind einige Glühlampen als Anlaufwiderstand aufgesetzt, wie ein solcher bei allen elektrischen Motoren angewendet werden muß. Solange nämlich der Motor noch nicht in Bewegung ist oder seine volle Umlaufgeschwindigkeit erreicht hat, wird seine gegen-elektromotorische Kraft auch nicht die verlangte Größe haben. Nun wird die Stromstärke in einem elektrischen Motor bestimmt durch die Klemmenspannung abzüglich der gegen-elektromotorischen Kraft, diese Differenz dividiert durch den Widerstand des Motors; solange nun die gegen-elektromotorische Kraft noch klein ist, wird die Stromstärke im Motor groß, und da der Motor für das Maß Stromstärke konstruiert ist, welches der vollen gegen-elektromotorischen Kraft entspricht, zu groß sein. Der Motor muß also mit verminderter Klemmenspannung angelassen werden, was dadurch bewirkt wird, daß man in die Leitung einen Widerstand einschaltet, den Anlaufwiderstand, den man mit steigender Geschwindigkeit des Motors vermindert und schließlich ganz ausschaltet.

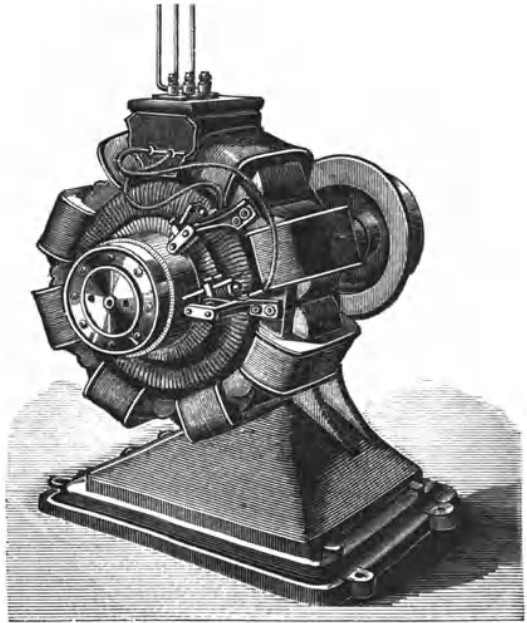


Fig. 334. Kleinerer Motor von Bagier.

Für kleinere Leistungen hat W. Baxter den in Fig. 334 abgebildeten Motor konstruiert, dessen achtpoliger Feldmagnet kranzförmig gestaltet ist und auf einem eisernen Fuß sitzt. Die Welle des Ankers, eines Gramme-Ringes, hat nur ein, aber sehr langes Lager,

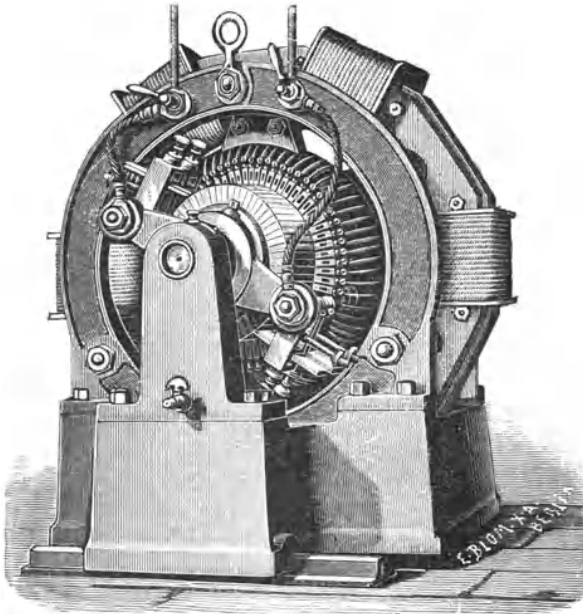


Fig. 335. Langsamlaufender Motor von Nifer.

das sich in dem Fuß befindet. Der Kollektor ragt frei hervor und die Bürsten sind isoliert am Feldmagneteisen befestigt. Der Zweck, den Baxter, der übrigens schon eine Anzahl guter Konstruktionen elektrischer Motoren geliefert hat, mit dieser Anordnung verfolgt, ist die erleichterte Herausnahme des Ankers, welcher nach Entfernung der Riemenscheibe mit seiner Welle aus dem Lager gezogen werden kann. Für größere Leistungen würde sich diese Lagerung nicht empfehlen.

Eine verwandte Anordnung der Magnete zeigt der Motor von Nifer, den Fig. 335 darstellt. Auch hier sind die Feldmagnete zu einem Kranz verbunden. In die aus mehreren Blättern zusammengesetzten Verbindungsstücke der Eisenkerne

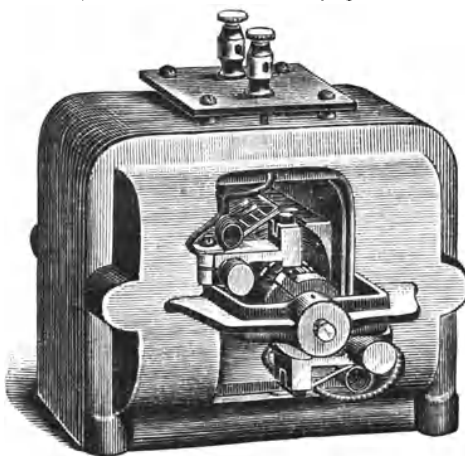


Fig. 336. Kleiner Motor von Forcé Baint.

find die Polschuhe eingesetzt, welche in das Innere des umschlossenen Raumes hineinragen. Der Anker ist ein Gramme-Ring von verhältnismäßig großem Durchmesser. Mit dieser Vergrößerung des Ankers bezweckt Nifer einen langsameren Gang zu geben, und dieser Zweck ist kein unwichtiger. Die elektrischen Motoren bedurften nämlich bei der früheren Konstruktion einer beträchtlichen Umlaufzahl, da sie, wie die gleichgestalteten Dynamomaschinen, nur bei einer solchen die verlangte gegenelektromotorische Kraft erzeugen können. Nun tritt hier das Mißverhältnis auf, das wir ähnlich schon bei den Dynamomaschinen kennen gelernt haben, daß nämlich für die Verwendung der erzeugten Betriebskraft eine geringere Umlaufzahl verlangt und daher nötig wird, Riemenscheiben von erheblichen Unterschieden im Durchmesser zu verwenden. Man berücksichtige, daß die elektrischen Motoren, wie sie vorhin beschrieben wurden, 1000 bis 1200 Umläufe, bei kleinen Motoren sogar bis zu 2000 Umläufe in der Minute und mehr machen müssen, wenn sie einen guten Nugeffekt geben sollen, und daß diese hohe Umlaufzahl mit derjenigen, welche man den Haupttransmissionswellen gibt, nur schlecht zusammenstimmt, daher durch Riemenübertragung bedeutend reduziert werden muß. In dieser hohen Umlaufzahl und den sich daraus ergebenden Schwierigkeiten haben die Gegner der elektrischen Motoren einen Grund gefunden, den sie gegen ihre Verwendung geltend gemacht haben.

find die Polschuhe eingesetzt, welche in das Innere des umschlossenen Raumes hineinragen. Der Anker ist ein Gramme-Ring von verhältnismäßig großem Durchmesser. Mit dieser Vergrößerung des Ankers bezweckt Nifer einen langsameren Gang zu geben, und dieser Zweck ist kein unwichtiger. Die elektrischen Motoren bedurften nämlich bei der früheren Konstruktion einer beträchtlichen Umlaufzahl, da sie, wie die gleichgestalteten Dynamomaschinen, nur bei einer solchen die verlangte gegenelektromotorische Kraft erzeugen können. Nun tritt hier das Mißverhältnis auf, das wir ähnlich schon bei den Dynamomaschinen kennen gelernt haben, daß nämlich für die Verwendung der erzeugten Betriebskraft eine geringere Umlaufzahl verlangt und daher nötig wird, Riemenscheiben von erheblichen Unterschieden im Durchmesser zu verwenden. Man berücksichtige, daß die elektrischen Motoren, wie sie vorhin beschrieben wurden, 1000 bis 1200 Umläufe, bei kleinen Motoren sogar bis zu 2000 Umläufe in der Minute und mehr machen müssen, wenn sie einen guten Nugeffekt geben sollen, und daß diese hohe Umlaufzahl mit derjenigen, welche

Rifer suchte deshalb die Umlaufzahl herabzusetzen, indem er die Konstruktionsprinzipien anwendete, welche man bei dem Bau langsam laufender Dynamos benutzt hat. Daher der größere Durchmesser seines Ankers. Er hat es auch erreicht, die Umlaufzahl auf etwa 500 in der Minute herabzubringen. Deutsche Konstrukteure sind in dieser Beziehung noch erheblich weiter herunter gegangen.

Zum Schluß geben wir von den amerikanischen Typen noch das Bild eines kleinen Motors von Forée Bain wieder (Fig. 336), der nach dem Lahmeyer-Typus konstruiert

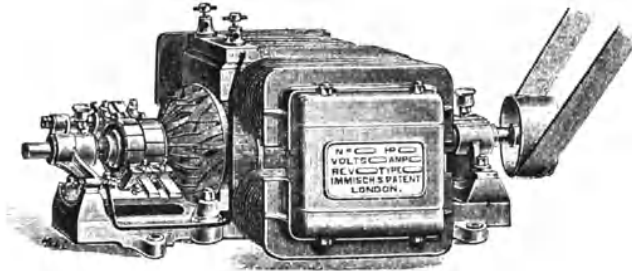


Fig. 337. Gemisch-Motor.

ist. Der Eisenkern der Feldmagnete dieser Motors ist aus einzelnen Blättern zusammengefeßt, welche mittels durchgesteckter Bolzen und an beiden Seiten aufgesetzter Stirnplatten zusammengehalten werden. Die letzteren tragen auch die Stege, in denen die Lager der Ankerwelle liegen. Was uns nun an diesem Motor interessiert und weshalb wir ihn abgebildet haben, sind die Kollektorbürsten, die keine Bürsten, sondern parallelepipedische Platten aus Kohle sind. Dieselben sind in geeigneten Klemmen befestigt und schleifen mit den inneren Enden auf dem Kollektor. Die Amerikaner benutzen diese Zuleitungskörper vielfach bei ihren elektrischen Motoren, weil sie im Betriebe weniger Anlaß zu

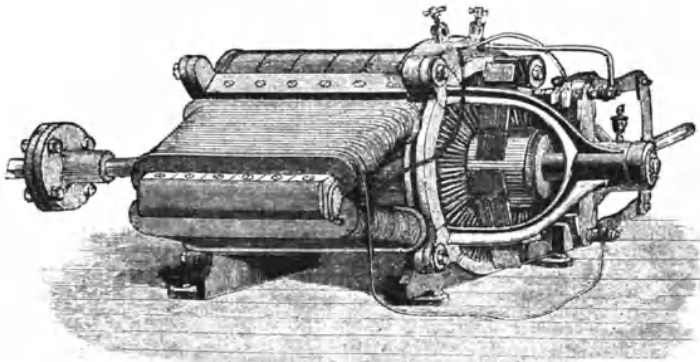


Fig. 338. Redenbaum-Motor.

Anständen geben, wie die Bürsten aus Kupferdraht, sich gut an den Kollektor anschmiegen und leicht nachgestellt werden können, auch den Kollektor durch Schleifen blank erhalten. Unsere deutschen Spezial Elektrotechniker verhalten sich dieser Neuerung gegenüber einigermaßen ablehnend, weil sie fürchten, daß bei ihr der Kollektor zu sehr leidet; die Amerikaner sind aber mit den Kohlenkontakten zufrieden und wenden sie häufig an; möglich daß sie ein geeigneteres Material für diese Vorrichtungen als wir besitzen, obwohl unsere Industrie der elektrischen Kohlen auch das Beste leisten kann.

Wenn wir nun den Ocean überschreiten und zum alten Europa zurückkehren, so finden wir auch bei uns einen recht beträchtlichen Reichtum an Formen, nicht die Fülle, die

Amerika hervorgebracht hat, aber, wenn man nur die guten und bewährten Konstruktionen in Betracht zieht, deren genug und ebenso viele wie bei unsern Fachgenossen jenseit des Großen Teiches.

Wir lassen als höfliche Leute den Engländern den Vortritt, bei denen wir allerdings sofort auf zwei deutsche Namen stoßen, Zimmisch und Neekenzaun.

Der Motor von Zimmisch (Fig. 337) hat liegende Magnete und einen Trommelanker, dessen Wickelung und Kollektor etwas abweichend von den uns früher bekannt gewordenen Formen sind.

Neekenzaun, ein geborner Grazer, hat sich als einer der ersten mit dem elektrischen Betriebe von Fahrzeugen beschäftigt und für diese Zwecke hauptsächlich seine elektrischen Motoren konstruiert. Demzufolge strebt er möglichste Leichtigkeit und Gedrängtheit des Baues an, die bei stehenden Motoren nicht in Frage kommt. Sein Motor ist in Fig. 338 abgebildet. Die Anordnung der Magnete und des Ankers ist wie bei Zimmisch, nur daß die Magnetschenkel nicht parallel, sondern gegeneinander geneigt liegen. Der Anker ist ein Trommelanker.

Von deutschen Konstruktionen besitzen wir bereits eine ganze Anzahl und zum Teil recht gute, die sich im Gebrauch bewährt haben. Als erste Firma, welche bei uns elektrische Motoren baute, haben wir Siemens & Halske zu nennen, welche bekanntlich 1879 die

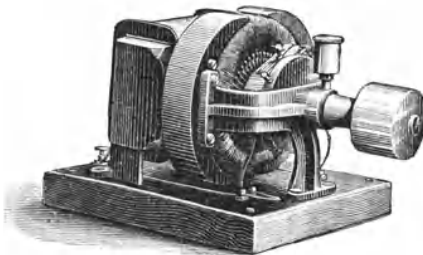


Fig. 339. Kleiner Motor von Siemens & Halske.



Fig. 340. Kleiner Motor der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“.

erste elektrische Bahn ausführten. Als Motor benutzten sie dabei eine ihrer Dynamomaschinen. Für die später von ihr erbauten Bahnen haben sie diese Maschine in zweckmäßiger Weise abgeändert, ohne jedoch einen eignen Typus zu schaffen, außer dem kleinen, beistehend abgebildeten Motor (Fig. 339), welcher für kleine Kraftleistungen berechnet ist. Derselbe besteht aus einem plattenförmigen, horizontal gelagerten Elektromagneten, an dessen Enden sichelförmige Polschuhe sitzen. Diese umschließen einen kreisförmigen Raum, in welchem sich der Anker, ein Grammescher Ring, dreht. Der auf die Polschuhe aufgesetzte Steg und der rückwärtsliegende Elektromagnet dienen für die Lagerung der Welle.

Ebenfalls für kleinere Leistungen ist der in Fig. 340 abgebildete Motor der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ bestimmt, welcher den Typus der Edisonmaschine aufweist. Der Motor hat den Vorteil, daß sein breiter Fuß und die tiefe Lagerung seiner bewegten Teile ihm eine gute Standfestigkeit sichern und seine Aufstellung ohne viele Umstände bewirkt werden kann. Ein anderer Typus der Gesellschaft, der namentlich für größere Leistungen in Anwendung kommt, ist mit der in Fig. 75 abgebildeten Dynamomaschine identisch. Wir werden ihm später in einigen Verwendungen für Hebe- und andre Maschinen wiederfinden.

Sehr rührig für die Verbreitung der elektrischen Motoren in Deutschland sind die „Deutschen Elektrizitätswerke“ in Aachen, deren Motor wir in Fig. 341 abbilden. Der Typus derselben entspricht der Dynamo der Fabrik, welche wir auf S. 63 beschrieben haben. Diese Konstruktion eignet sich wegen ihrer Standfestigkeit und Kompaktheit vortrefflich für elektrische Motoren, welche denn auch bereits eine ansehnliche Verbreitung gefunden haben. Der achteckige Kasten mit dem Handrade, der dem Bau einen vortrefflichen

architektonischen Abschluß gibt, enthält den Anlaufwiderstand, welcher auf diese Weise geschickt an der Maschine selbst angebracht ist.

In der Schweiz hat die Maschinenfabrik „Derlikon“ große Verdienste um die Ausbildung der elektrischen Kraft- und insbesondere der Weitübertragung erworben, Verdienste, deren wir später zu gedenken haben. Bei diesen Arbeiten hat sie auch mehrere gute Konstruktionen von elektrischen Motoren geschaffen, und namentlich, womit sie vorgegangen ist, Motoren für große Leistungen gebaut. Für ihre kleineren Modelle bis zu 100 Pferdekraften verwendet die Fabrik den Manchester-Typus mit Grammeschem Anker, so daß ihr Motor im Äußern dem Sprague-Motor gleicht.

Für größere Leistungen bis 250 Pferdekraften und mehr wendet die Firma einen mehrpoligen Typus an, welchen wir aus Fig. 342 erkennen werden.

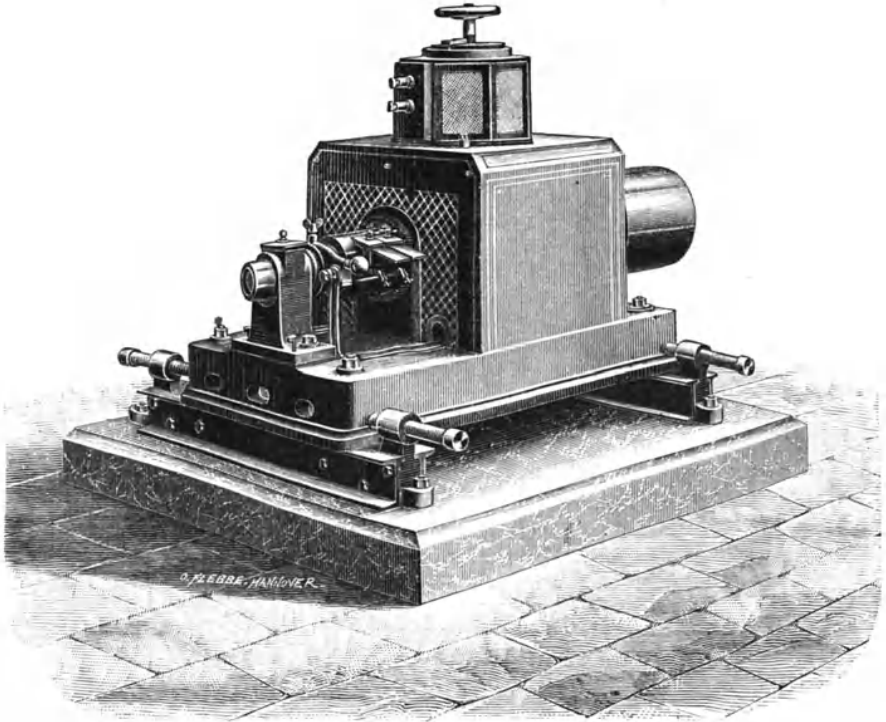


Fig. 341 Motor der „Deutschen Elektrizitätswerke“.

Wechselstrommotoren. Die Umdrehungsrichtung eines elektrischen Motors hängt nicht von der Stromrichtung des ihm zugeführten Stromes ab. Denn wird der Strom gewendet, so wechselt allerdings der Anker seine Pole, aber gleichzeitig auch die Feldmagnete, und Anziehung und Abstoßung bleiben für dieselben Stellen bestehen, für welche sie vorher statthatten. Man kann also ohne weiteres jeden elektrischen Motor auch mit Wechselstrom betreiben, aber was sich ganz erheblich bei der Anwendung des Wechselstromes gegen die des Gleichstromes ändert, ist die Leistung. Dies hat seinen Grund darin, daß in den massiven Eisenternen der Feldmagnete durch den Wechselstrom der umgebenden Spulen Induktionsströme erzeugt werden, welche als verloren betrachtet werden müssen und von der eingeleiteten Stromenergie einen großen Teil fortnehmen. Es kommt hinzu, daß auch zur Erzeugung des Magnetismus Stromenergie verbraucht wird, welche bei den Elektromagneten der Gleichstrommotoren nur einmal und im Anfange aufgewendet werden muß, nach bewirkter Magnetisierung aber im Magnete verbleibt und deren magnetisierende Kraft aufrecht erhält. Beim Wechselstrommotor muß aber der vorhandene Magnetismus

mit eintretendem Stromwechsel vernichtet und ein neuer von entgegengesetzter Richtung erzeugt werden, so daß also bei jedem Stromwechsel ein Teil der Stromenergie für die Magnetisierung verwendet wird. Diese aufgewendete Magnetisierungsarbeit wird den Spulen nicht wieder als Strom zurückgegeben, sondern erscheint als Wärme im Eisenkern, vermehrt also die hier schon durch die Induktionsströme erzeugte Wärme und würde deshalb bald zu einer zerstörenden Temperatursteigerung führen.

Den erstgenannten Verlust, den durch die Induktionsströme im Eisen, können wir nun zwar beträchtlich vermindern, wenn wir den Eisenkern wie denjenigen des Ankers passend zerteilen, und man hat deswegen auch versucht, elektrische Motoren für Wechselströme nach den Modellen der Gleichstrommotoren zu konstruieren, indem man statt des

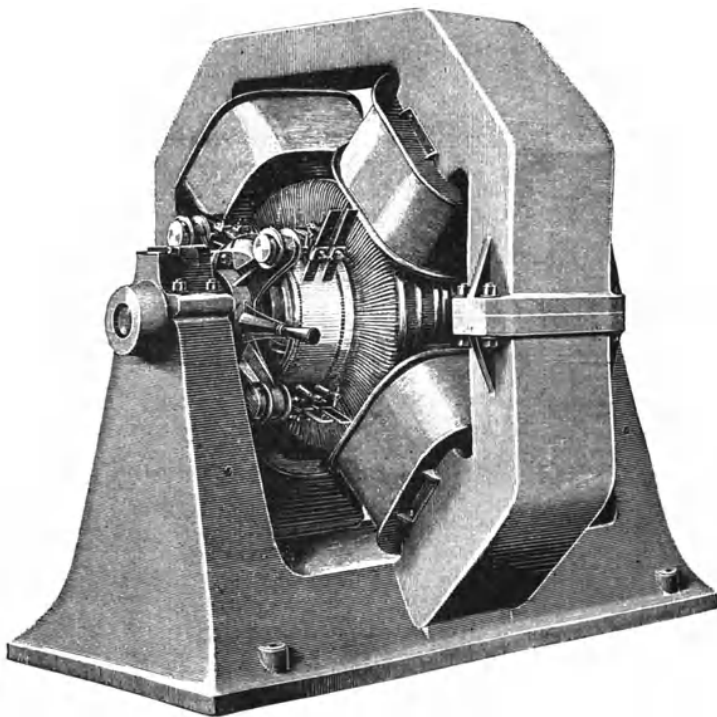


Fig. 342. Großer Derifon-Motor.

massiven Eisenkerns einen aus dünnen, voneinander isolierten Eisenblechen zusammengesetzten verwendete. Aber damit hat man keinen rechten Erfolg erzielt, sondern erst in den synchronen Wechselstrommotoren brauchbare Maschinen erhalten.

Um das Prinzip des synchronen Wechselstrommotors verstehen zu lassen, geben wir vorerst eine kleine schematische Darstellung desselben. In Fig. 343 sehen wir einen achtpoligen, kranzförmigen Elektromagneten, dessen wechselnde Pole nach ihrer augenblicklichen Polarität mit N, S, N bezeichnet sind. Innerhalb desselben dreht sich ein Speichenrad, dessen acht Arme Stahlmagnete sind; wir haben ihre unveränderlichen Pole mit n, s, n bezeichnet. Lassen wir nun durch den Elektromagneten einen Wechselstrom gehen, so werden die N bezeichneten Pole eine Zeitlang Nordpole, dann einen gleichen Zeitteil Südpole, dann wieder Nordpole u. s. w. sein, und ebenfalls werden die Südpole rhythmisch wechseln. Während dieses regelmäßigen Wechsels geben wir unserm Speichenrade einen Anstoß, so daß es umläuft. Befinden sich nun bei dem Eintritt eines Polwechsels die Nordpole des Rades gerade den eben entstehenden Nordpolen des Elektromagneten gegenüber und ebenso die Südpole den Südpolen, so werden die

gleichen Pole abgestoßen, die Bewegung des Rades wird beschleunigt, um so mehr als die nächstliegenden befreundete Polen jede Speiche anziehen.

Sobald das Speichenrad ein Stück fortgeschritten ist, tritt der Polwechsel ein, es wird also jetzt von den Polen, die es vorher anzogen, abgestoßen werden und umgekehrt von den andern angezogen werden. Es wird sich nun darum handeln, wie weit es beim Eintritt des Stromwechsels fortgeschritten war. Hätten die Spitzen der Speichen gerade die vor dem befreundeten Pole erreicht, so stoßen dieselben es jetzt ab, und da es mit seiner lebendigen Kraft noch über die jetzt feindlichen Pole hinauskommen kann, so wirkt die Abstoßung im Sinne der bestehenden Drehungsrichtung und die Speichen werden den nächsten befreundeten Polen zugetrieben, deren Anziehung die Bewegungsgeschwindigkeit des Rades vermehrt. Es läuft also jetzt schneller als vorhin, und die Speichen werden schon vor dem Polwechsel die befreundeten Pole erreicht haben; sie wollen nun mit ihrer lebendigen Kraft über diese hinauschießen, aber hier werden sie durch die Anziehung zurückgehalten und erst, wenn nun der Polwechsel eintritt, freigegeben und abgestoßen. Daraus ist ersichtlich, daß eine allmähliche Verminderung der Drehungsgeschwindigkeit des Speichenrades hervorgebracht wird, bis sich das Rad in einem Tempo dreht, bei welchem jedes Speichenende gerade in dem Moment seinen befreundeten Pol erreicht, in welchem sich dieser in einen feindlichen verwandelt.

Wir sehen also, daß der Lauf des Rades verzögert wird, wenn das Gangmaß seiner Stellungswechsel — Stellung sei hier die Lage der Speichen vor den Polen des Elektromagneten genannt — größer ist, als das der Polwechsel des Elektromagneten. Wir wollen nun aber annehmen, daß es seine neue Stellung noch nicht ganz erreicht habe, wenn der Polwechsel eintritt. Während des ersten Teiles seines Weges eilte es in eine, so mögen wir es nennen, befreundete Stellung, wurde also in seinem Laufe beschleunigt. Im zweiten Teile hat sich die Stellung, der es zustrebte, in eine feindliche verwandelt, und es erfährt eine Verzögerung. Jetzt fragt es sich, welche Wirkung die größere ist, die Beschleunigung oder die Verzögerung, die es auf seinem Wege oder einer Stellung zur andern erfährt. War es schon ziemlich nahe der befreundeten Stellung, als der Polwechsel eintrat, so wird die Beschleunigung die Verzögerung überwiegen, das Ergebnis ist also, daß es mit jedem Stellungswechsel ein, wenn auch vermindertes Maß Beschleunigung erfährt und sein Lauf rascher und rascher wird, bis Stellungs- und Polwechsel zusammenfallen, in welchem Rhythmus es dauernd verbleibt. Hatte das Speichenrad aber erst einen kleineren Weg zur neuen Stellung zurückgelegt, als der Polwechsel eintrat, so kann jetzt die Verzögerung aus der Abstoßung der unfreundlich gewordenen Pole die Beschleunigung aus der früheren Anziehung überwiegen, und nunmehr erfährt das Rad eine stetige Verzögerung, welche es endlich stillstellt.

Aus alledem geht hervor, daß, wenn sich das Rad in einer Bewegung befindet, bei welcher ungefähr Stellungs- und Polwechsel zusammenfallen, die Wirkung der Polwechsel bald dahin führen wird, daß das Rad genau in einem Gangmaß bleibt, bei welchem Stellungs- und Polwechsel zusammenfallen, also synchron sind. Stört man nach erlangtem Synchronismus die Bewegung des Rades, so wird alsbald, wenn die Störung nicht zu groß war, dieser Synchronismus wieder eintreten; hat aber die Störung den Lauf des Rades zu sehr verlangsamt, so wird es durch den Polwechsel zum Stillstand gebracht.

Diese Ausführungen werden uns nun die Vorgänge im Wechselstrommotor von Ganz & Co. verstehen lassen, deren Ingenieuren Zipernowski, Déri und Bláthy es

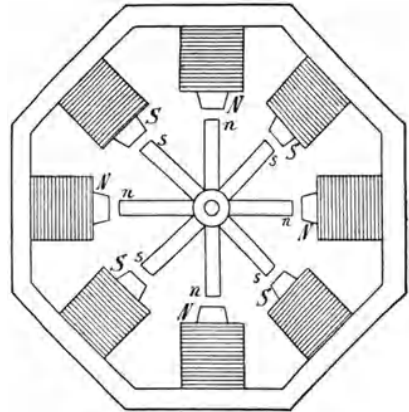


Fig. 843. Prinzip des synchronen Wechselstrommotors.

zuerst und zwar unter Zuhilfenahme solcher synchron laufenden Vorrichtungen gelang, einen Wechselstrommotor mit befriedigender Leistung herzustellen.

Dieser Wechselstrommotor ist in Fig. 344 abgebildet. Derselbe besteht aus einem ringförmigen Magneten mit mehreren Polen, welche unter Einwirkung des Wechselstromes ihre Polarität wechseln, und einem speichenförmigen Magneten mit festen Polen, welcher auf der Welle sitzt und sich in der geschilderten Weise dreht. Zur Erregung des bewegten Magneten muß man Gleichstrom anwenden. Man könnte also eine kleine Gleichstromdynamo hierfür aufstellen, brauchte aber für den Betrieb derselben, solange der Wechselstrommotor noch nicht in vollen Betrieb gekommen ist, einen besonderen Motor oder müßte noch eine Akkumulatorenbatterie benutzen. Alles dies ist umständlich und bei dem Motor

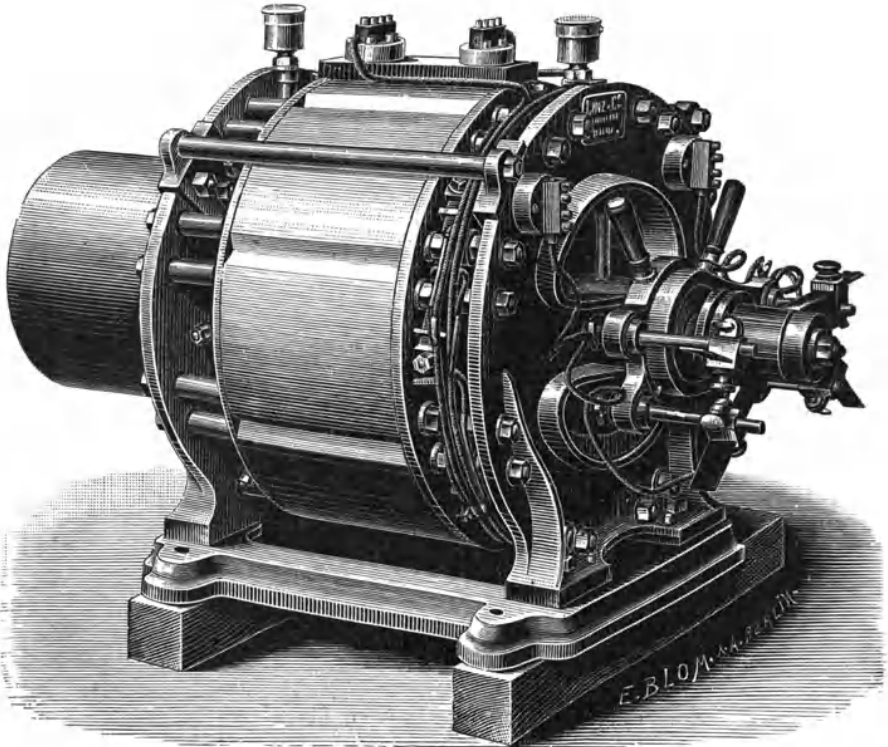


Fig. 344. Wechselstrommotor von Ganz & Co.

von Ganz & Co. unnötig gemacht, indem bei demselben der Betriebswechselstrom kommutiert und in Gleichstrom verwandelt wird, welcher die Magnete erregen kann. Zu diesem Zwecke ist ein Kommutator auf die Welle des Motors gesetzt. Wechselt dieser Kommutator den in die Magnetspulen geschickten Strom jedesmal, wenn der Strom seine Richtung wechselt, so bleibt die Stromrichtung in den Magnetspulen stets die gleiche. Der Gang des Kommutators muß also synchron mit den Stromwechseln vor sich gehen, was leicht zu erreichen ist, da ja der Motor synchron mit den Stromwechseln läuft. Zu diesem Zwecke wird der Kommutator so viel Teile erhalten, als der bewegte Magnet Pole hat. Von diesen Teilen sind die paarzähligen und ebenso die unpaarzähligen unter sich verbunden, und jeder Satz ist mit einem Ende der Feldmagnetbewicklung in Verbindung gesetzt. Zwei Zuleitungsbürsten Schleifen auf den Kommutatorstreifen dergestalt, daß die eine den Streifen eines andern Satzes berührt, als die andre. Tritt nun Stromwechsel ein, so sind die Feldmagnete wegen ihres synchronen Ganges in eine neue Stellung gegangen. Demzufolge hat auch mit Eintritt des Stromwechsels jede Bürste ihren Kommutatortheil verlassen

und ist auf den nächsten getreten, welcher dem andern Satz angehört, und deshalb wird der Strom wieder in denselben Satz eintreten, bei welchem er vorher eintrat.

Der Kommutator hat aber noch einen andern Zweck. Denken wir uns durch den Motor Gleichstrom geschickt, so werden stehende Armatur und bewegter Feldmagnet magnetisch und die befreundeten Pole ziehen sich an; der rotierende Magnet kommt also in Bewegung. Sobald er nun die Stellung erreicht hat, daß sich die befreundeten Pole gegenüberstehen, wendet der Kommutator den Strom, und da wegen Verwendung des Gleichstromes kein gleichzeitiger Stromwechsel eintritt, so werden die Pole des Feldmagneten gewechselt und dieser wird in eine neue Stellung getrieben, um, wenn er diese erreicht hat, durch neuen Polwechsel weitergetrieben zu werden. Was beim Gleichstrom geschieht, wird sich auch bei Wechselstrom ereignen. Denn befindet sich der Magnet in einem Moment in der Lage, in welcher er der befreundeten Stellung zueilt, so wird bei Stromwechsel die Freundschaft nicht aufgehoben, da sowohl Anker wie Magnet ihre Pole wechseln; erst wenn die befreundete Stellung erreicht ist, tritt durch die Wirkung des Kommutators der einseitige Wechsel der Polarität beim bewegten Magneten ein, und die befreundete Stellung wird zur feindlichen, ganz gleich, welche Richtung der Hauptstrom hat.

Dieser Vorgang ist von Wichtigkeit, da man mit Hilfe desselben den Motor anlassen kann. Solange er unbelastet ist, reicht die entwickelte Betriebskraft aus, trotzdem der Motor vorerst noch wie ein Gleichstrommotor und darum mit großem Verluste läuft. Hat er dann die Geschwindigkeit erreicht, bei welcher er synchron läuft, so ändert der bewegte Magnet seine Pole nicht mehr, und der Motor läuft jetzt als synchroner Wechselstrommotor lediglich unter Einwirkung der Strom- und Polwechsel im Anker.

Da beim synchronen Gange die Umlaufgeschwindigkeit nur von der Stromwechselzahl abhängt, so wird sich diese Umlaufgeschwindigkeit nicht ändern, wenn sich die Belastung des Motors ändert; der Stromverbrauch ist proportional der Arbeitsleistung. Der Wirkungsgrad der Motoren von Ganz & Co. wird von der Fabrik mit 80 % angegeben, eine Zahl, welche frühere Wechselstrommotoren auch nicht annähernd erreichten; die Fabrik hofft sogar, auf Grund ihrer Versuche diese Zahl auf 90 % und darüber steigern zu können.

Die Ganzschen Motoren können ohne weiteres an jedes Wechselstromnetz angeschlossen werden; für die kleineren Motoren benutzt man den transformierten Strom mit niedriger Spannung, für größere Motoren, bei denen für die Bedienung eine größere Sorgfalt angewendet wird und die entsprechenden Sicherheitsvorrichtungen angebracht werden können, wird man den Motor unmittelbar mit der Hochspannungsleitung verbinden.

Mit diesem Motor hat die Firma Ganz & Co. einen Mangel des Wechselstromsystems beseitigt, den demselben mit Recht vorgeworfen hatte, daß nämlich das System nicht wie das Gleichstromsystem den einfachen und ökonomischen Betrieb von elektrischen Motoren ermögliche.

Wechselstrommotoren mit umlaufendem Magnetfeld. Wir hätten noch die Klasse von Wechselstrommotoren zu besprechen, welche sich dadurch auszeichnen, daß die Feldmagnete ganz außer leitender Verbindung mit dem Stromkreise stehen, so daß, wenn der Anker feststeht, auch jeder Kommutator, Schleifkontakt u. s. w. entbehrt werden kann. Es sind dies Wechselstrommotoren, bei denen durch eine besondere Verbindung der Polwechsel ein im Anker umlaufendes Magnetfeld erzeugt wird, das bei seiner Rotation den außer aller Verbindung mit dem Stromkreise stehenden Anker mitnimmt und dadurch die drehende Bewegung erzeugt. Da solche Motoren ihre Hauptbedeutung bei der Übertragung von Energie gewonnen haben, so behalten wir uns eine eingehende Beschreibung der einigermaßen verwickelten Einrichtung derselben für das spätere Kapitel vor und begnügen uns hier darauf aufmerksam zu machen, daß diese Motoren, obwohl mit Wechselstrom betrieben, nicht nötig haben, synchron mit der Wechselzahl zu laufen, sondern von dieser unabhängig sind.

Die Regulierung der elektrischen Motoren. Die Leistung eines elektrischen Motors wird von der Stromstärke des ihn durchfließenden Stromes und der von ihm erzeugten genelektrischen Kraft abhängen. Soll sich nun die Leistung ändern, so muß sich

auch das Produkt dieser beiden Größen entsprechend ändern. Wir können nun, wenn die wachsende Belastung des Motors eine vermehrte Leistung erheischt, entweder die gegen-elektromotorische Kraft oder die Stromstärke oder beide Größen erhöhen oder endlich die eine erhöhen, die andre erniedrigen, jedoch derart, daß das Produkt beider wächst.

Erhöhen wir zur Vergrößerung der Leistung nur die gegen-elektromotorische Kraft, so muß sich auch die Klemmenspannung erhöhen, denn die Stromstärke hängt von dem Überschuß der Klemmenspannung über die gegen-elektromotorische Kraft ab; wächst also diese, so muß auch jene wachsen, damit die Differenz und damit die Stromstärke gleich bleibt.

Die Erhaltung einer festen Stromstärke bei veränderlicher Klemmenspannung finden wir bei der Reihenschaltung von elektrischen Motoren, welche in Amerika sehr beliebt ist. Wir wollen nun betrachten, wie man dort die hintereinander geschalteten Motoren bei Veränderung der Belastung reguliert.

Wir können uns dabei auf den Fall beschränken, daß die Umlaufgeschwindigkeit annähernd auf konstanter Höhe erhalten bleiben soll; dieser Fall entspricht den Anforderungen der Praxis und läßt eine vergleichsweise einfache Regulierung zu. Da die Erhöhung der elektromotorischen Kraft hierbei nicht durch Vermehrung der Umlaufgeschwindigkeit erzielt werden kann, so müssen wir das schon von der Regulierung der Dynamomaschine her bekannte Mittel anwenden, wir müssen die Stärke des magnetischen Feldes vermehren. Zu diesem Zwecke verstärken wir entweder den die Spulen der Feldmagnete durchlaufenden

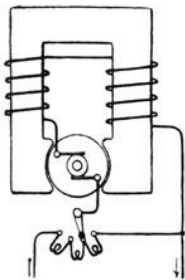


Fig. 345. Regulierung eines Hauptstrommotors durch Stromverzweigung.

Strom oder wir teilen die Spulen in mehrere Abteilungen und lassen den Strom nach Bedarf durch mehr oder weniger dieser hintereinander geschalteten Spulen fließen, indem wir dadurch die Erregung des Magneten verstärken oder vermindern.

Für den elektrischen Motor verfahren wie in ähnlicher Weise, indem wir eine Schaltung anwenden, welche Fig. 345 zeigt. Wir sehen dort den Strom durch einen in Abteilung zerlegten Widerstand gehen. Der eine Pol des Motors steht mit dem einen Ende des Widerstandes in fester Verbindung, der andre kann an einer Verbindungsstelle der Abteilungen angelegt werden.

Da nun die Spannung an den Polen des Motors wachsen wird, je mehr Abteilungen des veränderlichen Widerstandes eingeschaltet sind, so wird die Klemmenspannung am Motor steigen, wenn wir mehr von diesen Abteilungen einschalten, und entsprechend sinken, wenn wir solche Abteilungen ausschalten. Die Stromstärke in den Hauptleitungen, welche durch die Pfeile bezeichnet sind, braucht sich dann nicht zu ändern. Dieses Hilfsmittel ist aber nicht zweckmäßig. Zweckmäßiger würden wir verfahren, wenn wir nach Art der in Fig. 97 gegebenen Schaltung nur die Stromstärke im Elektromagneten ändern wollten. Ungefähr dasselbe erreichen wir, wenn wir bei unänderter Stromstärke die Anzahl der von Strom umflossenen Windungen des Elektromagneten abändern. Eine schematische Anordnung dieser Schaltung gibt Fig. 346. Hier sehen wir den Motor mit einem Geschwindigkeitsregulator verbunden, der bei zu schnellem Gange Windungen ausschaltet, bei zu langsamem einschaltet.

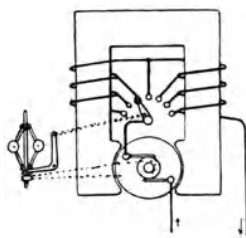


Fig. 346. Regulierung eines Hauptstrommotors durch Veränderung der Zahl der erregenden Windungen des Feldmagneten.

Wird jetzt durch vermehrte Belastung der Gang des Motors verlangsamt, so wird er mehr Windungen einschalten, und entsprechend wird sich die gegen-elektromotorische Kraft des Motors entsprechend der verlangten Mehrleistung erhöhen. Wie sich diese Anordnung in der Praxis gestaltet, davon mag Fig. 347 ein Bild geben, welche einen Motor für Reihenschaltung, also mit konstanter Stromstärke darstellt. Bei diesem von Zimmisch konstruierten Motor sehen wir den Regulator auf das linke Ende der Welle gesetzt. Derselbe bethätigt einen Schieber, welcher je nach seiner Stellung eine entsprechende Anzahl von Windungen der Elektromagneten eingeschaltet hält.

Erheblich einfacher ist die Regulierung bei elektrischen Motoren, welche an Gleich-

spannungsleitungen angeschlossen sind, weil wir hier von mechanischen Regulatoren absehen und dem Strom die Regulierung überlassen können. Bei gleicher Spannung an den Klemmen wird nämlich die Stromstärke steigen, wenn die gegenelektromotorische Kraft sinkt, weil sich dadurch die Differenz zwischen Klemmenspannung und gegenelektromotorischer Kraft vergrößert. Innerhalb einer gewissen Grenze bedingt aber dieses Steigen der Stromstärke trotz Verminderung der gegenelektromotorischen Kraft eine Vergrößerung des Produktes beider Größen also der geleisteten Arbeit. Die Verminderung der gegenelektromotorischen Kraft können wir entweder durch Schwächung des Feldes oder durch Verkleinerung der Umlaufzahl erzielen.

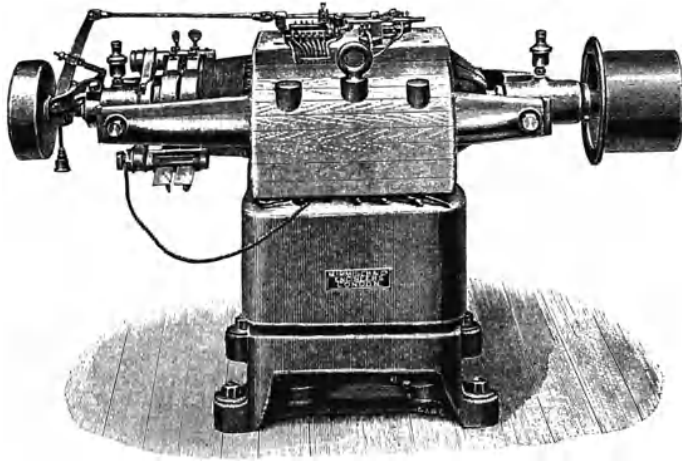


Fig. 347. Siemens-Motor für Reihenschaltung mit Geschwindigkeitsregulator.

Wendet man nun einen Nebenschlußmotor an, so können wir die Schwächung des Feldes mit der Hand bewirken, indem wir in den Stromkreis der Feldmagnete mittels eines Widerstandsregulators Widerstand einschalten, und wir erhalten dann eine Schaltung, welche Fig. 348 darstellt.

Wir können es aber, ohne einen veränderlichen Widerstand zu Hilfe zu nehmen, dem Motor selbst überlassen, sich seinen Strombedarf zu regulieren. Wird nämlich der Nebenschlußmotor stärker belastet, so vermindert sich seine Umlaufgeschwindigkeit und damit seine gegenelektromotorische Kraft; er wird also mehr Strom beziehen und bei einer gewissen Verminderung der Umlaufgeschwindigkeit mit seinem Bezuge an Stromenergie und seiner mechanischen Leistung ins Gleichgewicht kommen. Er reguliert sich also selbstthätig, indem er seine Umlaufgeschwindigkeit ändert.

Da diese Änderung zwischen den Grenzen des unbelasteten und vollbelasteten Zustandes — bei guten Nebenschlußmotoren wird sie etwa fünf Prozent der Umlaufgeschwindigkeit bei unbelastetem Zustande betragen — manchen Anforderungen nicht entspricht, so hat man noch eine Verbesserung erfunden, welche diese Grenzen sehr verengt, so daß die Schwankung nicht über zwei Prozent hinausgeht. Zu diesem Zwecke legt man auf die Magnete außer der Nebenschlußwicklung noch eine Hauptstromwicklung, welche aber nicht wie bei der Verbund-Dynamomaschine die Magnete in gleichem Sinne wie die Nebenschlußwicklung, sondern im entgegengesetzten erregt (Fig. 349); sie schwächt also den von den Nebenschlußwickelungen erzeugten Magnetismus. Wird nun der Motor stärker belastet und sinkt er nur wenig in seiner Umlaufgeschwindigkeit, so wird die gegenelektromotorische Kraft nicht nur durch die verminderte Umlaufzahl, sondern auch durch die nunmehr erzielte vergrößerte Stromstärke in den Hauptstromwicklungen verringert.

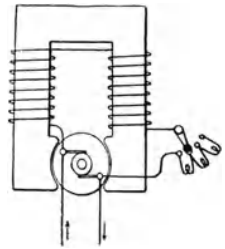


Fig. 348. Regulierung eines Nebenschlußmotors durch einen veränderlichen Widerstand, der in die Feldmagnetwicklung eingeschaltet ist.

Wir sehen also, daß wir im Stande sind, dem elektrischen Motor eine genügende Regulierung seiner Leistungen und seiner Umlaufgeschwindigkeit zu geben, und für Gleichspannungsmotoren sogar eine selbstthätige, rein elektrische Regulierung anwenden können, welche uns der Mühe überhebt, bei wechselnder Belastung den Motor überwachen zu müssen. Diese selbstthätige Regulierung des elektrischen Motors ist ein großer Vorzug desselben, denn er spart dadurch bei jeder auch nur ganz kurz dauernden Entlastung an Strom. Berücksichtigt man, daß Arbeitsmaschinen nur selten dauernd den vollen Kraftbezug in Anspruch nehmen und für kürzere und längere Zeiten, sei es leer oder minderbelastet, laufen, so muß ein Motor vorteilhaft erscheinen, welcher seine Ausgabe an Kraft augenblicklich herabsetzt, wenn er weniger zu leisten hat. In dieser Anpassungsfähigkeit steht nun der elektrische Motor unübertroffen da, und damit gewinnt er eine weitere Beachtung.

Die Vorzüge des elektrischen Motors. Im Vergleich mit den andern Motoren zeigt der elektrische Motor so große Vorzüge, daß er bald seine Konkurrenten überall verdrängen wird, wo ihm die Kosten nicht im Wege stehen und der Bezug von Strom ermöglicht ist. Zunächst fällt uns seine große Anspruchslosigkeit in bezug auf Raum, Aufstellung und Wartung auf. Ein zweipferdiger Motor nimmt keinen größeren Raum in Anspruch als etwa ein Stuhl ohne die Lehne; ein fünfpferdiger Motor ist mit erheblicher weniger als der Hälfte eines Gasmotors gleicher Leistung zufrieden, und wollten wir Dampfmaschinen zum Vergleich heranziehen, so stellt sich das Verhältnis für den elektrischen Motor noch günstiger.

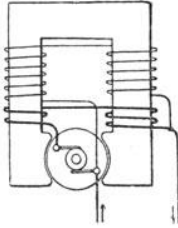


Fig. 349.
Verbindungsweise zur
Regulierung eines
elektrischen Motors.

Da in den elektrischen Motoren keine schwerwiegenden Teile vorhanden sind, so bedarf er keines Fundamentes, kann unmittelbar auf den Fußboden und in seinen kleineren Exemplaren sogar auf Wandkonsolen gestellt werden. Zudem ist er fast gefahrlos; wir sagen „fast“, denn selbstverständlich kann er, wie jede elektrische Vorrichtung, bei ungeschickter Behandlung Zündwirkungen hervorbringen, aber wir meinen, diese Gefährlichkeit ist eine verschwindende, und was schädigende mechanische Wirkung angeht, so erscheint der elektrische Motor viel sicherer als andre Motoren, da bei ihm alle Teile so gut verdeckt werden können, daß nur Kollektor und Riemenscheibe hervorsehen, an denen sich nur der Mutwille oder kindlicher Unverstand Verletzungen zuziehen kann.

Was die Wartung angeht, so beschränkt sie sich auf das Ölen der Lager und die richtige Behandlung der Bürsten. Das Anlassen des Motors ist so einfach, daß jeder, auch der ungelernete Arbeiter, es verrichten kann.

Schätzenswert ist auch der fast geräuschlose Gang. Rechnen wir noch dazu, was wir vorhin dargethan haben, daß der Motor seinen Strombedarf selbstthätig reguliert und seine Umlaufgeschwindigkeit bei wechselnder Belastung nur unbedeutend verändert, so werden wir anzuerkennen haben, daß der elektrische Motor genug Vorzüge vereinigt, um früher oder später zur allgemeinen Verwendung zu gelangen.

Allein wie steht es mit den Betriebskosten? Es ist nun selbstverständlich, daß ein großer elektrischer Motor nicht mit einer entsprechenden Dampfmaschine in dieser Beziehung konkurrieren kann, da er für seinen Betrieb eine größere Dampfmaschine verlangt. Anders liegt die Sache, wenn der Motor von einer entfernten Wasserkraft betrieben wird, deren Leistung an ihrem Orte vielleicht wenig wert ist, aber am Orte des Motors, auf welchen ihre Energie übertragen wird, durch den Motor erheblich im Werte vermehrt erscheint. In solchen Fällen kann der elektrische Motor sehr wohl die gleich große Dampfmaschine schlagen, zumal in Ländern, wo Wasserkraft billig und im Überfluß zu haben, Kohle dagegen teuer ist, in der Schweiz zum Beispiel, in Norwegen, in den Bergdistrikten Amerikas. Aber auch bei Dampfbetrieb kann der elektrische Motor noch mit der Dampfmaschine konkurrieren, weil durch ihn nämlich eine rationelle Verteilung der Kraft ermöglicht wird. Da sich der Betrieb einer großen Dampfmaschine erheblich billiger stellt als eine gleichwertige Leistung vieler kleiner Dampfmaschinen, so vermag der elektrische Motor mit den kleinen Dampfmaschinen sehr wohl in Wettbewerb zu treten, wo ein angemessener Absatz von Betriebskraft vorhanden ist, z. B. in Städten mit vielen kleinen Industriebetrieben, und

deshalb ist der elektrische Motor, zumal wenn man seine sonstigen Vorzüge hinzunimmt, so recht das Ideal eines Kleinmotors.

In dieser Beziehung wird er durch einen besonderen Umstand begünstigt. Der Bedarf an elektrischer Kraft für Motoren wird nämlich zum größten Teile in die Tagesstunden fallen, während man für die übrige Zeit den Strom vorwiegend für Lichtzwecke benutzen wird. Damit eröffnet sich den Elektrizitätswerken die Möglichkeit, ihre Anlagen, die tagsüber fast brach liegen, auch während der hellen Stunden beschäftigen zu können, indem sie den Strom für motorische Zwecke abgeben. Diese Aussicht haben die „Berliner Elektrizitätswerke“ bestimmt, die Preise für den Bezug von Betriebskraft ganz bedeutend gegen die Lichtpreise zu ermäßigen, und sie berechnen beispielsweise für Stunde und Pferdekraft nur 15 Pfennige, können also in Kleinbetrieben mit jedem andern Motor im Preise konkurrieren.

Kann eine Wasserkraft zu Hilfe genommen werden, so werden sich die Betriebskosten für den Motor noch billiger stellen. Ein solcher Fall liegt z. B. in Heilbronn vor, wo

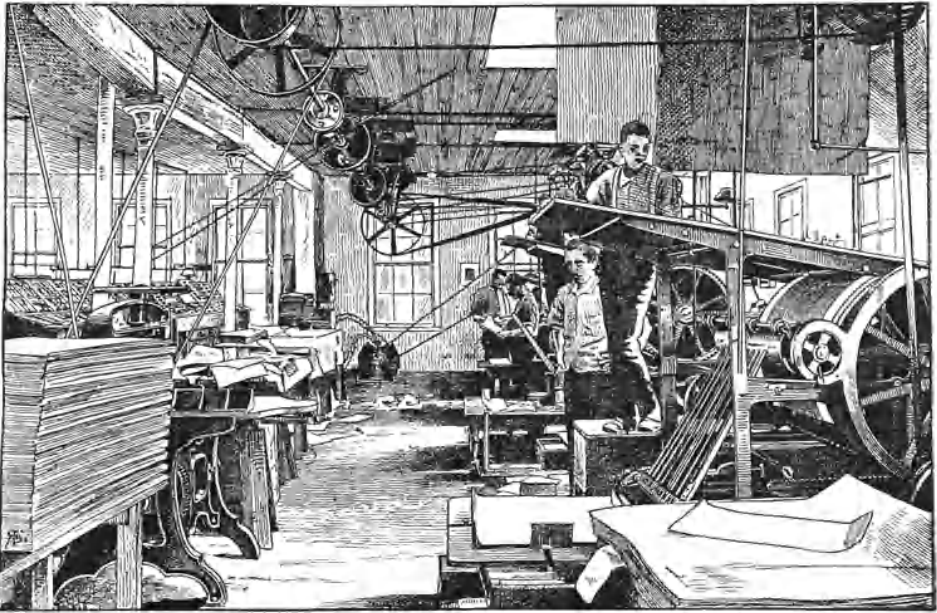


Fig. 350. Buchdruckerei durch einen elektrischen Motor betrieben.

eine in der Nähe, bei Lauffen, gelegene Wasserkraft von 1500 Pferdekraften zur Erzeugung von Strom angewendet wird. Dieser Strom wird in Heilbronn zur Beleuchtung und zum Betriebe von Motoren benutzt und vermag die große Wasserkraft in viele kleine Betriebskräfte zu teilen, welche, über die Stadt hin zerstreut, den Werkstätten die benötigte Energie liefern.

Anwendung des elektrischen Motors. Trotzdem der elektrische Motor nicht viel länger als seit etwa fünf bis sechs Jahren eine größere Verbreitung gefunden hat, sind für ihn doch schon eine Reihe von Verwendungen gefunden worden, von denen wir einige beschreiben wollen, um die Anwendbarkeit dieser Maschine erkennen zu lassen.

Zunächst wollen wir ihn als Betriebsmotor für Werkstätten betrachten, in denen er mehr und mehr Eingang findet und vor allem in Amerika bereits in ausgedehntem Maße gefunden hat. In erster Reihe wird man ihn dort willkommen heißen, wo man auf thunlichste Anspruchslosigkeit Wert legt, in Betrieben also, in denen man sich möglichst wenig mit dem Motor beschäftigen will, und als ein solcher Betrieb sei eine Druckerei genannt. In unsrer Fig. 350 geben wir ein Bild einer solchen elektrisch betriebenen Druckerei, aus welchem der Leser erkennen wird, wie gering der vom Motor beanspruchte Raum im

Vergleich mit demjenigen der betriebenen Maschinen ist. Gerade für diese Betriebe, deren Kraftbedarf stark wechselt, ist der allezeit bereite elektrische Motor, der überdies während der Zeit des Stillstehens kein Betriebsmaterial verbraucht, von Wert, und in Amerika hat er deshalb schon vielfach Anwendung in Druckereien gefunden. In Berlin hat sich eine kleine Druckerei einen solchen Motor und zwar in ihrem Schaufenster aufgestellt und betreibt mit ihm ihre Schnellpressen, ein einfaches und wirksames Mittel, das Interesse des Publikums auf das Schaufenster zu ziehen. In ähnlicher Weise hat ein Berliner Lozgeschäft den Motor für Reklamezwecke dienstbar gemacht; in dem Schaufenster ist nämlich eine Ziehungstrommel mit Rollen aufgestellt, welche durch einen kleinen elektrischen Motor in Umdrehung gesetzt wird.

Die Verwendung des elektrischen Motors für Werkstattbetriebe ist bei uns vorerst freilich noch in bescheidenen Grenzen geblieben, aber wir dürfen annehmen, daß mit Erleichterung und Verbilligung des Strombezuges die Kleinindustriellen sehr bald den Vorteil dieses Motors, der ihnen willig bis auf den Boden folgt, erkennen werden. Die Anordnung eines solchen Motors in einer Werkstatt mag unser Bild Fig. 351 erkennen lassen, welches einen Werkraum darstellt, welcher mit einem Motor der „Deutschen Elektrizitätswerke“ in Mäcken ausgerüstet ist.

Aber nicht nur für kleinere Betriebe hat der Motor schon Bedeutung gewonnen, auch größere Fabriken gehen daran, sich mit solchen Einrichtungen zu versehen, und zwar um die wenig erfreuliche Riementransmission zu beseitigen. Zu diesem Zweck werden an einer Zentralstelle eine oder mehrere größere Dynamomaschinen betrieben, welche ihren Strom in alle Arbeitsfälle schicken. Hier sind, sei es für den ganzen Saal, sei es für jede Werkmaschine oder für Gruppen von mehreren derselben, elektrische Motore aufgestellt, welche die benötigte Betriebskraft erzeugen. Damit ist die kostspielige Transmissionsanordnung durch die anspruchslöse elektrische Leitung und die kleinen Elektromotoren ersetzt, und der ziemlich bedeutende Kraftverlust in den Riemen und den langen Transmissionswellen beseitigt, abgesehen davon, daß die Gefahr, welche mit den großen Transmissionen verbunden ist, in glücklicher Weise umgangen worden ist. Diese Neuerung findet allgemach auch Anklang bei den Maschinentechnikern, die vorerst noch wenig Sympathie mit der ihnen fremden Elektrotechnik haben, aber mit der Zeit erkennen werden, daß ihnen in derselben eine schätzbare Gehilfin erwachsen ist. Eine solche elektrische Transmission hat sich die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ für ihre Maschinenfabrik eingerichtet und erklärt sich mit den erzielten Ergebnissen — auch nach der ökonomischen Seite hin — sehr zufrieden.

Eine zweckmäßige und bereits ziemlich ausgedehnte Anwendung findet der elektrische Motor zum Betriebe von Hebemaschinen aller Art, für welche er sich deswegen in hervorragendem Maße eignet, weil mit ihm die Zuführung der benötigten Betriebskraft außerordentlich erleichtert ist, und kein anderer Motor sich so bequem in die Konstruktion der Hebemaschinen einpassen läßt, wie gerade der elektrische. Ein Beispiel hierfür ist der Laufkran der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“, welcher in Fig. 352 abgebildet ist. Wie man aus der Abbildung erkennt, ist der Motor auf das linke Ende des fahrenden Trägers gesetzt. An der Decke sind zwei parallele Kupferschienen angebracht, auf denen Gleitkontakte schleifen und den Strom aus den Schienen zum Motor führen. Ein Kurbelrheostat, den man etwas rechts vom Motor erblickt, dient zur Regulierung des zugeführten Stromes und wird durch Zugschnüre von unten bethätigt. Zur passenden Umschaltung der Bewegung des Motors für die verschiedenen Fahr- und Hebezwecke sind unter dem Motor Kettenräder angebracht, welche vom Boden aus durch die herabhängenden Ketten in Funktion gebracht werden können.

Ähnliche Hebe- und andre Lastbewegungsrichtungen hat die Pariser „Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité“ konstruiert. Wir beschreiben aus ihren zahlreichen Konstruktionen das elektrische Gangspil (Fig. 353), welches für Docks, Staden und dergleichen bestimmt ist. Die Schwierigkeit, welche es bei dieser Einrichtung zu überwinden galt, war die entsprechende Verminderung der Umlaufgeschwindigkeit. Dies ist nun in der Weise erreicht, daß im unteren Raume, wo der

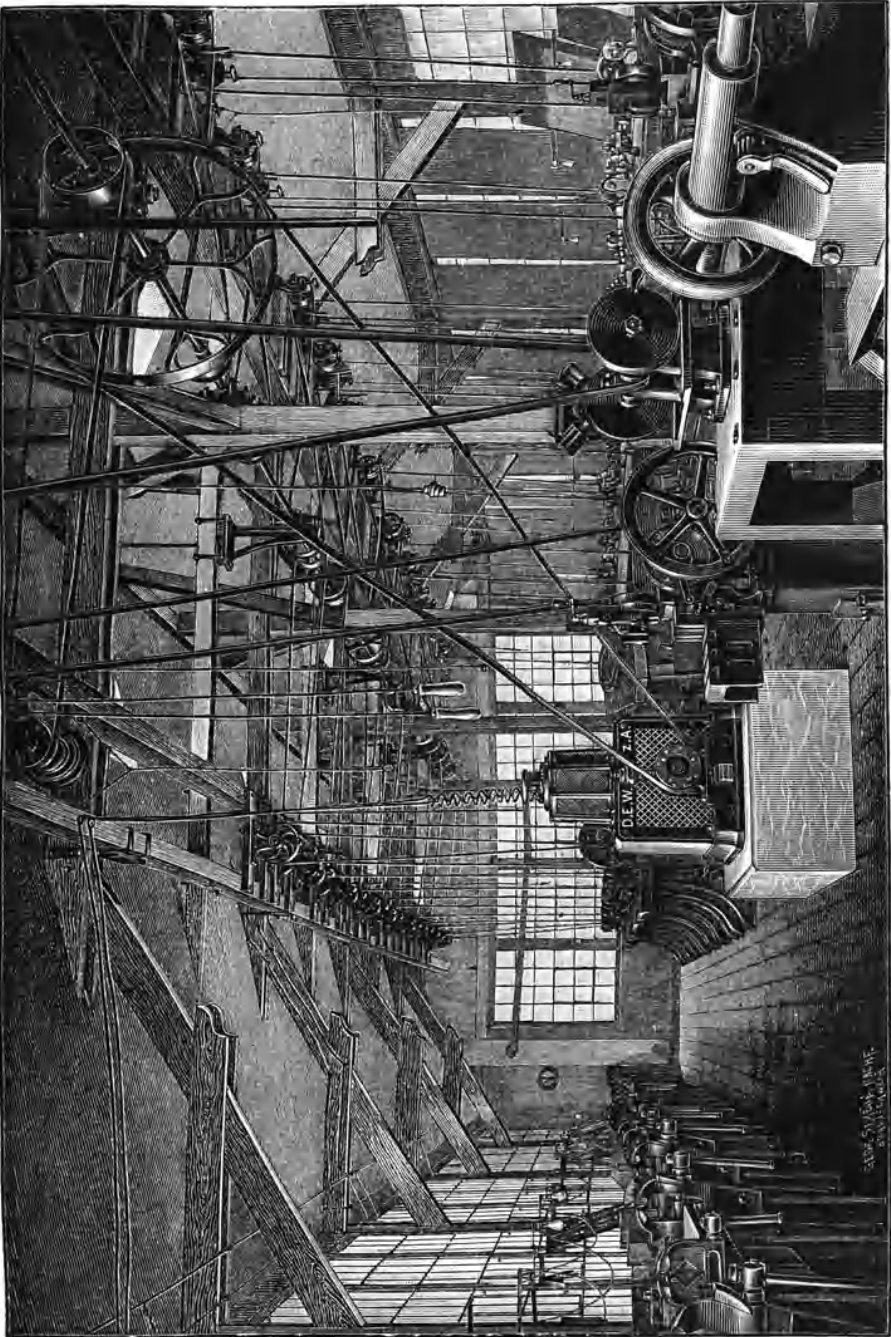


Fig. 851. Werksbetrieb mittels eines elektrischen Motors der „Deutschen Elektrizitätswerke“.

Antriebsmechanismus liegt, ein Zahnradkranz gelegt ist, auf welchen zwei konische Räder laufen. Die Achsen der letzteren sind horizontal und drehbar an dem unteren Teile des Kopfes befestigt, welcher sich um einen vertikalen Zapfen dreht. Mit jeder Welle ist der Anker eines elektrischen Motors verbunden, und die Umlaufrichtung beider Motoren ist die entgegengesetzte, so daß sie also durch den Eingriff der konischen Räder in den Zahnrad-

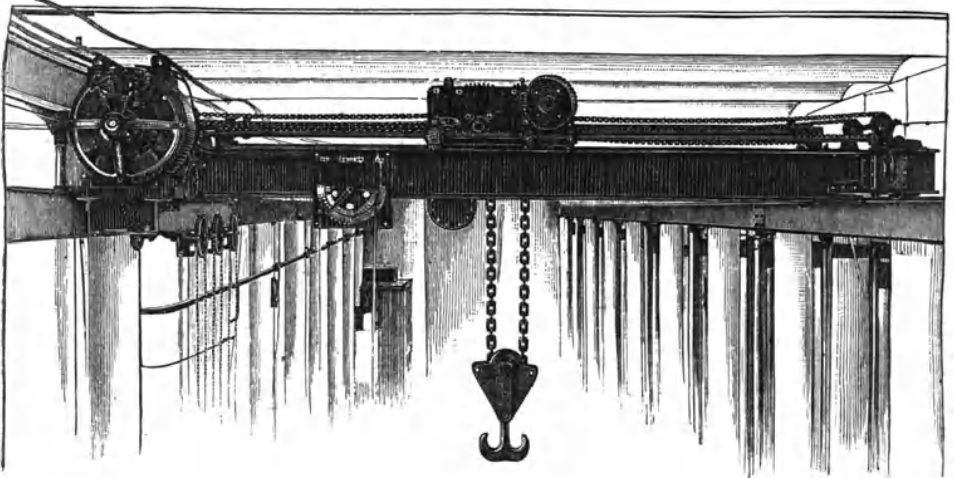


Fig. 352. Elektrischer Laufkran.

kranz den Kopf des Gangspills umtreiben, wenn sie in Bewegung kommen. Zum Umsteuern, Anhalten und Anfahren der Vorrichtung dient ein Pedal, welches durch eine Verbindungsstange auf den Rheostaten beziehungsweise Umschalter wirkt. Der ganze maschinelle Teil ist sicher verdeckt und gegen außen hin wasserdicht abgeschlossen.

Von Guyenet ist ein fahrbarer Kran zum Heben von Getreidesäcken u. s. w. konstruiert worden, welcher in Fig. 354 dargestellt ist. Hebekran und Motor sind auf einen

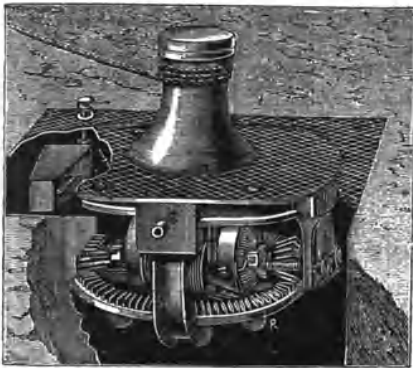


Fig. 353. Elektrisches Gangspill.

niedrigen Wagen gestellt, den man im Speicher umherfahren kann. Die Bewegung des Motors wird durch einen Riemen auf die Seiltrommel übertragen und windet dadurch den durch einen Greifer gefassten Sack in die Höhe. Der Ständer des Kranes ist drehbar, so daß man dem gehobenen Sack eine seitliche Bewegung erteilen kann. Die Zuführung des Stromes erfolgt am besten mittels einer biegsamen Doppelleitung, welche man nach Belieben an den Kran anschließen und von ihm abnehmen kann. Derselbe Konstrukteur hat auch eine elektrische Winde konstruiert, welche in Fig. 355 abgebildet ist. Die Übertragung der Bewegung der Welle des Motors erfolgt durch Reibung. Zu diesem Zweck haben die beiden großen Reibungsräder, welche auf der Welle der Seiltrommel sitzen, an ihrer

Innenseite eine breite Ringnute, an deren innerem oder äußerem Rande die beiden auf die Welle des Motors gesetzten Friktionsräder eingreifen. Sienachdem nun diese Friktionsräder mit dem inneren oder äußeren Rande in Verbindung stehen, wird die Seiltrommel bei unveränderter Drehrichtung des Motors rechts- oder links herum getrieben. Um nun diese eine oder andre Bewegung erzeugen zu lassen, kann der Motor durch den seitlich angebrachten Hebel etwas verschoben werden und drückt dann seine Friktionsräder

an den inneren oder äußeren Rand der Nuten. Bei der Mittelstellung berühren die Friktionsräder keinen der Ränder, und die Seiltrommel ist frei.

Ähnliche elektrische Winden sind in Amerika für den Betrieb von Aufzügen konstruiert worden, welche zu Personenaufzügen wie auch für den Bergwerksbetrieb dienen. Was die ersteren angeht, so ist dabei zu bemerken, daß der Personenaufzug in Amerika eine viel größere Verbreitung gefunden hat als in Europa. Zum Teil hängt dies damit zusammen, daß man da drüben in der Höhe der Häuser viel weiter gegangen ist als bei uns, und um die teure Bodenfläche auszunutzen acht-, zehn- ja sechzehnstöckige Gebäude gebaut hat, welche bis in das höchste Stockwerk hinan für Geschäftszwecke, selbst für Industriebetriebe dienen. Es ist erklärlich, daß solche Turmhäuser nicht auf Treppen erstiegen werden können und eine bequeme Fahrgelegenheit geschaffen werden muß, für welche eben der „Lift“, der Personenaufzug, dient. Bisher hat man zum Betriebe solcher Aufzüge Dampfkraft, zuweilen auch, wie bei uns sehr verbreitet, hydraulischen Druck verwendet. Mit dem Emporblühen der Elektrizitätswerke ersahen aber die Amerikaner im elektrischen Strom ein bequemeres Betriebsmittel, und die bekannte Sonderfabrik für Aufzüge, Otis Brothers in New York, konstruierte einen Fahrstuhl mit elektrischem Betrieb, den unsre Fig. 356 wiedergibt. Die Steuerung des Motors erfolgt mittels der durch den Aufzugkäfig hindurchgehenden Seile. Der Käfig selbst hängt an einem Drahtseil oder an einem aus mehreren Seilen gebildeten Band und wird durch die elektrisch betriebene Winde nach oben gezogen. Sollte das Seil reißen, so tritt eine Fangvorrichtung, welche sehr empfindlich ist, in Wirksamkeit und hält den Käfig an der Stelle fest, bei welcher die Lösung vom Seile erfolgt.

Die Aufzüge für Bergwerke, die Grubenförderungsmaschinen, wollen wir etwas weiter unten im Zusammenhang mit andern elektrisch betriebenen Vorrichtungen für den Bergbau betrachten.

Eine beliebte Anwendung des elektrischen Motors finden wir in dem Betriebe von Pumpen und Ventilatoren.

Die Beschaffung der Betriebskraft für eine Pumpe hat manchmal ihre Schwierigkeiten, wenn man für dieselbe nicht eine besondere Betriebsmaschine aufstellen will. Die elektrische Kraftübertragung und der elektrische Motor helfen hier

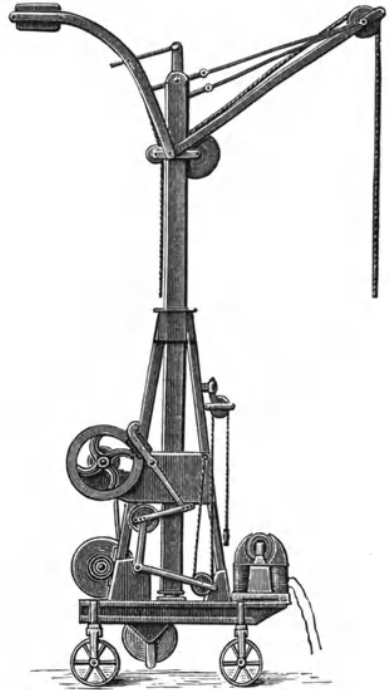


Fig. 354. Fahrbarer elektrischer Kran.

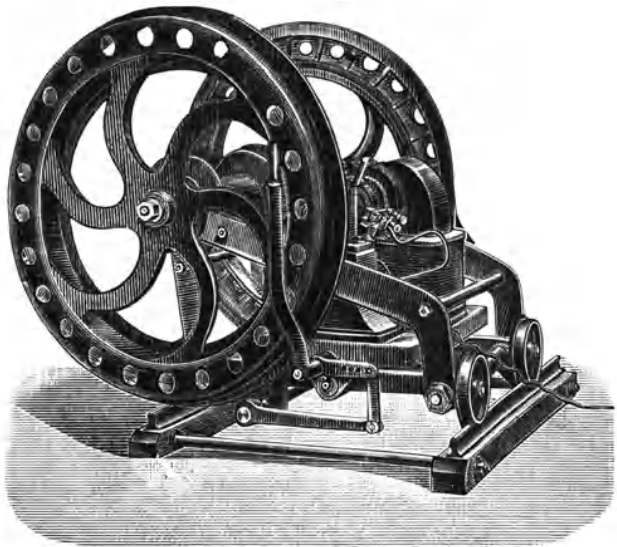


Fig. 355. Elektrische Winde.

bereitwilligt aus. Man vergleiche unsere in Fig. 357 dargestellte elektrisch betriebene Pumpe mit einer solchen von gleicher Leistung, die durch einen andern Motor getrieben wird, um zu erkennen, wie einfach sich solche elektrisch betriebenen Vorrichtungen gestalten.

Insbesondere wird sich dieser Vorteil geltend machen, wo mehrere Pumpen, die nicht unmittelbar nebeneinander liegen, betrieben werden sollen, wie z. B. bei Wasserbauten. Hier läßt sich der Strom einer einzelnen Dynamo, die ein ganzes Stück entfernt von dem Bauplatz aufgestellt sein kann, auf eine beliebige Anzahl von Motoren verteilen, und dieser

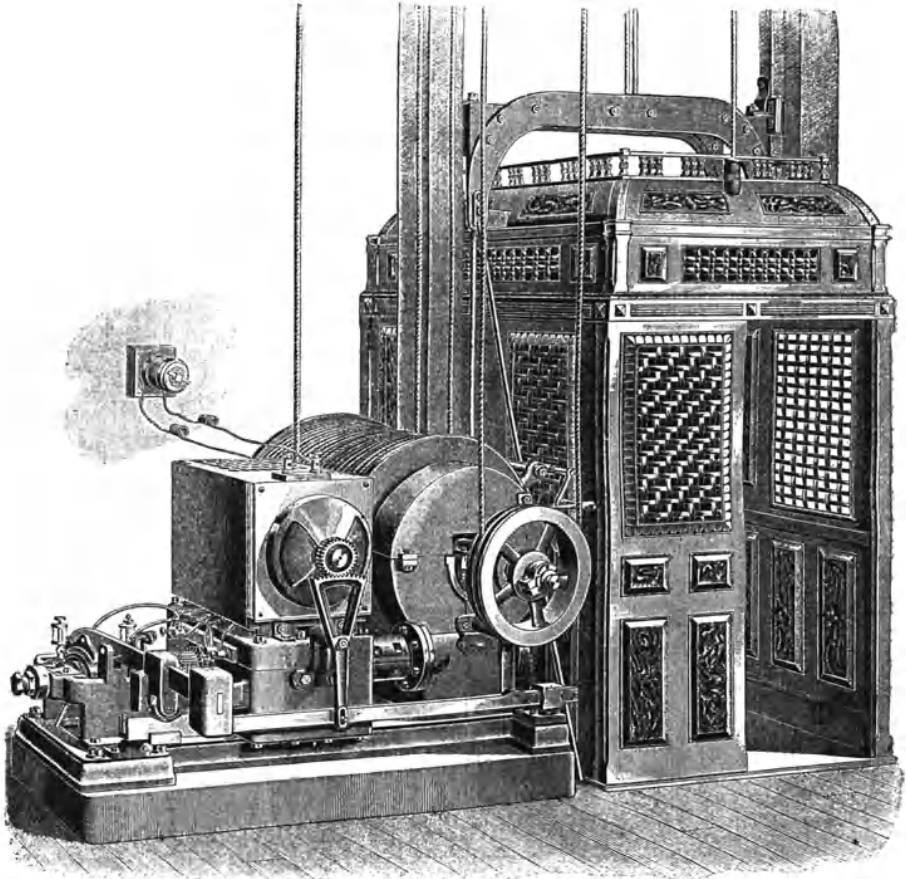


Fig. 356. Aufzug mit elektrischem Betriebe von Otis Brothers.

Vorteil wird insbesondere in Frage kommen, wo die Pumpen nur vorübergehend Aufstellung finden. Unser Bild (Fig. 358) mag eine Idee davon geben, wie leicht eine solche provisorische Anlage eingerichtet ist. Eine Unterlage aus einigen dicken Bohlen oder Balken ist bald hergerichtet; auf dieselbe werden der Motor und die Kreiselpumpe gesetzt, und nach einer Stunde kann der Betrieb schon beginnen. Es kommt bei dieser Verwendung des elektrischen Motors der Vorteil hinzu, daß die Umlaufgeschwindigkeit des Motors und die der Pumpen für viele Konstruktionen derselben vortrefflich zusammenpassen und Motor und Pumpe unmittelbar gekuppelt werden können.

Eine verwandte Anwendung finden wir in den elektrisch betriebenen Feuersprizen, welche zuerst in Amerika in Vorschlag gebracht worden sind. Allerdings besteht für dieselben die Voraussetzung, daß der Strom im ganzen Gebiet, für welches die Spritze dienen soll, leicht bezogen werden kann, und darum wird man ihre Verwendung nur in Städten

mit ausgedehnten Elektrizitätswerken, und dort auch nur für die mit Leitungen belegten Gebiete ins Auge fassen können. Insofern liegt die Bedeutung der Maschine allerdings mehr in der Zukunft, aber wenn sich die Elektrizitätswerke erst mehr ausgedehnt haben werden, wird man auch dieser Verwendung des Stromes näher treten. Man kann sich einen einfacheren Spritzenbetrieb ja auch kaum denken. Zunächst hat die elektrische Feuerspritze vor der Dampfspritze den Vorteil der größeren Leichtigkeit. Denken wir uns nun in dem Beleuchtungsgebiet, sei es an den Häusern, sei es auf den Straßen, einfache Vorrichtungen zum Anschluß der biegsamen Leitung der Spritze angebracht, so haben die Feuerwehrmänner nur ihr auf einer Trommel angebrachtes Rabel abzurollen, das Ende desselben mit dem Anschluß zu verbinden, und die Spritze ist fertig, um Wasser zu geben. Zur Erläuterung geben wir noch in Fig. 359 die Abbildung einer solchen elektrischen Feuerspritze von D. L. Kummer & Co. in Dresden, welche sich bei den Versuchen vortrefflich bewährt hat und in der Fabrik der Firma in Niederselbitz in Gebrauch ist. Wir geben diese kleine Schilderung nicht, weil sie eine besonders hervorragende Verwendung des Stromes für motorische Zwecke bedeutet, sondern mehr, um erkennen zu lassen, wie in Zukunft die an allen Orten des mit Strom versorgten Gebietes bereitstehende Betriebskraft verwendet werden kann. Gerade der einfache Betrieb und der bequeme Bezug von Betriebskraft wird dem elektrischen Motor eine allgemeine Verbreitung verschaffen, und wir werden es erleben, daß man bei den Bauten fliegende Anlagen errichtet, welche mit Hilfe des Stromes die Pumpen treiben, die Steine aufwinden, den Maurern in den dunklen Stunden Licht verschaffen, oder wenn es gilt Eisenbauten aufzuführen, die Bohr- und Nietmaschinen treiben, bei Brunnenbauten den Bohrer, bei Kammarbeiten den Bär, bei Aus- und Einladungen die Lasten heben. Der elektrische Motor findet allerdings zur Zeit in der Unbekanntheit der meisten Maschinentechniker mit der Anwendung des elektrischen Stromes einen Widerstand gegen seine Verbreitung, aber mit der Zeit wird der fremdartige Charakter der Elektrotechnik für die Maschineningenieure verschwinden, und sie werden sich gern der willigen Hilfe des Stromes für ihre Zwecke bedienen.

Die andre von uns vorhin genannte Verwendung des elektrischen Motors, nämlich zum Betriebe von Ventilatoren, eignet sich ebenfalls deswegen gut für ihre Zwecke, weil die bequeme Kraftleitung mittels des Drahtes zu dem meist schwerer zugänglich angebrachten Ventilator die Zuführung und Regelung der Betriebskraft sehr erleichtert. Außerdem läßt sich der elektrische Motor vortrefflich in die Ventilatorenkonstruktionen einpassen und empfielt sich auch deshalb zur Verwendung für diese Zwecke. Das beistehende Bild zeigt einen Ventilator von C. & E. Fein in Stuttgart (Fig. 360 A), an welchem wir die geschickte Einfügung des Motors und seine Verbindung mit den Windflügeln erkennen. Auch

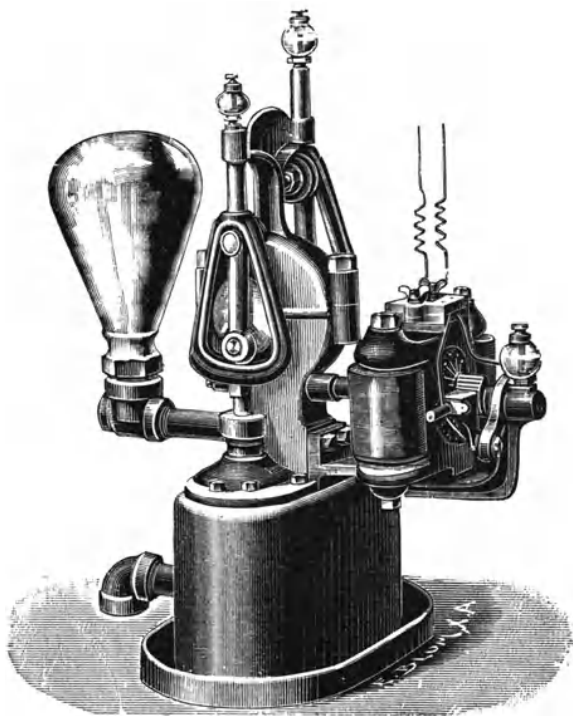


Fig. 357. Elektrisch betriebene Pumpe.

hier ist die hohe Umlaufzahl des Motors ein wesentlicher Vorteil für den Betrieb, da er mit den raschgehenden Windflügeln direkt gekuppelt werden kann.

Eine kleinere Vorrichtung dieser Art für Zimmer und kleinere Räume, insbesondere auch für Cafés, Restaurants u. s. w., stellt uns

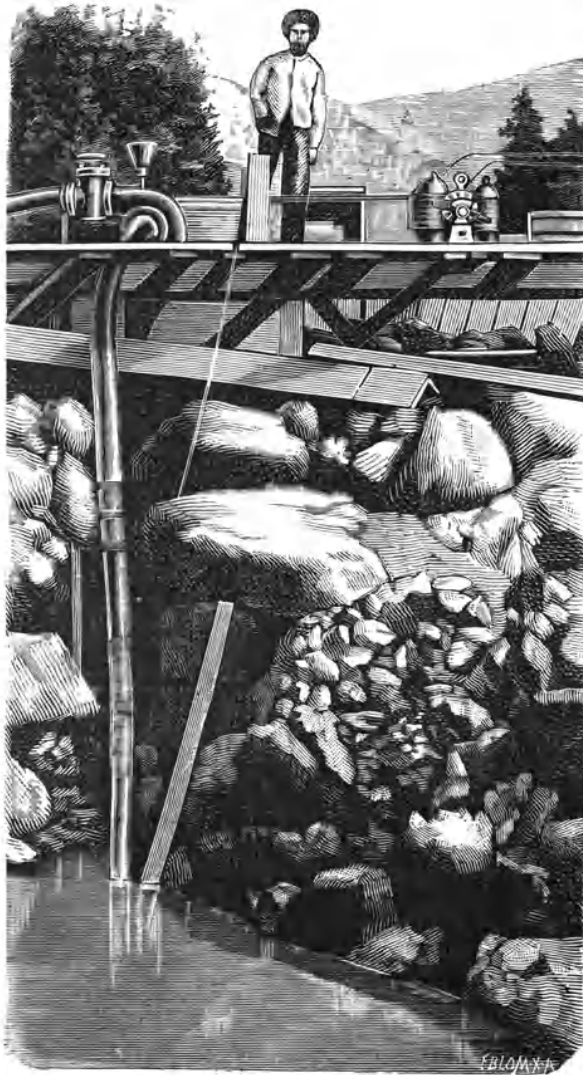


Fig. 368.
Provisorische Entwässerungsanlage mit elektrischem Betriebe.

einen nach unten gerichteten Luftzug, der freilich den älteren Herren mit gelichtetem Haar Schmuck nicht immer angenehm ist.

Obwohl nicht anzunehmen ist, daß die Damen, welche sich im Schaufelstuhl elektrisch anfächeln lassen, sonderliches Interesse an Nähmaschinen haben, so sei doch hier noch eine solche elektrisch betriebene Maschine abgebildet (Fig. 362). Der Motor liegt unter der Tischplatte. Zur Tgangsekung und Regulierung liegt neben ihm ein Rheostat, welcher in einem Kasten eingeschlossen ist. Die Verstellung der Rheostatenkurbel erfolgt durch das Trittbrett, wird also durch den Fuß bewirkt. So sehr es zu wünschen wäre, daß diese

Fig. 360 B dar; es ist dies ein Ventilator der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft“.

Eine besondere Art von Ventilator kennen die hübschen amerikanischen Ladies, welche es in den heißen Tagen des Sommers lieben, von einem leichten Luftzuge angefächelt zu werden. Aus Romani ist ja sattfam das Bild bekannt, wie die liebevolle Creolentochter im Schaufelstuhl liegt und der Sklave oder die Sklavin den großen, in der Thür aufgehängten Fächer hin- und herzieht. Da Sklave und Sklavin vergangen sind, so hat der allezeit chevalereske Elektrotechniker einen elektrischen Sklaven für die Perle der Hacienda konstruiert, den elektrischen Fächer, einen elektrischen Motor mit einigen Windflügeln; Fig. 361 A mag dem Lesereinen Begriff von dieser in heißen Klimaten zweifellos sehr nützlichen Vorrichtung geben. Das spannhohle Motorchen erzeugt Zug genug, um die böse Hitze zu vertreiben, schwerlich aber auch die Moskito's, die für solche Neuerungen kein Verständnis haben und noch nach der alten Mode stechen.

Gefälliger ist der herabhängende elektrische Fächer, der in Fig. 361 B abgebildet ist. Der kleine Motor liegt im Fuß der Vorrichtung, mit welchem sie an der Decke befestigt ist; die Flügel erzeugen

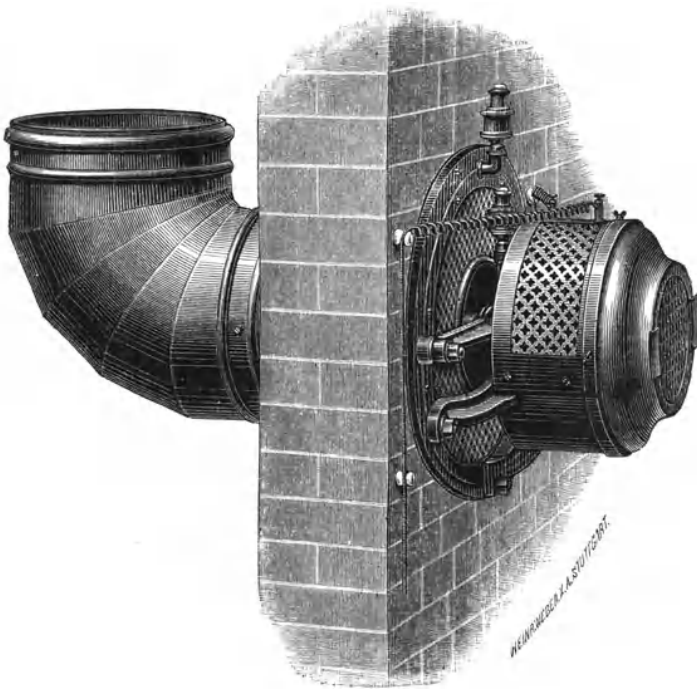


Fig. 360 A.
Elektrischer Ventilator für Fabrikräume von C. & E. Fein.

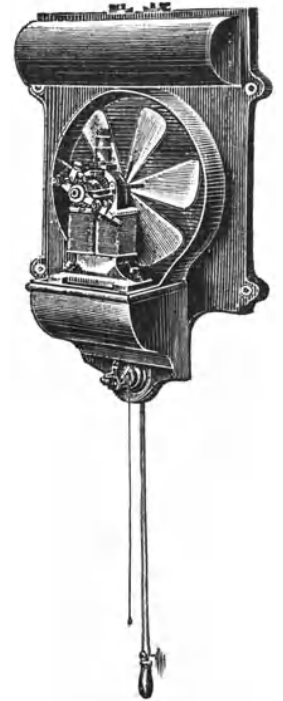


Fig. 360 B. Kleiner elektrischer Ventilator der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft“.

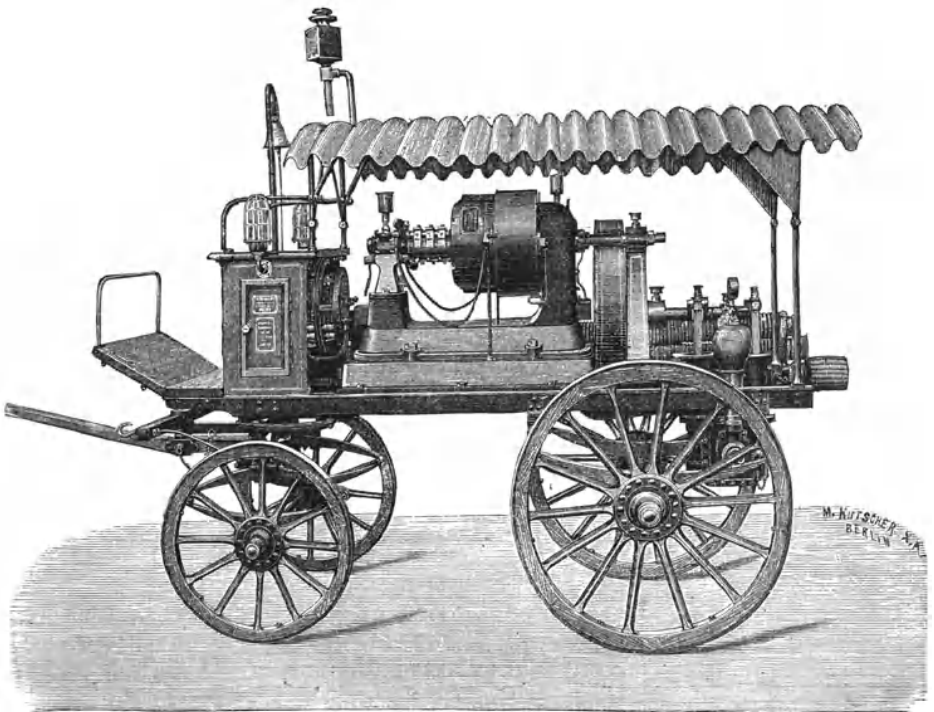


Fig. 369. Elektrische Feuerspritze von D. S. Kummer & Co.

neue Betriebskraft das schädigende Treten der Maschine beseitigen möge, so wird vorerst noch die Anschaffung der Vorrichtung und vor allem der Strombezug seine Schwierigkeiten haben, der letztere zumal in jenen Stadtvierteln, in denen die meisten Nähmaschinen stehen, draußen am Rande der Stadt und vier Stock hoch. Aber wir wollen die Erfindung, auch wenn sie heute noch nicht den Nutzen, am wenigsten

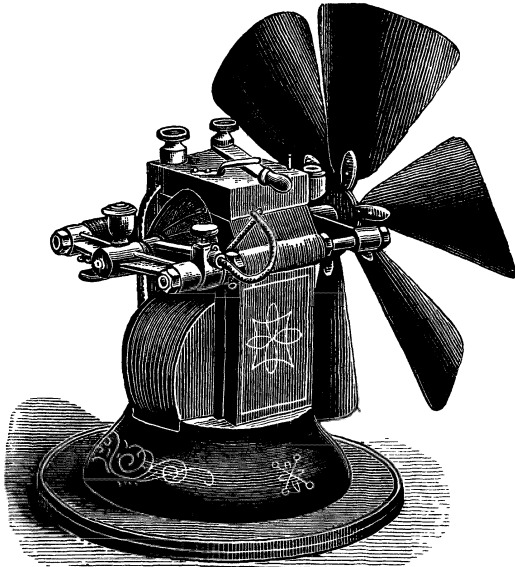


Fig. 361 A. Elektrischer Fächer.

den erhofften sozialen auszuüben vermag, darum nicht mißachten; auch sie läßt erkennen, wie mit der Zeit die Elektrizität eine nützliche Gehilfin in der Hausarbeit zu werden verspricht. Man muß in allen diesen Anwendungen des elektrischen Motors nicht den augenblicklichen Nutzen, die derzeitige Verwendung ins Auge fassen, sondern dieselben als erste Sprossen einer jungen Saat betrachten. Der Leser wolle eingedenk bleiben, daß der elektrische Motor, was seine praktische Anwendung anbetrifft, noch nicht zehn Jahre alt ist; dann wird er verstehen, was aus dem vielversprechenden Jungen werden kann. Wir sehen dabei ganz ab, was sich ereignen wird, wenn verbilligte Stromerzeugungsverfahren erfunden werden; dann ist ja die allgemeine Verwendung des elektrischen Motors so sicher wie das Amen in der

Kirche! Aber auch damit hat ja der elektrische Motor zu thun, und fast hätten wir vergessen dies zu erwähnen, was jedenfalls schade gewesen wäre, denn seine kirchliche Thätigkeit zeigt wiederum, wie verwendbar diese Maschine ist. Wir wollen es übergehen, seine Verwendung zum Läuten der Glocken und zum Aufziehen der Turmuhr zu besprechen, und hier nur seine Thätigkeit als Blasebalgbeweger besprechen. In England und Amerika hat man die glückliche Idee gehabt, den geräuschlosen Motor in den Balgraum zu setzen, um ihm die Bewegung der Bälge zu übertragen; und dieses Amt versteht er besser als die früheren Bälgetreter, die oftmals den Organisten ohne Wind ließen, so daß die Gemeinde ohne Begleitung fortsingen mußte. Dergleichen läßt sich der elektrische Motor nicht zu schulden kommen, denn er hält sich genau an den Windbedarf und liefert immer so viel Wind, als verlangt wird, aber nicht mehr. Unser Bild (Fig. 363) mag dem Leser zeigen, wie der Motor mit den Bälgen verbunden ist.

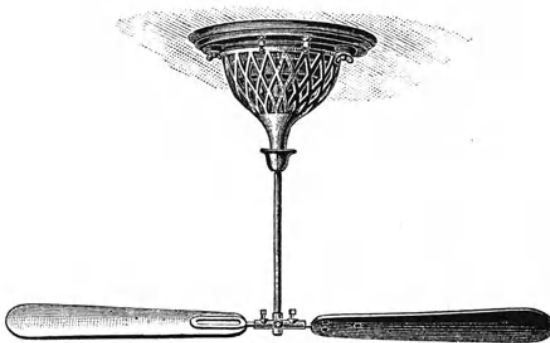


Fig. 361 B.
Elektrischer Fächer an der Zimmerdecke befestigt

Wir kommen zu dem Betrieb von Werkzeugen mittels Elektrizität, welcher sich zum Teil von den früheren Vorrichtungen dadurch unterscheidet, daß der Motor nicht die allverwendbare Form einer Maschine hat, die Drehung liefert, sondern häufig ganz spezielle Formen annimmt, um den benötigten Arbeitsvorgang in bester Weise zu erzeugen und sich gleichzeitig bestens in das Werkzeug einzupassen. Ein Beispiel hierfür sei der

elektrische Hammer, der im Äußern dem Dampfhammer gleicht (Fig. 364). Nur sind hier der Dampfzylinder und der Kolben durch eine andre Hebevorrichtung ersetzt worden, durch hohle Drahtspulen, in denen sich senkrechte Eisenkerne bewegen. Werden diese Spulen vom Strom durchflossen, so ziehen sie die Eisenkerne in sich hinein, in die Höhe, und da mit ihnen der Hammerkloß verbunden ist, so folgt er ihrer Bewegung. Die Spulen sind aus mehreren übereinander liegenden Abteilungen zusammengesetzt, von denen nach Belieben eine von der untersten Spule anfangende Zahl eingeschaltet werden kann. Je nach der Zahl der eingeschalteten Spulen ändert sich die Hubhöhe des Hammers; geht man mit der Einschaltung höher hinauf, so wird auch der Hammerkloß entsprechend höher gehoben. Wie beim Dampfhammer kann eine beliebige Hubhöhe eingestellt werden, so daß der Hammer die Spulen ausschaltet, wenn die verlangte Höhe erreicht ist. Da jetzt die Eisenkerne nicht mehr angezogen werden, stürzt der Hammerkloß herab und schlägt auf das untergelegte Eisen. Statt der selbstthätigen Ausschaltung kann man den Hammer auch durch eine Handschaltung führen und hat es dabei in der Hand, den Hammer zu größeren und geringeren Höhen zu heben, die Schläge also abzustufen zu können.



Fig. 362. Nähmaschine mit elektrischem Betriebe.

Ein andres Schlagwerkzeug ist die elektrische Nietmaschine von Singre (Fig. 365), welche ein andres Prinzip zur Erzielung eines kräftigen Druckes anwendet. In dieser Vorrichtung drückt nämlich der Motor durch die Schraubenspindel einen Kolben nieder, welcher sich in einem mit Öl gefüllten Cylinder bewegt. Mit diesem Cylinder steht ein zweiter weiterer Cylinder in Verbindung, in welchem sich der Kolben L bewegt. Durch den hydraulischen Druck wird nun L kräftig auf den Niet niedergedrückt und formt damit den Kopf des Nietes. Die Vorrichtung hängt an einem Kran, durch welchen sie auf die Arbeitsstelle gebracht werden kann, zwei Handgriffe ermöglichen dem Arbeiter, die Maschine zu bewegen und dieselbe an der richtigen Stelle arbeiten zu lassen.

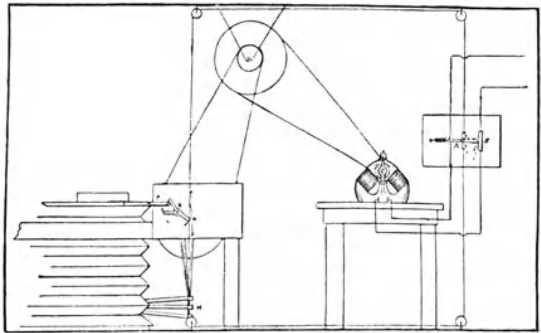


Fig. 363. Elektrischer Betrieb der Blasebälge einer Orgel.

Ähnliche Vorrichtungen sind die elektrisch betriebenen Bohrer, welche wie die eben beschriebene Maschine dort mit Nutzen Anwendung finden werden, wo das Werkzeug zum Werkstück gehen muß, weil dieses nicht zu ihm gehen kann, sei es daß es zu schwer ist, sei es daß es bereits seinen Platz in dem hergestellten Bau gefunden hat; als Beispiel sei hier die Bearbeitung der eisernen Schiffsteile genannt, wenn diese zur Einfügung in den Schiffkörper kommen. Bei der Vorrichtung in unserm Bilde (Fig. 366) ist der Motor nicht unmittelbar mit dem Bohrer verbunden, vielmehr vermittelt eine biegsame Welle die drehende

Bewegung von Motor auf Werkzeug. Der Arbeiter ist dadurch erheblich freier in seinen Bewegungen und kann, ohne eine große Last zu schleppen, eine ziemlich große Arbeitsstrecke beherrschen.

Für kleinere Bohrleistungen kann der Bohrer unmittelbar mit dem Motor verbunden

werden, und man hat die Einrichtung getroffen, daß der auf eine bewegliche Spindel gesteckte Motor mit seinem Bohrer auf das Werkstück niedergesenkt werden kann. Für Bohrer mit fester Spindel kann der Betrieb durch einen elektrischen Motor in gleicher Weise wie beim Transmissionsbetriebe erzielt werden; in dieser Beziehung bietet der elektrische Betrieb keine Besonderheit.

Ein eigenartiges elektrisches Werkzeug ist der Hebemagnet (Fig. 367), welcher in Amerika zum Heben von Eisenplatten u. dergl. benutzt wird. Ein kurzer, aus zwei plattenförmigen Schenkeln zusammengesetzter Elektromagnet wird an der Hebekette befestigt und ergreift, wenn Strom durch ihm geleitet wird, das zu hebende Eisenstück. Unterbricht man den Strom, so hört die

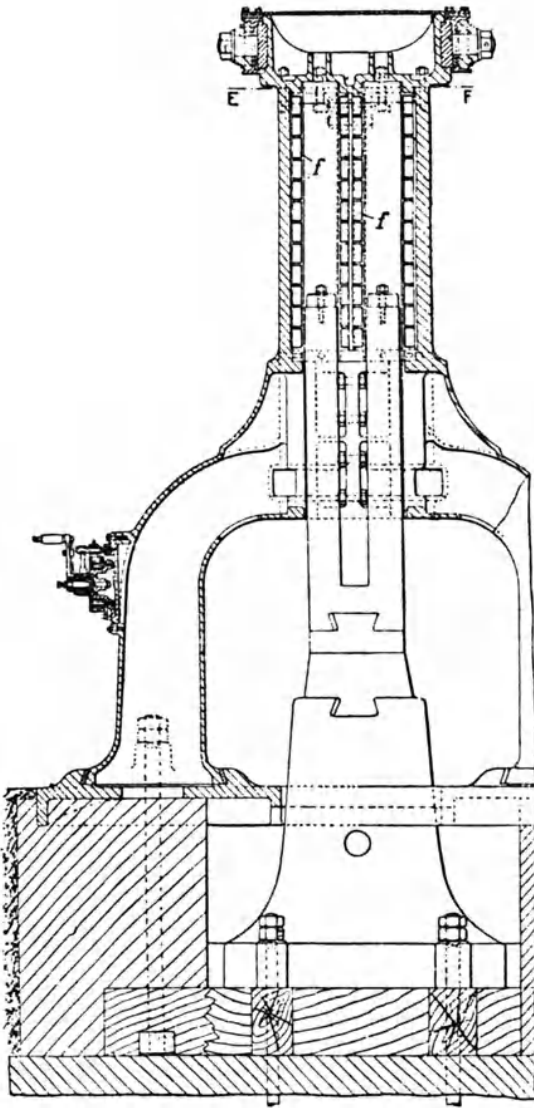


Fig. 364. Elektrischer Hammer.

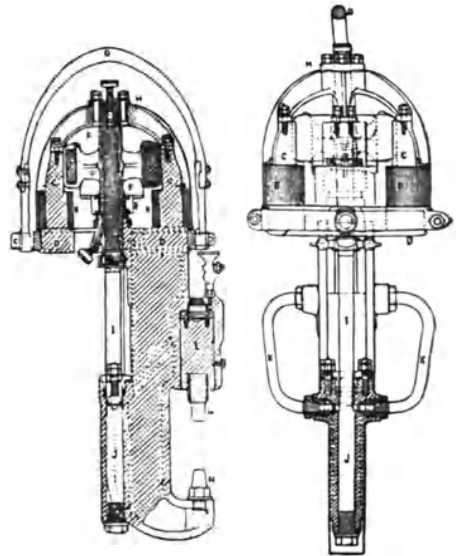


Fig. 365. Elektrische Nietmaschine.

Anziehung auf, der Magnet läßt das Eisenstück los. Auf diese Weise gewinnt man ein bequemes und einfach zu handhabendes Greifwerkzeug, das allerdings nur für Eisen- und Stahlstücke benutzt werden kann.

Eine drollige Anwendung des elektrischen Motors stellt unsere Fig. 368, die Bewegung einer Pferdebürste mittels eines solchen Motors. Einer Erläuterung bedarf das Bild wohl kaum. Ob diese maschinelle Abbürstung der Gauls Zweck hat, müssen die Fachleute mit Pferdeverstand entscheiden.

Die Verwendung des elektrischen Motors im Bergbau wollen wir im ganzen betrachten, obwohl wir die eine und andre Vorrichtung in andern Klassen hätten einreihen können. Aber wir glauben, daß gerade diese Anwendung der elektrischen Betriebskraft

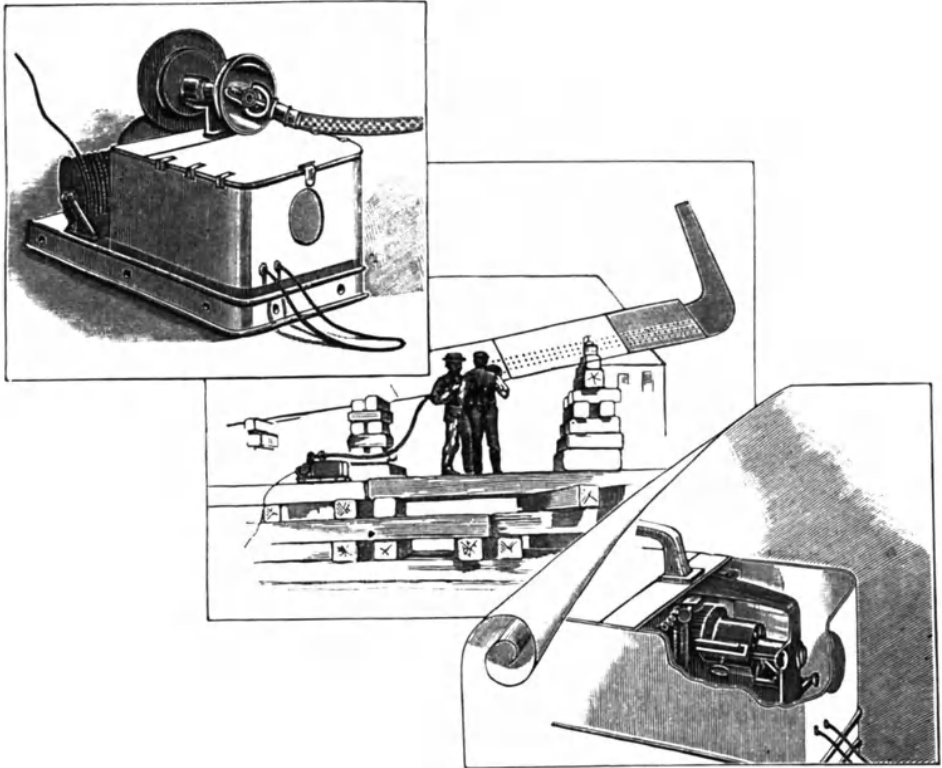


Fig. 366. Elektrisch betriebene Bohrmaschine.

ein besonderes Interesse verdient, und deshalb wollen wir die verschiedenen Verwendungen hier zusammenfassen.

Was für die Anwendung des Stromes für Bergbauzwecke spricht, ist neben seiner ausgezeichneten Übertragbarkeit auch die vielseitige Benutzung, deren er in der genannten Technik fähig ist. Der Bergbau hat bisher die Maschinenkraft noch nicht so ausnutzen können, wie es vielleicht zu wünschen gewesen wäre, und daran war in erster Reihe die erschwerende Herbeischaffung und die passende Umkehrung der Kraft schuld. Die Arbeitsverrichtungen, welche beim Bergbau in Frage

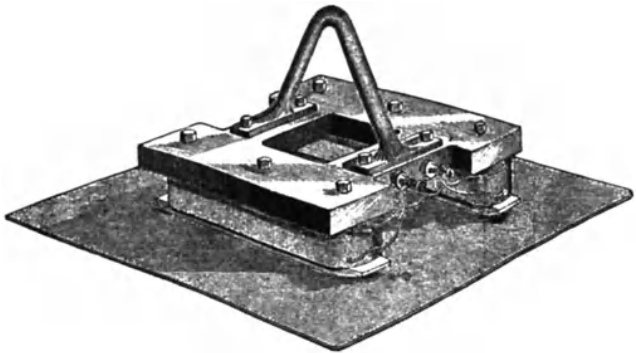


Fig. 367. Hebemagnet für Eisenstücke.

kommen, vollziehen sich vielfach unter sehr erschwerenden Bedingungen, von denen Raum- und die Rücksicht auf Gefahr die ersten sind. Hier hilft nun der Strom in der glücklichsten Weise aus. Zunächst ist seine Erzeugung zumeist mit keinen Schwierigkeiten

verknüpft, da für den Betrieb schon eine Dampfmaschine vorhanden ist oder in vielen Fällen auch eine Wasserkraft nutzbar gemacht werden kann. Das letztere wird namentlich in Berggegenden der Fall sein, und hier kann unter Umständen der elektrische Motor besondere Bedeutung gewinnen, indem er die Beschaffung der für den Bergbau notwendigen motorischen Kraft aus einer entfernten Wasserkraft ermöglicht, wenn die Verhältnisse die Benutzung einer Dampfmaschine nicht ermöglichen.



Fig. 368. Elektrisch betriebene Pferdebestreife.

Die Zuleitung des Stromes in die Grube bietet heute keine Schwierigkeit. Es können Kabel benutzt werden, welche sich mit dem engsten Wege begnügen und allen Windungen desselben leicht folgen. Dadurch wird ermöglicht, den Strom bis in die letzten Ausläufer des Bergwerkes zu schaffen, so daß man die elektrische Betriebskraft an allen Stellen verwenden kann.

Die Behandlung der elektrischen Werkzeuge bietet keine Schwierigkeit, da dieselben so konstruiert sind, um in einfachster Weise gehandhabt werden zu können.

Wir beginnen zunächst mit einem Motor, wie er für beliebige Zwecke in den Gruben benutzt werden kann. In seiner Konstruktion unterscheidet er sich nicht von andern Motoren, nur hat man darauf Bedacht genommen, ihn gegen eindringenden Staub und gegen Wasser

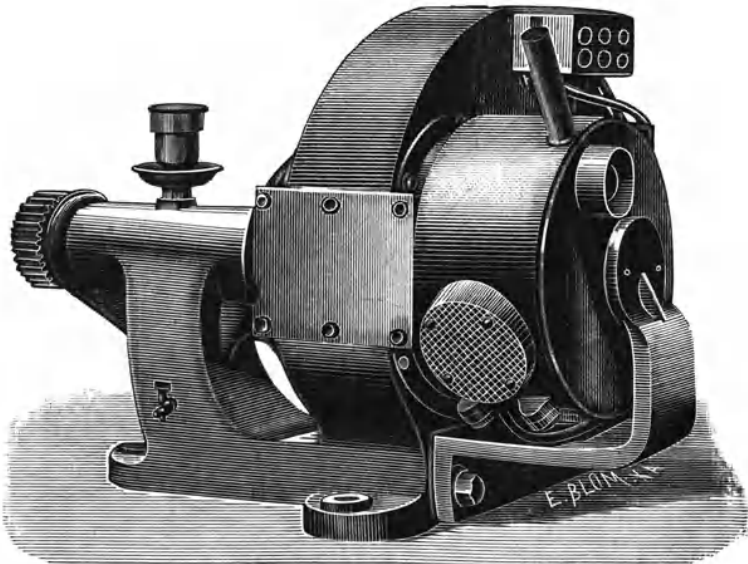


Fig. 369. Wasser- und staubdichter elektrischer Motor für Gruben.

zu schützen, und ihm daher eine Schutzhülle gegeben, welche die bewegten Teile sicher nach außen verdeckt. Fig. 369 zeigt diesen Motor, der aus England stammt. Ein solcher

Motor kann in der Grube in vielfacher Verwendung gebraucht werden, sei es zum Bewegen von Lasten, sei es für den Betrieb von Pumpen oder Ventilatoren oder auch von

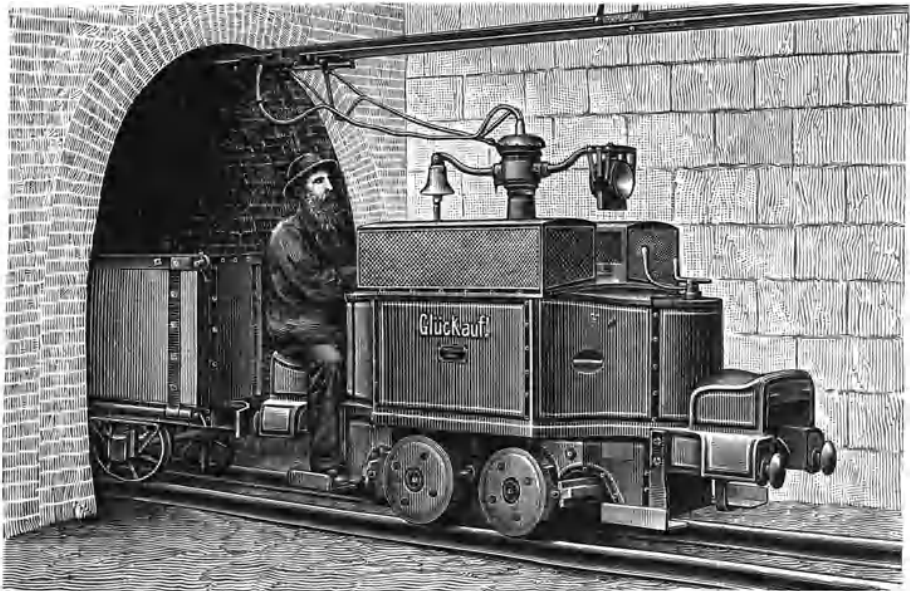


Fig. 370. Elektrische Grubenlokomotive von Siemens & Halske.

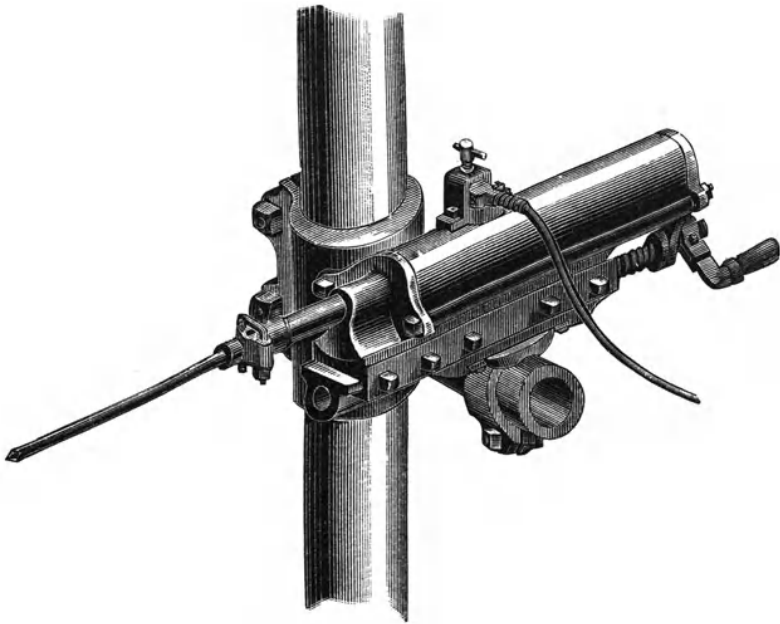


Fig. 371. Elektrischer Gesteinbohrer.

irgend welchen Arbeitsmaschinen. Er bedingt keine Gefahr für den Betrieb, wie etwa die Dampfmaschine, und hat vor dem Druckluftmotor den Vorzug, daß die Zuleitung der We-
triebskraft bei ihm sehr viel einfacher und leichter ist.

Eine der ältesten Anwendungen des elektrischen Motors in Gruben ist die für den Betrieb der Grubenbahnen; für diese mußte früher Menschen- oder Pferdekraft oder Seilbetrieb angewendet werden, welche in Leistung und Billigkeit dem elektrischen Betriebe erheblich nachstehen. Wir wollen an dieser Stelle nur die Abbildung einer solchen Grubenbahn geben, wie sie als erste von Siemens & Halske gebaut worden ist, und uns die Beschreibung der elektrischen Lokomotive und der übrigen Teile solcher Bahnen für später vorbehalten, wo wir über elektrisch betriebene Fahrzeuge sprechen werden. (Vergl. Fig. 370.)

Das große Berliner Haus hatte den Bau solcher Grubenbahnen sofort begonnen, nachdem es mit den elektrischen Bahnen hervorgetreten war; leider fand es in Deutschland hiermit keinen sehr fruchtbaren Boden, und erst der Erfolg der amerikanischen Elektrotechniker hat neuestens die Sache wieder in Fluß gebracht.



Fig. 372. Elektrischer Gesteinbohrer von van Depoele.

Eine erhöhte Bedeutung hat neuerdings die elektrische Bearbeitung des Gesteins gewonnen, nachdem die Amerikaner es sich haben angelegen sein lassen, die Werkzeuge für diese Zwecke zur praktischen Brauchbarkeit auszubilden. Bisher war man für den Angriff des Gesteines auf die Handarbeit und, wo man Maschinen verwendete, auf Druckluftmotoren angewiesen. Die letzteren haben sich im Bergbau, zumal im Tunnelbau, gut bewährt und den Beweis geliefert, daß man in solchen Fällen mit Vorteil Maschinenkraft anwenden kann. Aber die Druckluftbohrer erfordern eine schwierig herzustellende Druckluftleitung und erheben auch für ihre Aufstellung Ansprüche, welche sie in manchen Fällen unverwendbar machen. Diese Mängel zeigen die elektrischen Gesteinbohrer nicht da

ihre Leitung überall hin mit dem Menschen mitkriechen kann und für die Anbringung des Bohrers (vergl. Fig. 371) ein stehender Balken genügt, an welchem er angeschraubt werden kann. Bei dem hier abgebildeten Bohrer wird ein Eisenkern durch zwei in abwechselnde Funktion tretende Spulen hin und her bewegt, und dadurch übt der mit dem Kern verbundene Bohrer in rascher Folge Stöße auf das Gestein aus.

Dieser von der „General Electric Co.“ konstruierte Gesteinbohrer kann in der Minute 600 Schläge hervorbringen und in dieser Zeit bei einem Aufwande von fünf Pferdekraften ein Loch von 50 Millimeter Tiefe und 40 Millimeter Durchmesser in hartes Gestein bohren.

Das zur Hin- und Herbewegung des Bohrers in diesem Bohrer benutzte Prinzip ist zuerst von dem amerikanischen Elektriker van Depoele angegeben, dessen in Fig. 372 abgebildeter Gesteinbohrer von der „Thomson-Houston-Co.“ fabriziert wird. Bei demselben liegen drei Spulen (Fig. 373) in einer Achse, in welcher sich ein Eisenkern bewegt. Die mittlere Spule wird durch einen Gleichstrom erregt und gibt dem Eisenkern feste Pole, während die beiden andern Spulen von Wechselstrom durchflossen werden. Je nach der Richtung des Wechselstromimpulses wird nun das untere Ende des Eisenkernes, das süd magnetisch polarisiert ist, von dem einen oder andern Ende der unten liegenden Spule angezogen werden, und einer gleichen und mit der ersteren Wechselstromspule gleich gehenden Beeinflussung unterliegt das Nordpolende des Eisenkernes durch die oben liegende Spule. Wechselt die Stromrichtung, so wechseln die Wechselstromspulen ihre Polarität und verschieben den Eisenkern um ihre Länge. Bei jedem Stromwechsel wird also der Eisenkern einen Hin- oder Hergang machen, und dadurch wird seine Bewegung ohne Zuhilfenahme einer mechanischen Umschaltvorrichtung hervorgebracht. Der die mittlere Spule erregende Gleichstrom braucht eine besondere Zuleitung, kann aber als Rückleitung eine der Wechselstromleitungen benutzen, ohne daß diese Nebeneinanderlegung von Gleichstrom und Wechselstrom die beiden Ströme stört.

Der van Depoele-Bohrer ist auf einen Dreifuß gestellt und kann auf diesem in verschiedenen Lagen, senkrecht und geneigt, arbeiten. Der Hub beträgt 138 Millimeter und die Zahl der minutlichen Schläge 325. Zur Vorschubung des Bohrers entsprechend seiner

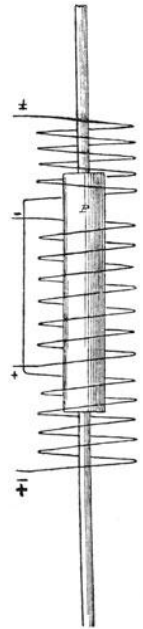


Fig. 373.
Prinzip des van
Depoeleschen Ge-
steinbohrers.

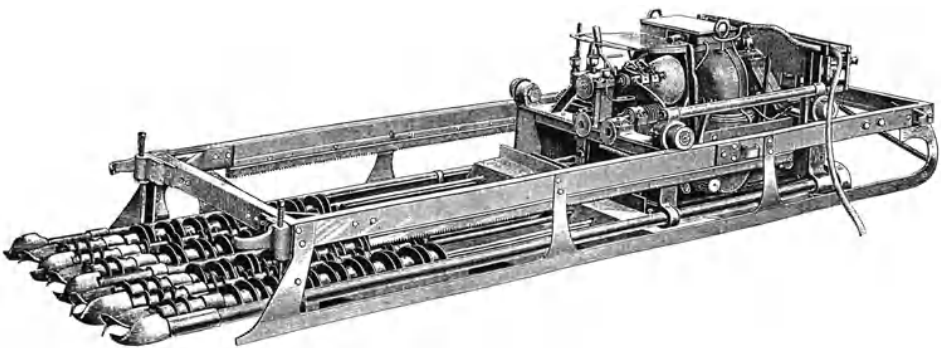


Fig. 374. Miniermaschine mit elektrischem Betrieb.

Einarbeitung in das Gestein kann der Bohrer mittels einer durch Handkurbel betätigten Schraube bewegt werden.

Zum Ausschneiden der Kohle aus breiten Flözen, zum Einarbeiten von Schlitzen unterhalb der Kohlenadern und Erzgänge baut die „Thomson-Houston-Co.“ Maschinen mit mehreren nebeneinander stehenden Bohrern, wie sie Fig. 374 zeigt. Diese Maschine gestattet, Einschnitte von 100 Millimeter Höhe, 900 Millimeter Breite und 1500 Millimeter

Länge in das Gebirge zu machen und hat hierfür neun horizontale Bohrer, welche durch den auf dem Gestell stehenden elektrischen Motor bewegt werden.

Von elektrischen Fördermaschinen sei hier die der eben genannten Firma abgebildete (Fig. 375) erwähnt. Auf der Grundplatte der Winde steht ein elektrischer Motor, dessen Bewegung auf die Seiltrommel übertragen wird. Zur Einschaltung des Motors, Umsteuerung desselben, Bremsung der Winde u. s. w. sind Steuerhebel angebracht, welche dem Maschinenführer die volle und leichte Beherrschung der Maschine ermöglichen. Dieser mechanische Teil der Vorrichtung kann hier übergangen werden, da es uns nur darauf ankommt, die Verbindung des Motors mit der Winde und die vergleichsweise kleine Rauminanspruchnahme des ersteren zu zeigen.

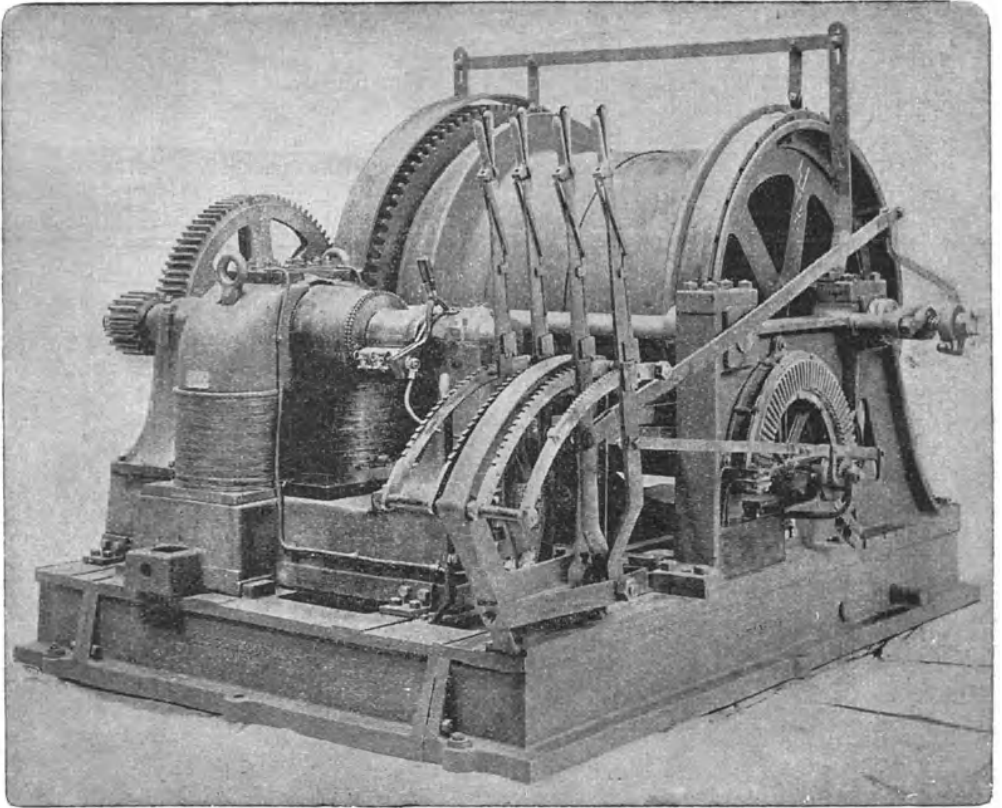


Fig. 375. Elektrisch betriebene Fördermaschine.

Es ist selbstverständlich, daß der elektrische Motor auch zum Betriebe von andern über Tage stehenden Maschinen verwendet werden kann, so zur Aufbereitung des Erzes u. s. w., für die Pumpenanlagen und andre Einrichtungen.

Der elektrische Betrieb von Fahrzeugen. Von allen Anwendungen des elektrischen Motors hat zur Zeit keine eine solche Bedeutung wie die für den Betrieb von Fahrzeugen, speziell von Straßenbahnwagen. Die erste derartige Bahn wurde von Siemens & Halske im Jahre 1879 zur Schaustellung auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung erbaut, und der Erfolg derselben veranlaßte die Firma, um sich die Priorität der Erfindung zweifellos zu sichern, eine wirkliche dauernde Betriebsbahn einzurichten, welche sie im folgenden Jahre zur Verbindung des Kadettenhauses in Lichterfelde, einem Villenort bei Berlin, mit dem dortigen Bahnhofe errichtete und seither regelmäßig betrieben hat. Dieser Bahn folgte eine zweite, von derselben Firma bei Offenbach erbaute, eine andre bei MÖgling bei Wien

und mehrere Grubenbahnen. Dann hörte man aber längere Zeit nichts mehr von elektrischen Bahnen, außer von den in Hamburg und Brüssel mit Akkumulatoren betriebenen Straßenbahnwagen und einer bei Portrush in England errichteten Anlage. Mitte der achtziger Jahre nahmen aber die Amerikaner die Erfindung in Benutzung und bildeten dieselbe technisch aus, indem sie vor allem die prekäre Zuleitung des Stromes durch die Schienen durch ein oberirdisches sehr einfaches System ersetzten. Ihre Anstrengungen krönte ein großartiger Erfolg, und die Zahl der elektrisch betriebenen Linien wuchs von Jahr zu Jahr. Die beistehend kleine Tabelle mag dies erkennen lassen. Es waren

Ende 1887	in den Vereinigten Staaten	22 elektrische Bahnen im Betrieb.
" 1888	52 " " " "
" 1889	110 " " " "
" 1890	280 " " " "
" 1891	schätzungsweise	500 " " " "

Diese Erfolge wirkten auch auf Europa zurück, und man war darauf bedacht, die Konstruktionen für unsre Verhältnisse anzupassen. Die oberirdische Leitung begegnet bei uns, soweit sie in den Straßen der Städte in Anwendung kommen soll, einem großen Widerstande, der darin begründet ist, daß die Überspannung der Straßen mit Drähten weder schön noch auch mit Rücksicht auf die Verkehrs- und andre Verhältnisse empfehlenswert ist; der Amerikaner ist in dieser Beziehung weniger heikel und nimmt gern bei einer praktischen Sache das weniger schöne Aussehen und die Möglichkeit von Störungen in den Kauf. Man griff deswegen bei uns auf unterirdische Stromzuführung zurück, und Siemens & Halske bauten eine solche Straßenbahn in Budapest, welche weiter unten beschrieben werden soll.

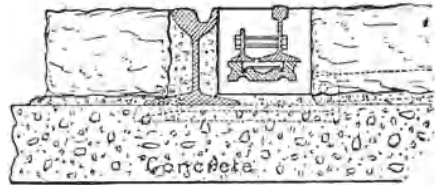


Fig. 876. Unterirdische Zuleitung für elektrische Straßenbahnen nach dem Kneiffen System.

Derartige unterirdische Stromzuführungen verteuern aber den Bau der Bahnen bedenklich, und deshalb suchte man die oberirdische Leitung bei uns einzuführen. Der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ gelang es, die Genehmigung zum Bau einer solchen Vorstadtbahn in Halle a. S. zu erhalten, und sie hat dort eine Bahn nach diesem System eingerichtet. Während der Bremer Industrie-Ausstellung hatte die „Thomson-Houston International Electric Co.“, die in Hamburg anässig ist, eine Versuchslinie zur Verbindung der Stadt mit dem Ausstellungspalast errichtet, bei welcher ebenfalls oberirdische Leitung zur Verwendung kam. Wenn wir uns nun der Konstruktion der elektrischen Bahnen zuwenden, so haben wir zunächst zwei gesonderte Typen zu unterscheiden. Bei der ersten Art wird der Strom aus einer Zentralstelle zugeleitet, bei der andern wird die benötigte elektrische Betriebskraft in Akkumulatoren mitgeführt.

Was die Bahnen mit Stromzuleitung angeht, so unterscheiden wir zunächst solche mit Zuführung durch die Schienen und solche mit besonderer Zuführungsleitung; bei den letzteren kann die Leitung oberirdisch und zwar entweder unter dem Wagen oder hoch über demselben oder unterirdisch liegen.

Die Benutzung der Schienen für Hin- und Rückleitung ist die einfachste und billigste, leider aber auch diejenige, welche sich am wenigsten verwendbar zeigt. Sie hat einen großen Feind und das ist die Feuchtigkeit, welche dem Strom einen Nebenweg zwischen den beiden Schienenleitungen verschafft und bei längeren Strecken solche Verluste hervorbringt, daß ein rationeller Betrieb nicht möglich ist. Zudem hindert auch der feuchte Straßenschmutz den guten Kontakt zwischen Schienen und den Stromabnehmern, und es treten auch anderweitige Mißstände auf, welche diese Stromzuführungsart in den Städten verbieten. Daß sie unter gewissen Umständen anwendbar ist, hat die Lichterfelder Bahn gezeigt, welche bis vor Jahresfrist noch Schienenzuleitung hatte. Hier lagen aber die Schienen auf einem besonderen Fahrdamme und in verhältnismäßig trockener Bettung.

Auch war dafür gesorgt, daß beim Befahren der Bahn nur jeweils ein kleineres Stück des Schienenweges mit der isoliert geführten Stromzuleitung verbunden und wieder ausgeschaltet wurde, wenn der Wagen in einen neuen Block einfuhr, der nun seinerseits durch die vom Wagen selbst betätigte Ein- und Auschaltvorrichtung eingeschaltet wurde.

Mit einer solchen Einrichtung, bei welcher der Schienenstrang in eine Anzahl Blöcke geteilt ist und immer nur derjenige Block mit der besonders geführten Stromleitung verbunden ist, hat man allerdings nicht die Stromverluste zu befürchten, welche bei der einfachen Zuführung durch die Schienen entstehen. Aber einerseits bleiben die Übelstände bestehen, welche in dem durch Schmutz gestörten Kontakt begründet sind, andererseits ist auch die Anbringung der vom Wagen betätigten Umschalter in den Straßen erschwert. Um diese letztere Schwierigkeit zu beseitigen, hat Lineff ein sehr hübsches System erdacht.

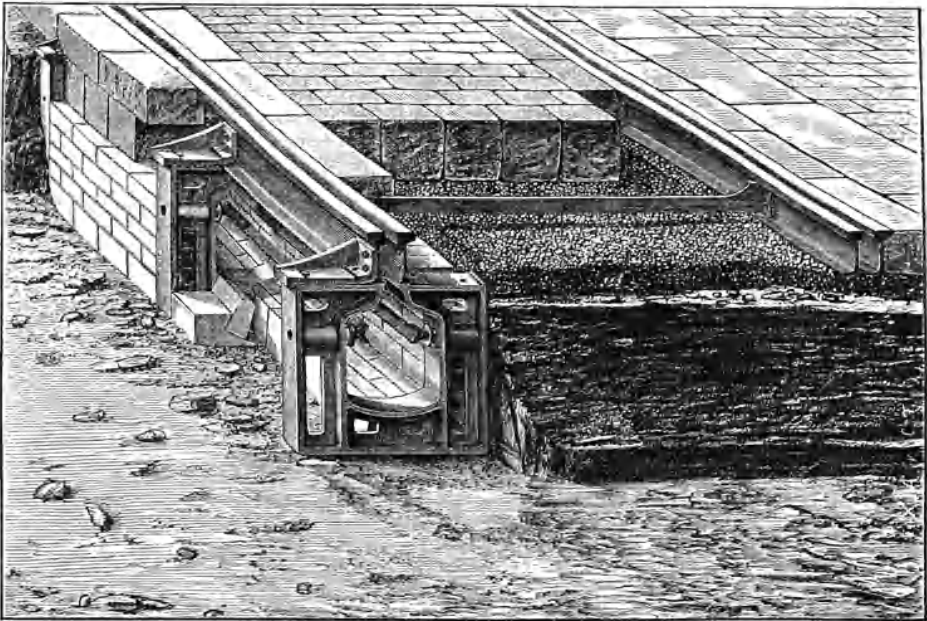


Fig. 377. Die unterirdische Zuleitung der Budapester elektrischen Bahn.

Lineff benutzt eine besondere, in der Mitte zwischen den Fahrchienen liegende Zuleitung, welche im Niveau der Straße liegt. Diese Zuleitung besteht aus kurzen, ein Meter langen Stücken, welche voneinander getrennt in Asphalt eingebettet sind (Fig. 376). An diesen Schienenstücken sitzen unten etwas kleinere T-förmige Schienen, die mit den ersteren leitend verbunden sind und mit ihrem breiten Kopf nach unten stehen. Diese Leitungsstücke verdecken einen kleinen gemauerten Kanal, in welchem die Stromleitung liegt. Dieselbe besteht aus zwei als Luftleitungen auf Isolatoren geführten nackten Kupferdrähten, auf denen lose ein verzinntes Eisenband liegt. Der Wagen trägt nun einen vom zugeleiteten Strom erregten, kräftigen Elektromagneten, welcher durch die Schienen hindurch auf das Eisenband wirkt, dasselbe anzieht und an die untere Seite der gerade unter dem Magneten liegenden Zuleitungsschiene preßt; diese ist also durch das Eisenband in Verbindung mit den Kupferdrähten, also mit dem einen Pol des Stromerzeugers, und kann durch eine am Wagen befestigte Kontaktbürste, welche auf den Zuleitungsschienen schleift, dem Motor Strom zuführen. Die Rückleitung erfolgt durch die Fahrchienen.

Bei den Bahnen mit unterirdischer Zuleitung wird diese als nackte Leitung isoliert in einem Kanal längs des Schienenweges untergebracht, und man läßt nun eine Kontaktvorrichtung, welche am Wagen befestigt ist, an der Leitung schleifen. Man hat aber hierbei

Bedacht darauf zu nehmen, daß das Straßenwasser durch den Schütz, welcher zur Verbindung des Wagens mit der Kontaktvorrichtung vorhanden sein muß, in den Kanal läuft und bei starken Regengüssen denselben ziemlich stark füllen kann. Es wird deswegen nötig, nicht nur für eine gute Abführung des eingedrungenen Wassers zu sorgen, sondern auch den Kanal so geräumig zu machen, daß er größere Wassermengen aufnehmen kann, ohne daß das Wasser die Leitungen berührt. Man sieht also, daß ein enger Kanal den Bedingungen nicht genügen kann, sondern daß ein ziemlich weiter Bau hergestellt werden muß, und dies ist es in erster Reihe, was die Anlage der unterirdischen Zuführung erheblich verteuert.

Man wird dies aus der beigelegten Abbildung der unterirdischen Leitungsanlage, welche bei der Budapester Bahn in Anwendung gebracht ist, verstehen. Wie unsere Fig. 377 zeigt, sind im Straßenkörper mit 1,2 Meter Abstand eiserne Rahmen aufgestellt, welche die eine Fahrchiene tragen und gleichzeitig zur Anbringung der Isolatoren der beiden

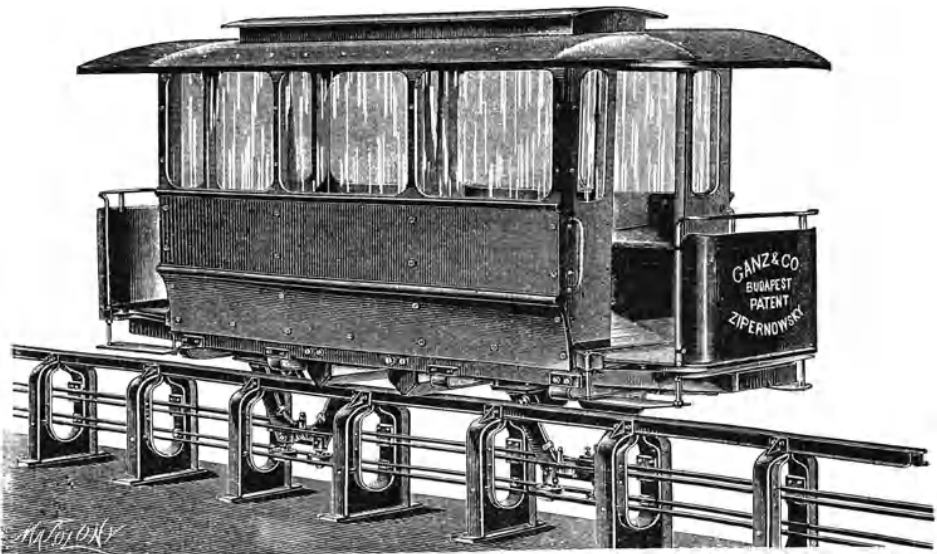


Fig. 378 Einseitige elektrische Bahn von Ganz & Co.

Leitungen dienen. Diese Leitungen sind zwei Winkleisen, die sich gegenüberstehen; sie werden durch Klammern, die in den Isolatoren sitzen, gehalten. Durch die Reihe der Rahmen wird ein Kanal gebildet, dessen leere Wände und Boden durch Ziegelmauerung ausgefüllt werden, auf welche dann noch die Kopfsteine gesetzt werden. Der auf diese Weise bis auf den Zuleitungsschütz verschlossene Kanal verdeckt in sicherer Weise die beiden Leitungen und gestattet dem eindringenden Wasser einen genügenden Abfluß. Durch den Schütz der Kanalschiene führt eine eiserne Platte, welche am Wagen befestigt ist; dieselbe trägt die Schleifkontakte, die an den Zuleitungsschienen entlang gleiten, sowie die Zuleitungen zum Motor des Wagens, so daß dieser stets mit der Stromquelle in Verbindung ist. Zweifellos ist diese Anordnung der Leitung eine sehr gute und zuverlässige, aber unsern bestehenden Pferdebahnen ist sie zu teuer, und so macht beispielsweise die Große Berliner Pferdebahngesellschaft, welcher so ziemlich alle Pferdebahnlinsen in Berlin gehören, nicht mit Unrecht geltend, daß sie einen solchen kostspieligen Bau in der ihr noch zustehenden Konzessionszeit nicht mehr würde amortisieren können und sie deshalb keinen Vorteil in der Einführung des elektrischen Betriebes zu sehen vermag, zumal die billigere oberirdische Leitungszuführung ihr nicht gestattet wird. Vom Standpunkte des Pferdebahnunternehmers läßt sich gegen diesen Einwand wenig sagen, und er erklärt zum Teil, warum unsere Pferdebahnen nicht den amerikanischen in der Einführung des elektrischen Betriebes gefolgt sind.

Eine Konstruktion, welche der von Siemens & Halske in elektrischer Beziehung verwandt ist, nach einer andern hin aber etwas ganz Neues bietet, ist die einschienige Bahn von Ganz & Co. Einschienig ist diese Bahn insofern, als sie nur eine Schiene im Niveau der Straße zeigt, eine zweite dagegen unter der ersten liegen hat, in welcher

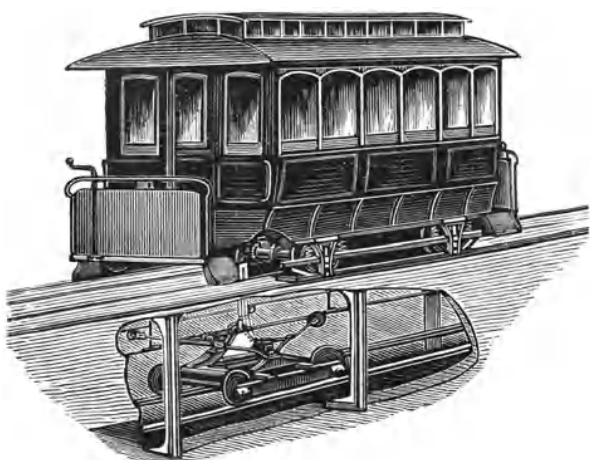


Fig. 379. Zuleitung vermittelt eines unterirdischen Kontaktwagens.

die Führungsrollen laufen. Fig. 378 stellt diese Vorrichtung dar. Auch hier sehen wir in kurzen Zwischenräumen eiserne Rahmen aufgestellt, welche als Füße für die doppelte Lauffschiene dienen. Auf dieser Schiene laufen die schräg gestellten Räder, welche den Wagen tragen. Durch den Schlitze führen eiserne Arme, welche die auf den unteren Schienen laufenden Rollen tragen und dadurch den Wagen in seiner richtigen Stellung erhalten. Neben den unteren Schienen liegen dann in dem Kanal, den die Rahmen und das Mauerwerk wie bei der Bahn von Siemens & Halske bilden, isolierte Zuleitungsschienen, an denen die Schleifkontakte gleiten. Es mag dahingestellt bleiben, ob die Konstruktion in ökonomischer Hinsicht zweckmäßig ist; die Firma macht geltend, daß der Bau billiger kommt als bei Legung zweier Schienen. Vielleicht fällt aber mehr der andre Vorteil ins Gewicht, daß diese einspurige Bahn weniger Straßbreite in Anspruch

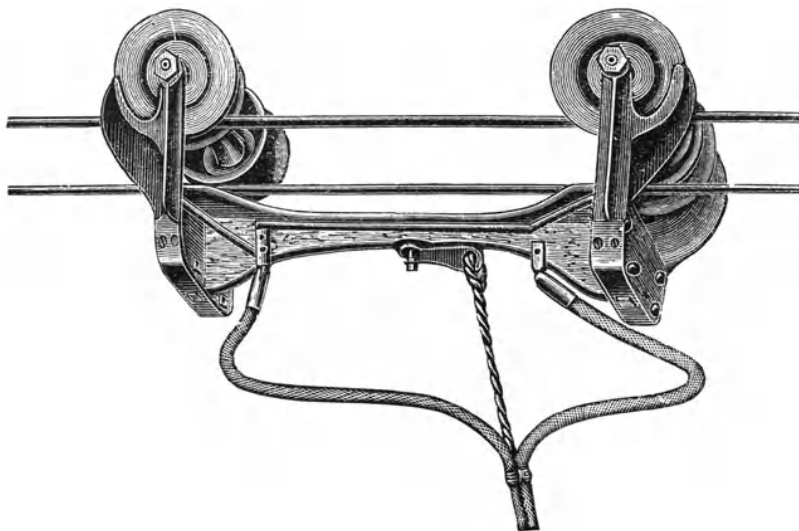


Fig. 380. Kontaktwagen für oberirdische Zuleitung.

nimmt und in kleineren Radien fahren kann, was zweifellos in eng gebauten Städten von Wert ist.

Da wir gerade bei Ganz & Co. sind, so haben wir eines Projektes der Firma zu erwähnen, welches, wenn es noch zur Ausführung gelangt und sich bewährt, eine Umwälzung im Personenverkehr hervorzurufen geeignet ist. Die Firma wollte zwischen Wien

und Budapest eine elektrische Schnellbahn bauen, deren Züge ohne Zwischenstation die Strecke durchlaufen. Wir kommen auf das Projekt später zurück.

Statt des am Wagen befestigten Schleifkontaktes ist mehrfach auch eine Laufrolle, wie wir sie später bei den oberirdischen Zuleitungen finden werden, in Vorschlag gebracht worden. Man ist sogar so weit gegangen, eine kleine unterirdische Bahn anzuordnen, auf welcher sich ein Wagen bewegt, der den Laufkontakt trägt, und hat dann für diesen die Anordnung gewählt, die wir gleich bei den Stangenkontakten der oberirdischen Zuleitungen kennen lernen werden. Fig. 379 mag diese Idee veranschaulichen, die in der Ausführung aber kaum billiger sein wird als die Kontakteinrichtungen von Siemens & Halske und Ganz & Co.

Dort, wo Rücksichten auf das Aussehen, auf den Verkehr u. s. w. es erlauben, wird man die teure unterirdische Zuleitung gern aufgeben und die oberirdische wählen, so z. B.

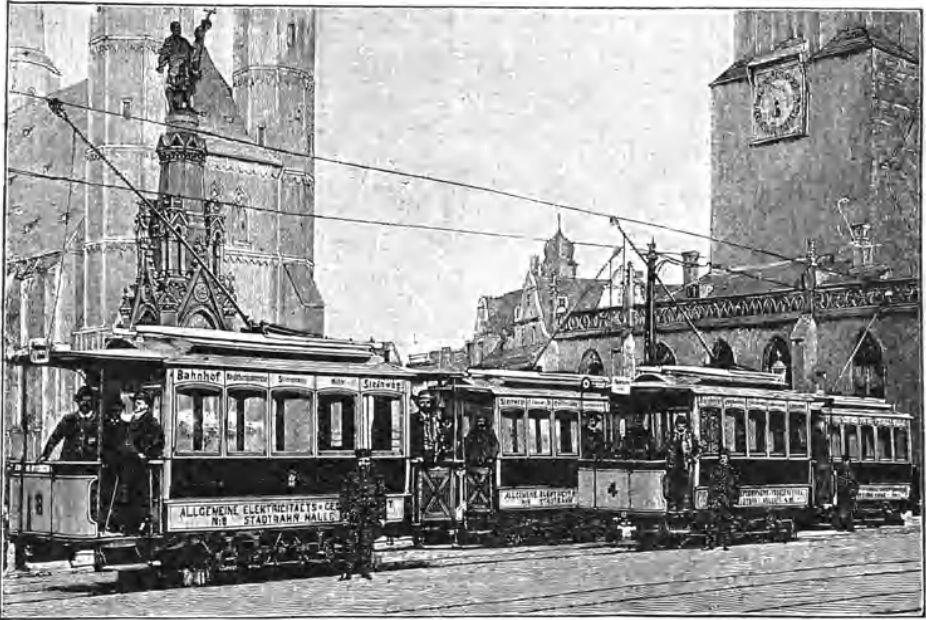


Fig. 381. Wagen der elektrischen Bahn in Halle a. S.

auf weniger belebten Straßen, auf Chaussees u. s. w. So einfach nun die Frage zu lösen scheint, wie man die oberirdische Leitung mit dem Wagen in Verbindung setzen soll, so große Schwierigkeiten hat sie doch bereitet, und darum wird man die ungemein einfache und praktische Anordnung, welche die Amerikaner in ihrem Stangenkontakt gefunden haben, um so mehr anerkennen müssen.

Die Schwierigkeit, welche hier zu überwinden war, besteht darin, den Laufkontakt in guter Berührung mit der Leitung und in freier, ungestörter Bewegung zu halten. Man wird nun versucht sein, dies durch eine auf der Luftleitung laufende Rolle zu erreichen, allein hier bietet die Überschreitung der Isolatoren Schwierigkeiten, und außerdem ist auch die Berührung zwischen Rolle und dem meist berußten und oxydierten Drahte keine gute. Siemens & Halske versuchten bei ihren ersten Bahnen mit oberirdischer Zuleitung geschlichte Eisenröhren anzuwenden, welche längs der Bahnstrecke auf Pfählen geführt sind, und in denen ein metallenes Schiffchen mit federnden Armen läuft. Dasselbe wird an einem Arme, der durch den Schütz reicht, vom Wagen mittels der Zuleitungsschmur nachgeschleppt. Das ziemlich verdeckte Innere der Röhre bleibt genügend blank, zumal die Reibung des Schiffchens an den Innenwänden dazu beiträgt.

Die Laufrollen, welche für eine und zwei Leitungen eingerichtet sein können, werden als kleine Wagen konstruiert, welche mit ihren tief eingeschnittenen Rädern auf den Leitungen laufen und durch die Zuleitung vom Wagen mitgeschleppt werden. Unsrer Fig. 380 zeigt einen solchen Kontaktwagen.

Im allgemeinen ist die Zuleitung durch Laufrolle weniger beliebt als die mittels Stangenkontakt, teils weil letzterer leichter wieder eingerichtet, wenn einmal das Kontakt-
rad aus der Leitung herauspringt, teils auch weil sich die Weichen und Kreuzungen bei ihm einfacher und sicherer gestalten lassen. Bezüglich dieses Punktes hat man zu berücksichtigen, daß der Weiche und der Kreuzung der Schienen auch eine solche der oberirdischen Leitung entsprechen muß, und gerade diese Leitungsweichen zc. haben den Konstrukteuren manche Schwierigkeiten gemacht. Wir müssen diese Einzelheiten übergehen und bemerken



Fig. 382. Elektrischer Wagen mit Stangenkontakt für Doppelleitung.

nur, daß die amerikanischen Ingenieure sehr hübsche und einfache Anordnungen erfunden haben, um die gedachten Zwecke zu erreichen.

Um die Übelstände der Zuleitung mittels Laufrolle zu beseitigen, haben die Amerikaner eine andre Zuführungart gewählt. Sie setzen auf das Verdeck eine Stange, die unten in einer federnden Büchse steckt. Auf dem oberen Ende der Stange sitzt eine metallene Rolle, die durch eine Leitung mit dem Motor des Wagens in Verbindung steht. Durch den Druck der Federn der Büchse legt sich diese Rolle an die oberirdische Leitung, welche naturgemäß über der Mitte des Schienenweges geführt sein muß. Unser Bild (Fig. 381) gibt ein Bild einer Straße in Halle a. S., auf welcher sich derartige Wagen, und zwar der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft“, welche das System von Sprague benutzt, stehen. Statt der Kontaktrolle setzt man zuweilen auch einen Gleitschuh auf das Ende der Stange, welcher auf größerer Fläche mit der Leitung in Berührung ist als eine Rolle und durch Schleifen die Leitung besser blank hält. Bei dieser Anlage ist nur eine oberirdische Zuleitung vorhanden, und die Rückleitung erfolgt durch die Schienen. Man kann nun aber die oberirdische Leitung verdoppeln und auch die Rückleitung hierher legen. Dann wird der Stangenkontakt zwei Kontaktrollen, wie es Fig. 382 zeigt.

Die Firma Siemens & Halske hat neuerdings bei ihrer Lichterfelder Bahn den Stangenkontakt durch einen Schleifkontakt ersetzt, welcher durch einen auf das Dach gesetzten federnden Drahtbügel gebildet wird; unsere Fig. 383 zeigt, wie dieser Kontakt mit Wagen und Leitung in Verbindung steht. Der Vorteil der Anordnung ist darin zu suchen, daß dem Kontakt eine größere seitliche Ausweichung ermöglicht ist, ohne daß die Gefahr einer Trennung des Kontaktes von der Leitung, wie sie bei der Rolle leicht eintritt, besteht. Dagegen ist bei diesem Kontakt die Berührungsfläche zwischen dem laufenden Metallteil und der Leitung kleiner als bei der Rolle.

Nächst der Zuleitung interessiert uns an den elektrischen Bahnen der Motor; er hat in dieser Verwendung manchen Anforderungen zu genügen, die für ihn, wo er fest aufgestellt ist, nicht bestehen. Eine große Schwierigkeit fand man anfangs darin, daß die hohe Umlaufzahl des Motors auf die erheblich geringere der Wagenräder reduziert werden

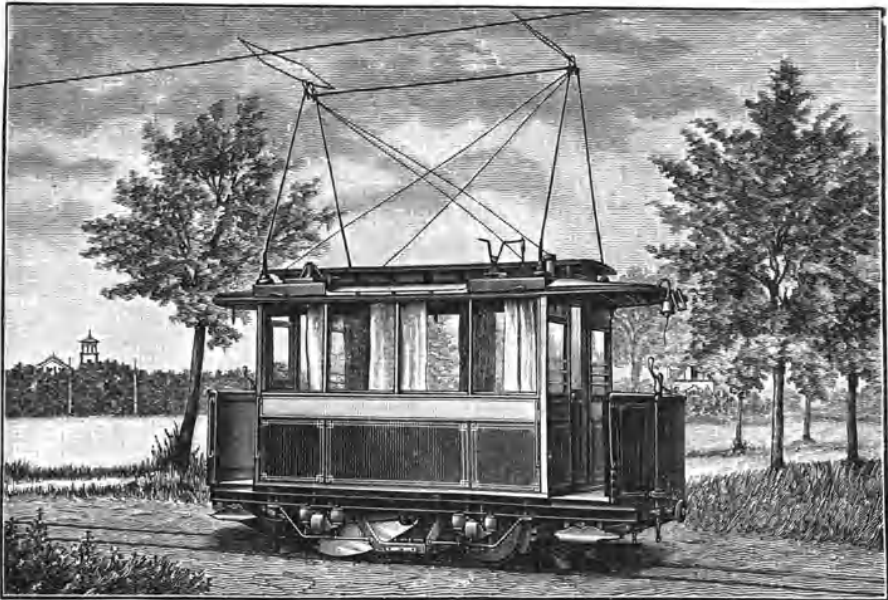


Fig. 383. Federnder Bügelkontakt für oberirdische Leitung.

mußte. Eine Riemenübertragung kann man hierbei nicht anwenden, weil der Riemen zu sehr der Feuchtigkeit ausgesetzt ist und bald unzuverlässig wird. Bessere Erfolge hat man mit einer Übertragung durch eine Anzahl Stahldrahtschmüre erzielt. Die Amerikaner benutzen jetzt fast durchweg Zahnradübertragung, zweifellos die sicherste, wenn auch nicht geräuschloseste. Da aber jedes eingefügte Zahnrad einen Mehraufwand an Kosten und Kraft bedeutet, so sind sie bestrebt gewesen, Motoren mit einfacher Übertragung zu konstruieren, bei denen das Zahnrad der Motorwelle unmittelbar in das auf der Wagenradachse gesetzte eingreift. Sie streben sogar noch weiter und wollen den Anker des Motors gleich auf die Radachse setzen und haben auch tatsächlich schon solche Motoren gebaut. Unsere Fig. 384 A zeigt einen derartigen Motor, der unmittelbar auf die Radachse gesetzt ist, und Fig. 384 B läßt erkennen, wie bequem sich bei dieser Vorrichtung die Herausnahme des Motors und seine Austauschung gegen einen andern gestaltet, wenn ein etwaiger Fehler eine solche Auswechslung oder Herausnahme nötig macht. Dieser Motor ist von der „Westinghouse Co.“ konstruiert worden. Vorläufig sind aber diese langsam laufenden Motoren noch im Versuchsstadium, und man wendet für die Praxis einfache oder doppelte Übertragung an.

Der von F. Sprague konstruierte Motor, den die „General Electric Co.“, wie Wille, Elektrizität.

auch die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ für ihre elektrischen Bahnen verwendet, ist in Fig. 385 abgebildet. Der Anker liegt endständig zwischen den Polen eines einfachen Hufeisenmagneten. Das auf seine Welle gefetzte Triebrad greift in ein größeres Zahnrad ein, dessen Welle zwischen den Schenkeln des Hufeisenmagneten durch auf die andre

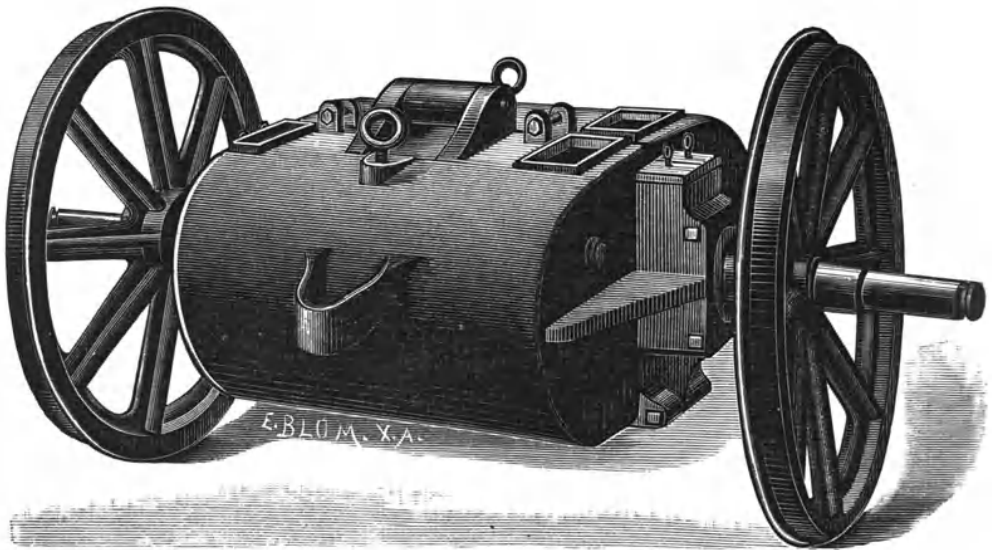


Fig. 384 A. Wagenmotor ohne Übertragungsvorrichtung.

Seite des Motors führt und dort mit einem Trieb in das auf die Radachse gefetzte Zahnrad eingreift, so daß also bei diesem Motor eine doppelte Übersetzung benutzt wird. Von diesen Motoren werden in jedem Wagen zwei, je einer für jede Radachse, verwendet.

Die Einfügung des Motors in das Untergestell des Wagens mag Fig. 386 erkennen lassen, welche ein solches Gestell der „Thomson-Houston Electric Co.“ darstellt.

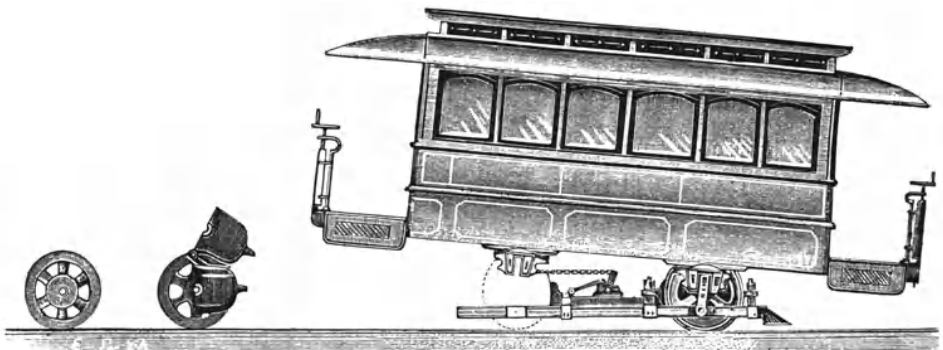


Fig. 384 B. Das Ausfahren des Motors aus dem Wagen.

Der Motor dieser Gesellschaft ist indes etwas anders gestaltet als der Spraguemotor; im Prinzip bleibt sich die Anordnung der Motoren im Gestell aber gleich.

Zur Regulierung der Fahrgeschwindigkeit kann man sich zweier Methoden bedienen. Die nächstliegende ist, daß man die Umlaufgeschwindigkeit des Motors verringert, indem man durch Vorschalten von Widerständen die Klemmenspannung am Motor vermindert oder die gegen elektromotorische Kraft des Motors ändert. Dieses Verfahren ermöglicht zwar eine einfache Handhabung des Reguliermechanismus, da dem Wagen=

fürher nur ein einziger Hebel in die Hand gegeben wird, mit welchem er nicht nur die Fahrgeschwindigkeit, sondern auch die Fahrrichtung ändern kann; es hat aber den Übelstand, daß die Leistung des Motors mit verringerter Umlaufgeschwindigkeit kleiner wird. Solange der Wagen auf ebener Strecke fährt, entspricht diese geringere Leistung dem

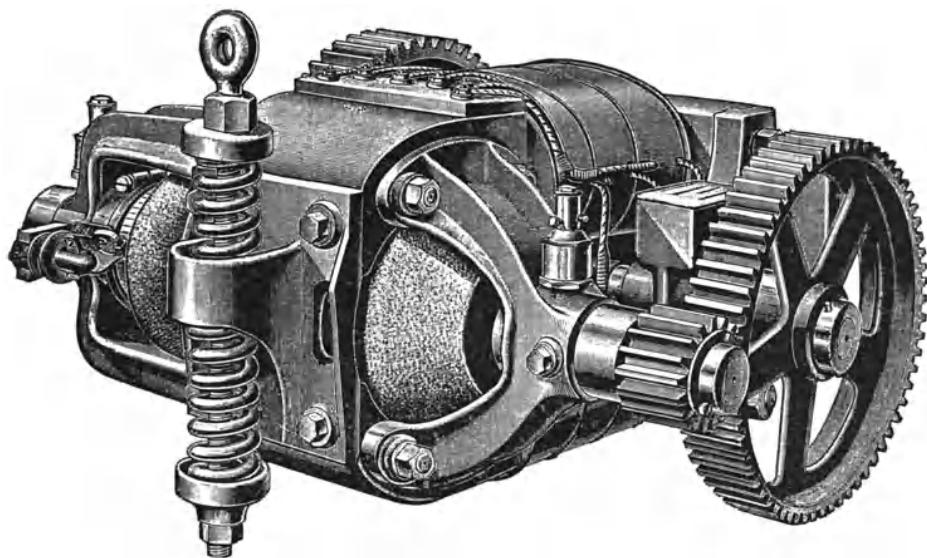


Fig. 385. Sprague-Motor für Straßenbahnwagen.

Zwecke der Verlangsamung der Fahrt; anders aber, wenn es gilt den Wagen in Steigungen zu bewegen. Hier will man die Fahrt verlangsamen, um die Zugkraft zu erhöhen, und dieser Forderung entspricht nicht eine Verminderung der Leistung des Motors. Man hat deswegen zu einem andern Hilfsmittel gegriffen, für welches u. a. auch der Hamburger Ingenieur F. L. Huber, der seiner Zeit in Hamburg elektrische Bahnen mit Akkumula-

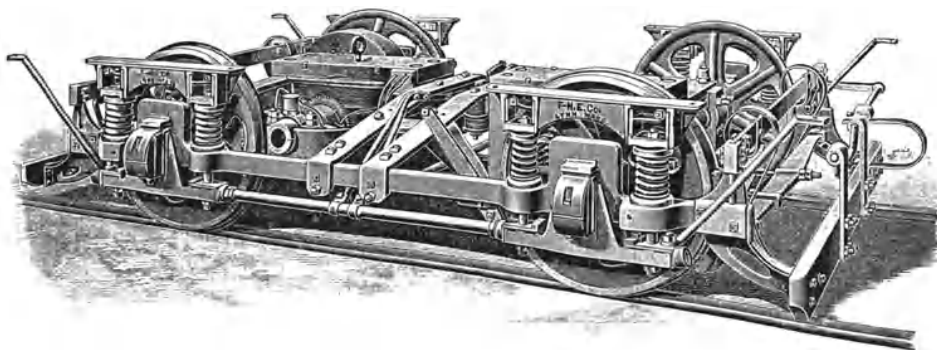


Fig. 386. Wagengestell mit elektrischen Motoren.

torenbetrieb eingerichtet hatte, eine Anordnung angegeben hatte. Bei dieser Vorrichtung bleibt die Umlaufgeschwindigkeit des Motors und seine Leistung konstant. Indem man aber durch ein mechanisches Schaltwerk die Übertragungsverhältnisse ändert, kann man die Radachse bei unverminderter Geschwindigkeit des Motors mit der halben Umlaufzahl laufen lassen, steigert also die Zugkraft auf das Doppelte.

Nach den Bahnen mit Stromzuleitung, welche vorerst die größte Verbreitung gefunden haben, bleiben uns noch die mit Akkumulatoren betriebenen Straßen-

bahnwagen zu erwähnen. Sie haben bis jetzt trotz großer Anstrengung der Spezialtechniker eine allgemeinere Anwendung nicht finden können, teils weil sie im Betriebe mehr Umstände und größere Kosten als die Bahnen mit zugeleitetem Strom machen,

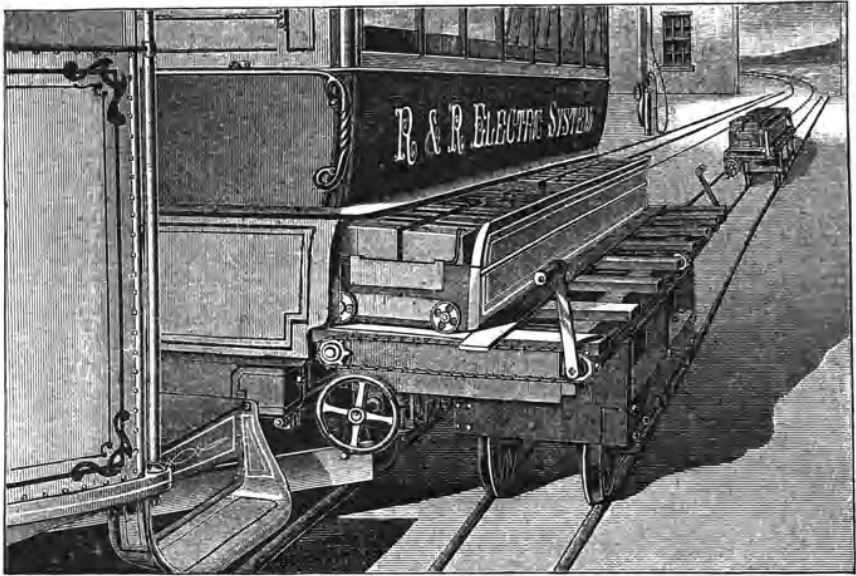


Fig. 387. Vorrichtung zum Einsetzen der Betriebsbatterie in einen Straßenbahnwagen, der durch Akkumulatoren getrieben wird.

teils auch weil es früher noch nicht gelungen war, den Wagen genügend Energie für einen langen Betrieb mitzugeben. Trotzdem stehen sie noch immer auf der Tagesordnung, weil sie es ermöglichen, die bestehenden Bahngelände ohne weitere Neueinrichtungen zu benutzen und deshalb mehr die Sympathie der Pferdebahngesellschaften haben, als das andre

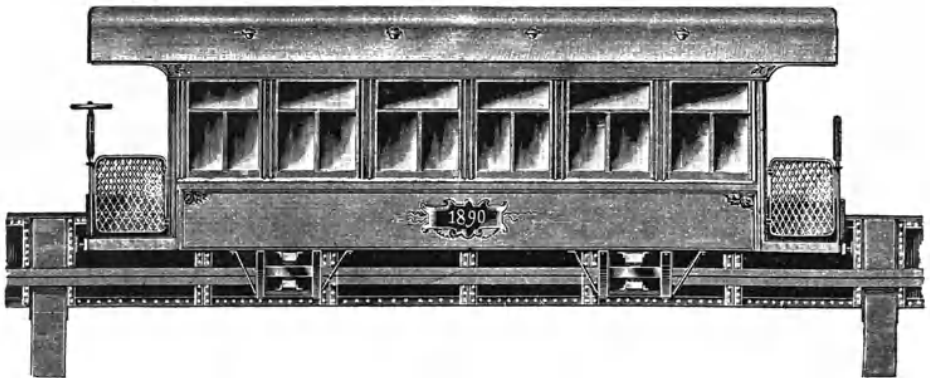


Fig. 388. Adams einschienige elektrische Hochbahn. (Seitenansicht.)

System. Da die Technik der Aufspeicherung der elektrischen Energie, wie ja die Elektrotechnik überhaupt noch in der Kindheit ist, so dürfen wir für die Zukunft noch sehr wesentliche Verbesserungen auf dem Gebiete der Aufspeicherung erwarten, und es wird voraussichtlich die Zeit kommen, in welcher die Wagen, auf und ohne Schienen, mit aufgespeicherter Elektrizität in rationeller Weise gefahren werden können.

Bei den bis jetzt versuchsweise in Anwendung gekommenen Akkumulatorenwagen,

mit denen in Hamburg und Brüssel ausgedehnte Versuche gemacht worden sind, wird eine Akkumulatorenbatterie in den Wagen gestellt, deren Strom die elektrischen Motoren treibt. Als passender Ort für die Unterbringung der Akkumulatorenzellen wird der Raum unter den Sitzen benutzt. Zur Einsetzung und Herausnahme der Zellen wird die Seitenwand des Wagens mit Thüren versehen, durch welche die Batterie eingeschoben und herausgenommen werden kann; unsre Fig. 387 zeigt die Vorrichtung, welche man für diese Zwecke anwendet. Die in einem Gestell mit Rollen untergebrachte geladene Batterie wird auf einen niedrigen Wagen gesetzt, welcher seitlich an den Straßenbahnwagen herangefahren wird. Durch eine Handwinde wird dann das Gestell mit den Zellen in den Wagen hineingeschoben und kann in gleicher Weise auch aus demselben herausgezogen werden.

Die Konstruktion des Motors dieser Wagen bietet gegen die früher beschriebenen nichts Besonderes dar; dagegen ist das Verfahren der Regulierung beim Akkumulatorenbetrieb insofern abweichend, als man zur Veränderung der Nennenspannung am Motor eine Änderung in der Schaltung der Batterie benutzt hat. Man hat zu diesem Zweck die Batterie in vier Teilbatterien zerlegt, welche nun in Parallel- oder Hintereinanderschaltung angewendet werden können und dementsprechend eine veränderliche Gesamtspannung hergeben.

Wir haben noch der elektrischen Hochbahnen und Untergrundbahnen zu gedenken, welche für die rasche Personenbeförderung in großen Städten eine steigende Bedeutung erlangen. Die Anwendung der elektrischen Betriebskraft ermöglicht einen erheblich einfacheren und weniger durch Lärm störenden Betrieb und eine leichtere Bauart für den Unterbau, was namentlich in Frage kommt, wo man Straßenzüge für die Bahnführung benutzen will. Die Idee der elektrischen Hochbahn als Verkehrsmittel in den Städten ist schon vor mehr als zehn Jahren von Werner von Siemens ausgesprochen worden, aber der Widerstand, den eine solche Benutzung der Straßen bei uns findet, hat derartige Projekte bei uns noch nicht zur Verwirklichung kommen lassen. Erst jetzt scheint es, als ob die immer dringender werdende Notwendigkeit einer schnelleren Personenbeförderung die Errichtung einer solcher Bahn in Berlin herbeiführen wird. Für Chicago hat man bereits ein ausgedehntes Netz elektrischer Hochbahnen projektiert, welche durch die Straßen geführt werden sollen. Um die Straßen nicht zu sehr mit den Trägern der Bahn zu verstellen und durch die Bahn zu verdunkeln, ist von Adams der Vorschlag gemacht worden, einschienige Bahnen anzuwenden, bei denen der Wagen rittlings auf einer Tragschiene läuft. Unsre Fig. 388 und 389 geben eine Ansicht der Konstruktion, die in voller Seitenansicht und im Querschnitt erscheint. Motor und Räder des Wagens liegen im Mittelteil des Wagens; Führungsrollen sind zu beiden Seiten unten am Wagen angebracht und hindern das Schwanken und Umkippen desselben. Die Sitze sind derart

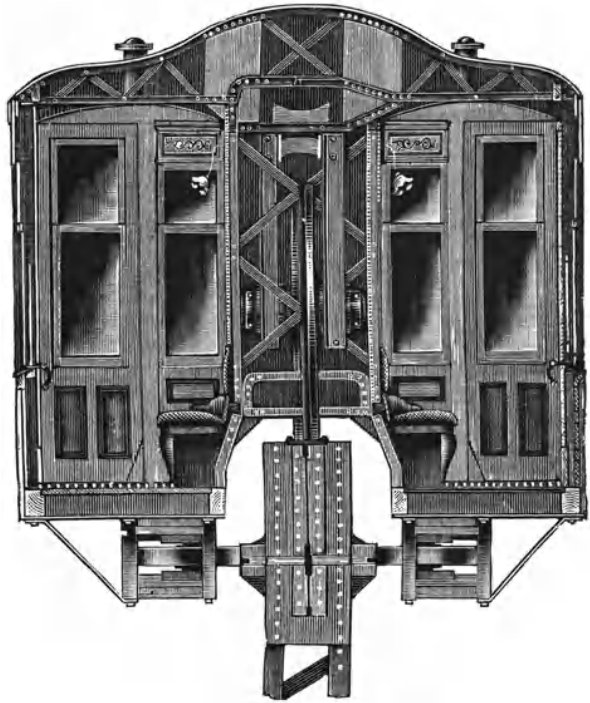


Fig. 389. Adams einschienige elektrische Hochbahn. (Seitenansicht.)

angebracht, daß der Fahrgast das Fenster vor sich hat und ins Freie sehen kann. Die Zuführung des Stromes erfolgt durch eine isolierte Leitungsschiene, auf welcher der Gleitkontakt des Wagens schleift.

Für Berlin hat die Firma Siemens & Halske ein Projekt für ein ausgedehntes Netz von Hochbahnlinien mit elektrischem Betriebe aufgestellt, auf welches wir hier kurz eingehen wollen, da die immer dringender werdende Notwendigkeit eines schnellen Verkehrs durch die Stadt in Vöbe zur Errichtung solcher elektrischen Stadtbahnen führen muß. In der Hauptsache sind diese Bahnen als Hochbahnen projektiert, doch ist für einzelne Strecken auch die Führung der Bahn dicht unter der Straße als sogenannte Unterpflasterbahn angenommen und für die Linien außerhalb des bebauten Teiles der Stadt die Bahn ebenerdig als Straßenbahn weitergeführt. Uns interessiert zunächst die Hochbahn, welche naturgemäß den größten Raum in der Anlage in Anspruch nimmt. Siemens & Halske wollen für die

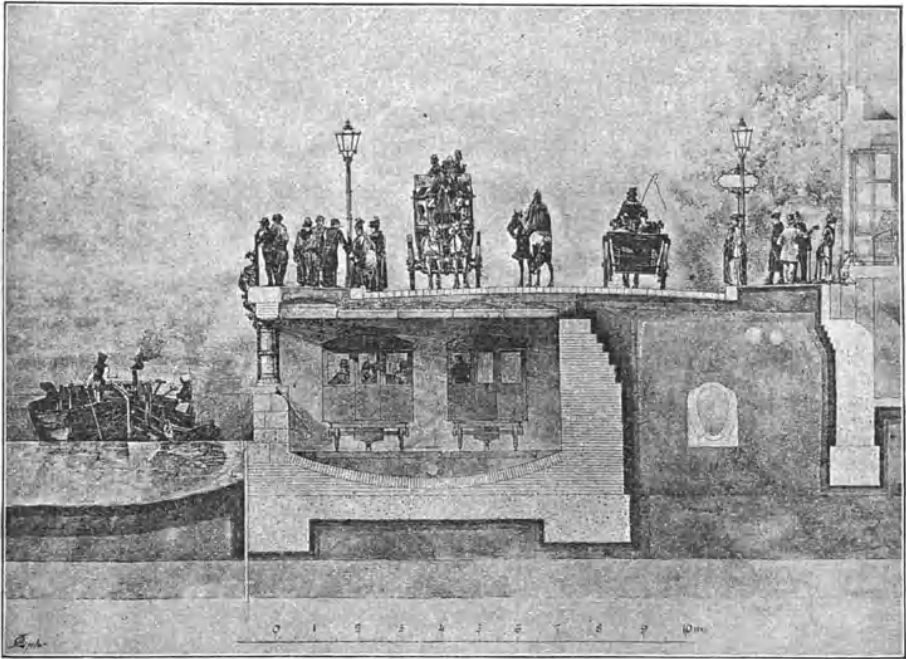


Fig. 391. Unterpflasterbahn am Reichstagsufer.

Führung dieser Hochbahnen die Straßen benutzen, weil der Erwerb von eigenem Grund und Boden für die Bahn angesichts der hohen Grundstückspreise in Berlin die Bahnanlage so verteuern würde, daß eine Rentabilität kaum zu erwarten wäre. Nun steht der Benutzung der Straßen für solche Zwecke das Bedenken entgegen, daß die Bahnviadukte wie in New York die Straßen verschänden und den Wert der anliegenden Häuser bedenklich vermindern. Wenn daher die Führung der Bahn durch die Straßen zulässig erscheinen soll, so gilt es, den ästhetischen Anforderungen Rücksicht zu tragen, und dies ist nun in dem Projekte auch angestrebt worden. Zunächst sind solche Straßen für die Bahnstrecke ausgewählt worden, deren Breite die Errichtung des Viaduktes ohne Beeinträchtigung der anliegenden Grundstücke und des Straßenbildes zuläßt, und die Konstruktion der Viadukte thunlichst leicht gehalten. Unsere Figur auf Tafel VIII läßt erkennen, wie sich diese Viadukte mit ihren Einsteighallen gestalten sollen. Die Einsteighallen werden so einfach als möglich gehalten und bestehen im wesentlichen nur aus dem überdachten Bahnsteig. Die unterirdische Führung der einzelnen Strecken bedeutet keine eigentliche Untergrundbahn, wie sie die „Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft“ projektiert und weiter unten Erwähnung finden

wird, sondern nur eine versenkte und überdeckte Bahn, auf deren Decke der Straßenverkehr ungehindert vor sich gehen kann. Unsere Fig. 391 zeigt diese Anordnung, und wir sehen dort ein Stück Unterpflasterbahn, das längs des Spreueufers geführt ist und eine nach der Wasserseite hin offene Galerie darstellt.

Der Betrieb der Wagen erfolgt durch elektrische Motoren, mit denen jeder Wagen ausgerüstet ist, nicht etwa durch elektrische Lokomotiven. Es hat dies den Zweck, daß jedes Rad getrieben wird, also auch die Schiene greift, und somit auch der notwendige Raddruck, weil nicht auf die wenigen Räder der Lokomotive beschränkt, erheblich kleiner sein kann, somit auch durch Vermeidung schwerer Lokomotiven der Unterbau leichter gehalten sein kann. Außerdem gewinnt man bei dieser Anordnung den Vorteil, daß jeder Wagen für sich unabhängig auf der Bahn laufen und sich mit andern Wagen zu ganz beliebig langen Zügen vereinigen kann. Es ist dies von großem Vorteil, weil sich der Verkehr auf solchen Bahnen in weiten Grenzen nach Tag und Stunde ändert. Durch die bequeme Art, mit welcher man bei der gewählten Einrichtung beliebig große und kleine Züge zusammenstellen kann, vermag man sich stets dem Bedürfnis des Verkehrs anzupassen und ist nicht

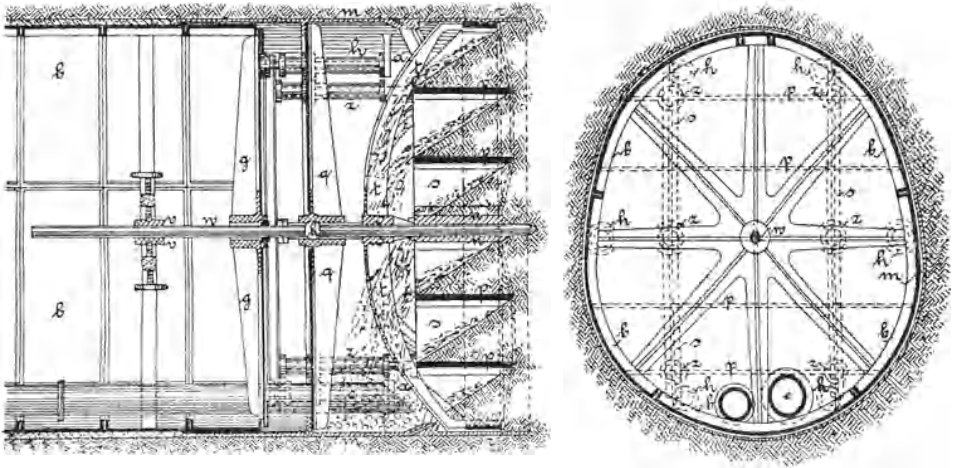


Fig. 392. Tunneltöhre.

wie auf der Stadtbahn genötigt, stets mit einem Zuge von maximaler Fassungskraft zu fahren, welcher an vielen Stunden des Tages nahezu leer läuft.

Von den in Aussicht genommenen Linien soll zunächst eine solche errichtet werden, welche den Südosten der Stadt durch den Südteil derselben hindurch mit dem Westen verbindet und in Charlottenburg endigt. Eine zweite sehr wichtige Linie soll den Norden und Süden der Stadt verbinden und die Stadt in ungefährer Richtung der Friedrich- und Chausseestraße durchschneiden. Eine dritte Nebenlinie soll den Potsdamer Bahnhof mit dem Grunewald verbinden, also im wesentlichen eine Vergnügungsbahn werden, wohin gegen die beiden andern Linien einem dringenden Verkehrsbedürfnis abzuhelfen bestimmt sind.

Haben sich Siemens & Halske mit ihrer Bahn auf den zuverlässigen, aber leider gedrängt besetzten Boden der Straße gestellt, so sucht die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ ein Gebiet der freieren Bewegung für die Bahnstrecken zu gewinnen und geht in die Tiefe, in den Untergrund.

Die elektrische Untergrundbahn ist zuerst in London zur Anwendung gekommen, und zwar auf der Londoner City- und Southwark-Untergrundbahn. Die Gründe, welche für eine solche Stadtbahnanlage sprechen, sind in erster Reihe darin zu suchen, daß eine solche Bahn keine vorhandenen Verkehrswege stört und einen freien, sonst unbenutzten Raum den Verkehrsinteressen dienstbar macht. Als Gründe, die gegen solche Bahnen sprechen, ist in erster Reihe geltend zu machen, daß ihre Anlage nicht eben billig ist, daß das

haustiefe Herabsteigen der Fahrgäste zu den Bahnhöfen manche Anzuträglichkeiten bietet, und endlich die Fahrt durch den dunklen Kanal kaum angenehm sein kann. Die Hauptschwierigkeit findet sich aber in der Herstellung der Bahn; denn der Berliner Untergrund ist feuchter Sand, schwimmendes Gebirge, in welchem sich ein Tunnel nur mit großen Schwierigkeiten bauen läßt. Die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ will nun diesen Bau nach einem besonders gestalteten Verfahren vornehmen, auf das wir mit einigen Worten eingehen wollen. Um den Vorgang leichter zu verstehen, denken wir uns einen Teil des Tunnels dessen Wände durch eine aus Platten zusammengesetzte Eisenröhre mit einem Zementmantel bildet, bereits hergestellt. Am Ende dieser Röhre befindet sich nun der Apparat, welcher für Durchbohrung des schwimmenden Gebirges und der Weiterführung der Tunnelwände bestimmt ist. Zu diesem Zwecke endigt die Tunnelröhre in einem röhrenförmigen Mantel aus Stahlblech *m* (Fig. 392), welche den Querschnitt des Stollens hat und durch den „Schild“ *t* verschlossen ist. An diesem Schild sitzen außen etagenförmig fünf eiserne horizontale Platten, die sich messerartig in das weiche Erdreich einschieben und es in den

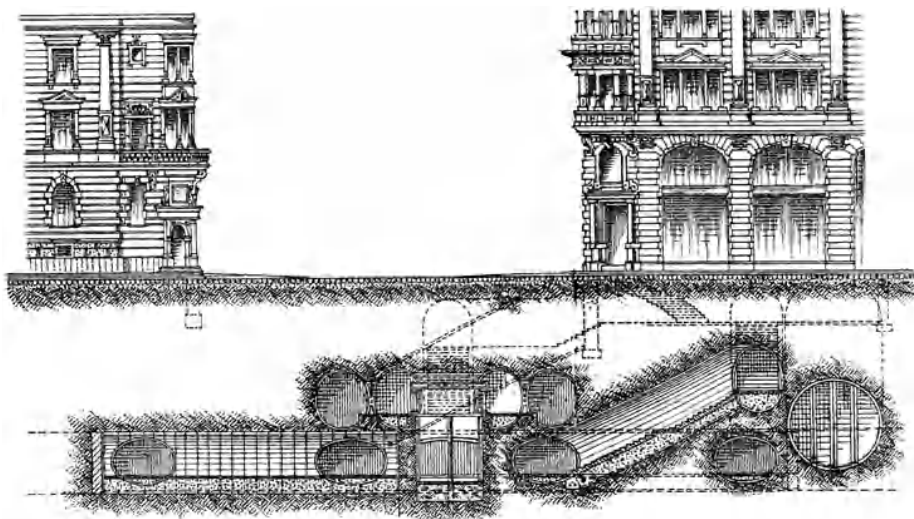


Fig. 393. Kreuzung.

freien Raum vor den Schild fallen lassen, von welchem aus es durch eine geeignete Vorrichtung hinter den Schild und weiter dann durch den Tunnel ins Freie geschafft wird. Hinter dem Schilde sitzt zunächst eine Querwand *q*, welche dem Schilde in seiner Vorwärtsbewegung folgt und zum luftdichten Abschluß dient. Hinter dieser Wand liegt eine zweite *g*, welche sich gegen den fertig gestellten Tunnel stützt und diesen sicher abschließt. Zwischen der Wand *g* und dem Schild wirken Pressen *z*, welche den Schild gegen das Gebirge vorschieben.

Mit Hilfe des vorstehend beschriebenen Apparates gestaltet sich der Tunnelvortrieb zu einem sehr einfachen. Durch die Pressen *z*, welche in der Querwand *q* lagern und zwischen der Querwand *g* und dem Schild eingespannt sind, wird der letztere in das Gebirge eingepreßt. Dabei gleitet, dem Eindringen des Schildes in das Gebirge entsprechend, der Boden über den Rand der Platten *p* hinweg und fällt in den unteren Raum des Mantels, von wo er mittels eines Ejektors *e* unter eventueller Zuhilfenahme von Luftdruck oder auch mittels einer Schnecke in den fertigen Stollenteil befördert und von hier in geeigneten Fördergefäßen zu Tage geschafft wird.

Der Tunnelmantel wird nun stückweise gemäß dem Vorrücken des Schildes aus einzelnen Eisenplatten, die in passender Weise dicht verbunden werden, eingebaut.

Ist in der angegebenen Weise der Schild nebst Mantel soweit vorgetrieben, daß

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*, ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO7), is available at <http://extras.springer.com>



Platz zum Einbauen einer neuen Länge des eisernen Ausbaues im Tunnel möglich ist, dann wird die Querswand *g* auf der Welle nach dem Ortsstoß zu vorgeschoben und der neue Tunnelring eingebaut.

Der Vortrieb des Schildes und Schildmantels beginnt alsdann aufs neue.

In den Platten des Mantels sind verschließbare Löcher angebracht, durch welche man nach Fertigstellung des Mantels flüssigen Zement in den Außenraum spritzt und auf diese Weise den Außenmantel der Eisenröhre herstellt.

Auf dem Boden der Eisenröhre liegen die Schienen befestigt, und zwischen ihnen sind die Schienen behufs Zuleitung des Stromes angebracht.

Solcher Tunnels liegen nun zwei nebeneinander, je einer für jede Fahrriehung, und beide sind an den Enden durch eine Schleife verbunden, so daß der Zug behufs Umkehr in dieser Schleife fortlaufend aus dem einen in den andern Tunnel einfährt, um seinen Rückweg anzutreten.

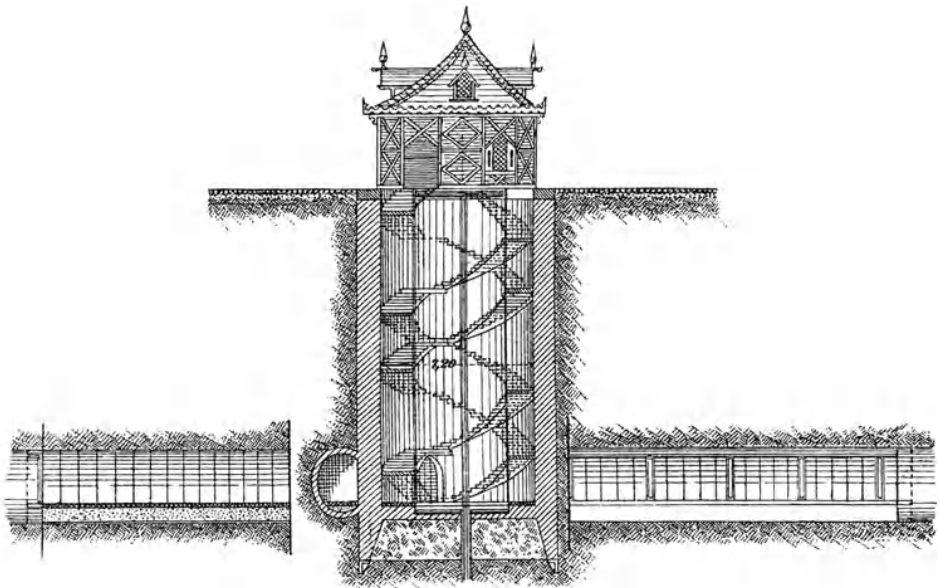


Fig. 394. Einsteigschacht (Durchschnitt).

Diese Fahrstraßen will die Gesellschaft nun, um jede Störung mit den höher liegenden Kanalisationsröhren u. s. w. zu vermeiden, sowie auch um sicher unter der Spree hindurch zu kommen, in eine Tiefe von rund 10 Metern zwischen Pflaster und Tunnelboden legen und bei Kreuzungen, wo die eine Fahrstraße unter der andern hingeführt werden muß, noch entsprechend tiefer. Dementsprechend müssen auch die Bahnsteige in dieser Tiefe angebracht sein, und um diese zu erreichen, soll außer einem Treppenhaus auch auf jeder Haltestelle ein großer Fahrstuhl angebracht werden, welcher die Fahrgäste aus- und einbringt. Unsere Fig. 394 zeigt einen solchen Bau mit den Treppen zum Ein- und Ausgang. Um die Anlagen der Haltestellen an Kreuzungspunkten erkennen zu lassen, geben wir in Fig. 393 noch eine Abbildung im Schnitt, welche die Anordnung der einzelnen Bahnsteige und der Fahrstraßen sowie die Einrichtung für den Zugang von oben darstellt.

Man erkennt leicht, daß dem Projekt von Siemens & Halske der Vorzug der leichteren Ausführbarkeit, dem der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ der größeren Freiheit in bezug auf die Führung der Linien zukommt; welches endgültig das bessere und erfolgreichere ist, das werden die Ausführung und der Betrieb ergeben.

Es bleibt uns noch ein drittes Projekt für eine elektrische Bahn zu besprechen übrig, das nicht dem Verkehr innerhalb einer Stadt, sondern dem Weitverkehr zwischen zwei

entfernten Städten, zunächst zwischen Wien und Budapest dienen soll und sich dadurch auszeichnet, daß auf der projektierten Bahn die bisher unerreichte Fahrgeschwindigkeit von 250 km in der Stunde erzielt werden soll. Auch bei dieser Bahn, welche die Firma Ganz & Co. geplant hat, sollen wie bei der Stadtbahn von Siemens & Halske die Motoren im Wagen selbst liegen. Die Wagen sollen einzeln und in angemessenen Abständen bis herab auf zehn Minuten zeitliche Entfernung laufen. Man hofft dann stündlich bis zu 200 Fahrgäste stündlich von der einen zur andern Stadt bringen zu können. Die Fahrt zwischen Wien und der ungarischen Hauptstadt würde etwa 50 Minuten dauern, also einer Fahrt von Berlin nach Potsdam gleichkommen. Eine solche Fahrt setzt natürlich einen besonders fest gebauten Schienenweg voraus, welcher die nötige Sicherheit gegen Entgleisung u. s. w. bietet. Mit diesem Teile des Projekts können wir uns hier nicht befassen, wollen aber kurz die Einrichtung des Wagens beschreiben, den wir auf Taf. IX abbilden. Im Vorder- wie im Hinterteile des Wagens sind je zwei elektrische Motoren, jeder von 200 Pferdekraften, aufgestellt, welche also 800 Pferdekraften und für kurze Zeit, z. B. auf Steigungen, eine erheblich größere Leistung entwickeln können. Von diesen 800 Pferdekraften nimmt der Widerstand der Luft allein die Hälfte fort, und um diese Arbeitsgröße thunlichst zu vermindern, hat man dem vorderen

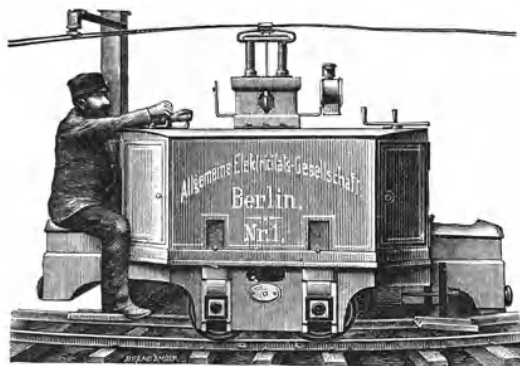


Fig. 395. Grubenlokomotive der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“.

Ende des Wagens eine meißelförmige Gestalt gegeben. Der Mittelraum enthält die Abteile für die Fahrgäste. Ein besonderer abgeschlossener Raum nimmt den Maschinen auf. Die Länge des Wagens beträgt 45 Meter, seine Breite und Höhe etwas über zwei Meter. Der treibende Strom wird mit einer Spannung von 10 000 Volt in einem Maschinenhause in der Mitte der Strecke erzeugt und dann zu einzelnen Umformungsstellen geleitet, die ihn auf eine brauchbare Spannung herabbringen und durch die Kontaktschienen dem laufenden Wagen zuführen.

Mag man an einer baldigen Ausführung dieser großartigen Anlage auch zweifeln, so ist doch sicher, daß das Projekt durchaus plausibel ist, und wenn es zur Ausführung kommt und gelingt, epochemachend werden wird, weil eine Beschleunigung des Reiseverkehrs von weittragender Bedeutung für viele Verhältnisse sein muß.

Dienen die beschriebenen elektrischen Fahrrichtungen in erster Reihe der Beförderung von Personen, so finden die elektrischen Lokomotiven bis jetzt meist Anwendung für die Beförderung von Lasten, und hier sind es zuerst die Grubenlokomotiven, welche unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Wir gaben schon früher das Bild einer solchen Lokomotive, wie sie von Siemens & Halske für ihre Grubenbahnen gebaut werden. Die Zuführung des Stromes erfolgt bei diesen Maschinen fast durchweg mittels oberirdischer Zuleitung, welche ein- oder zweileitig an der Decke des Stollens oder auch an besonders aufgestellten Pfählen befestigt wird. Für die leitende Verbindung sorgt ein auf der Decke der Lokomotive stehender Gleitkontakt, wie ihn die kleine Abbildung (Fig. 395) einer Lokomotive der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ zeigt, oder auch eine dem Stangenkontakt verwandte Konstruktion, wie man ihn in der Abbildung der Thomson-Houston-Lokomotive (Fig. 396) sieht.

In der Konstruktion bieten diese Lokomotiven nach dem früher Gesagten verhältnismäßig wenig Neues dar. Es ist leicht verständlich, daß die Unterbringung des Motors in einer besonderen Lokomotive leichter zu erreichen ist, als wenn er in den engen Raum unter einem Wagen eingepaßt werden muß, und man kommt bei diesen Lokomotiven mit einem großen Motor aus, der vorteilhafter und billiger als zwei kleinere ist. Da Raum

genug vorhanden, so setzt man den Motor auf das Wagengestell und überträgt die Bewegung durch Stahlschnüre oder durch Zahnräder. Ein dicht schließender Kasten verdeckt den Motor sicher gegen störende Einwirkungen durch Wasser oder Staub.

Eine derartige elektrische Lokomotive, für welche auch der Name „Elektromotive“ vorgeschlagen worden ist, zeigt unsere Abbildung Fig. 397. Dieselbe ist von der „Jeffrey Manufacturing Co.“ in Columbus, O., Vereinigte Staaten, konstruiert und mit allen benötigten Mechanismen zum Steuern, Bremsen u. s. w. versehen. Die verschiedenen Hebel liegen dem Führer bequem zur Hand, und er kann von seinem Sitz aus sicher den durch die elektrischen Laternen beleuchteten, vorliegenden Schienenweg übersehen. Diese

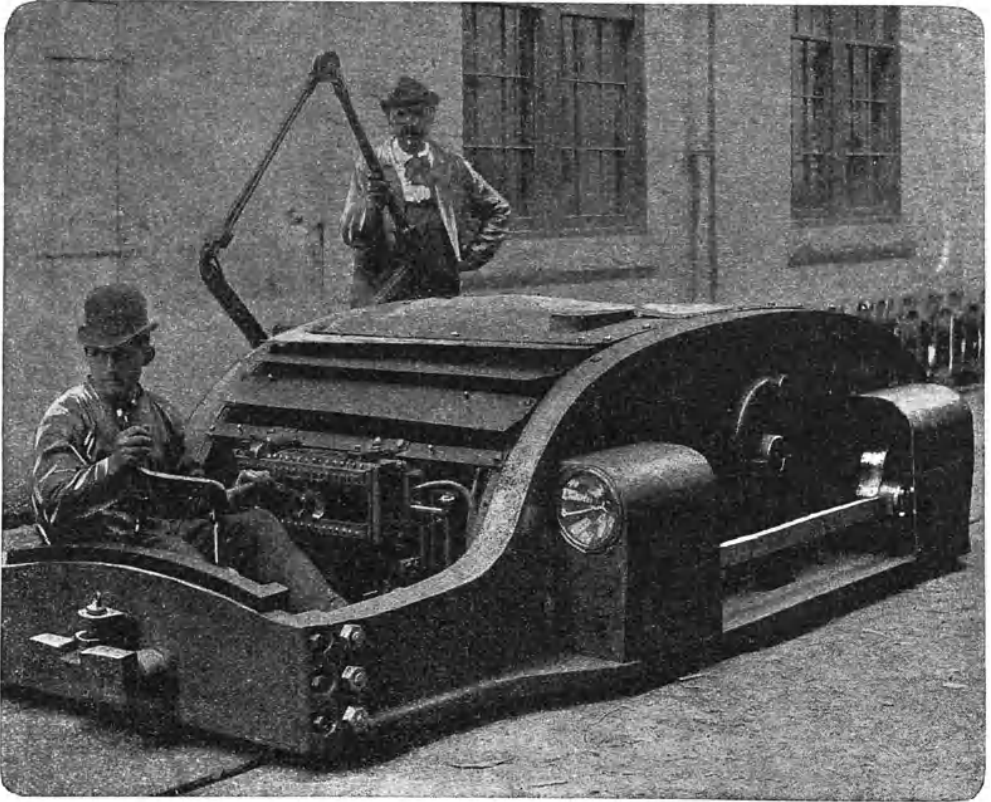


Fig. 396. Grubenlokomotive der „Thomson-Houston-Co.“

Lokomotive ist 2,5 Meter lang und wiegt 5000 Kilo; sie kann mit einer Geschwindigkeit von 6,5 Kilometer in der Stunde laufen.

Die in Fig. 396 abgebildete Grubenlokomotive der „Thomson-Houston-Co.“ ist ein noch größeres Exemplar solcher Zugmaschinen, denn sie hat bei einer Länge von nahe vier Meter und ein Meter Höhe ein Gewicht von 11000 Kilo und eine Leistung von 60 Pferdekraften. Der kräftige Motor ist zur Erhöhung der Stabilität tief gelagert, bleibt aber trotz seiner Lage zwischen den Radachsen leicht von oben zugänglich.

Welche Bedeutung diese elektrischen Lokomotiven, wie der elektrische Betrieb für den Bergbau gewinnen können, mag die nachstehende Angabe zeigen, die einem Vortrage von Dr. Otten entnommen ist:

„In der Grubenstadt Aspen in Colorado wird die zum Betriebe der Bergwerke nötige Kraft mit Hilfe von acht 150pferdigen Turbinen erzeugt; das Wasser für dieselben wird einem in etwa fünf Kilometer Entfernung gelegenen Reservoir, welches durch künstliche

Stauung eines Flusses gebildet ist, entnommen und durch eine Rohrleitung mit einem Gefälle von 266 Meter zugeführt. Die Turbinen treiben Dynamomaschinen, welche die Stadt selbst

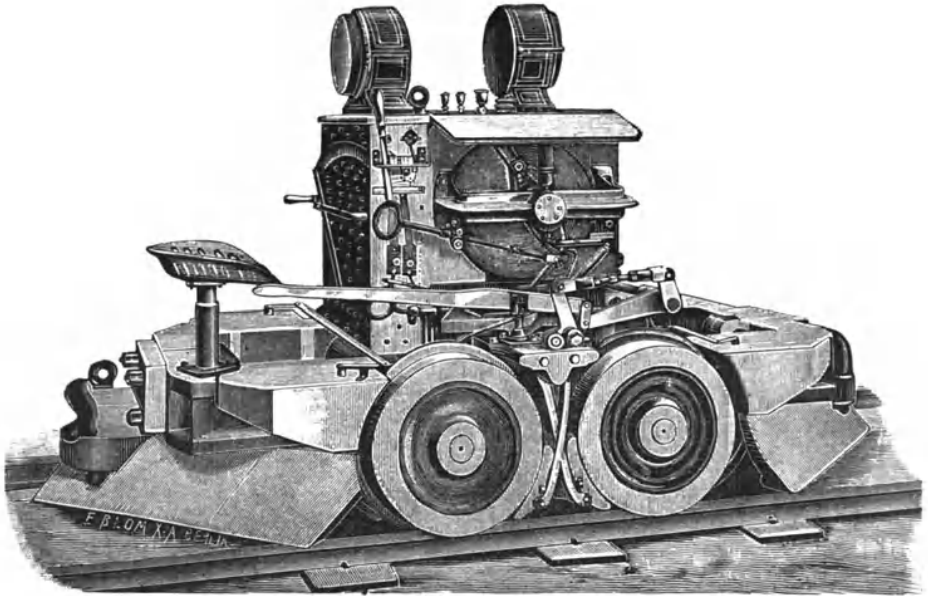


Fig. 397. Grubenlokomotive der „Jeffrey Manufacturing Co.“

sowohl wie alle Gruben elektrisch beleuchten; ein Teil des Stromes dient zum Betriebe von Elektromotoren für eine Leistung von 3—75 Pferdekraften, welche im

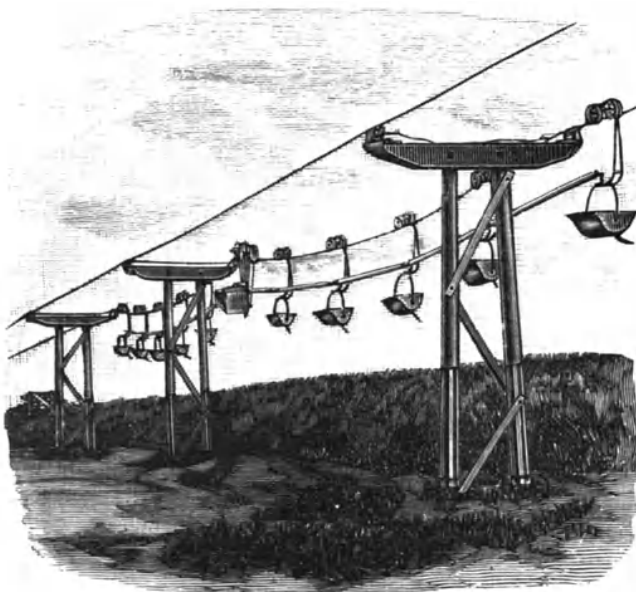


Fig. 398. Seilbahn.

Mittel drei Kilometer von der Turbinenstation entfernt sind und über oder unter Tage Förderseilbahnen, Grubenlokomotiven, Förderpumpen, Aufbereitungsmaschinen zc. betreiben. Bereits seit zwei Jahren ist der elektrische Betrieb in diesem Sinne in vollem Gange.“ Man kann den Amerikanern in vieler Beziehung vorwerfen, daß sie Raubwirtschaft treiben, aber in bezug auf die elektrische Bewirtschaftung der Wasserkraft können wir gut noch bei ihnen in die Schule gehen.

Die elektrischen Lastbahnen sind auch in andern Betrieben zur Verwendung gekommen, sowohl zur Beförderung von Werkstücken zc. in Fabriken wie auch als Überlandbahnen, auf denen nach Art der bekannten Seilbahnen Lasten über größere Strecken geschafft werden. Die Fabrikbahnen unterscheiden sich wenig von den Grubenbahnen. Eine

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*,
ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO8),
is available at <http://extras.springer.com>



elektrische Lokomotive schleppt einen Zug kleinerer oder größerer Wagen. Die Konstruktion der Lokomotive vereinfacht sich insofern, als man zumeist in solchen Fällen nicht auf die Störungen, welche im Bergbetriebe vorgesehen werden müssen, Bedacht zu nehmen hat. Die Herstellung einer solchen Lokomotive kann deshalb unter Umständen in primitiver Weise bewirkt werden, indem man auf einen niedrigen Wagen, auf einen „Hund“, einen elektrischen Motor setzt und denselben mittels eines Riemens die Räder des Wagens antreiben läßt. Wo eine elektrische Beleuchtungsanlage der Fabrik vorhanden ist und größere Werkstücke oder Materialienmengen befördert werden müssen, wird man sich des bequemen und verhältnismäßig billigen Transportmittels gern bedienen.

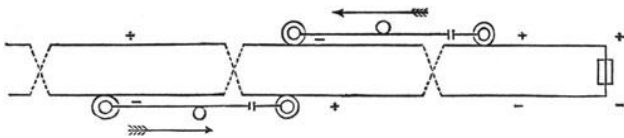


Fig. 399. Die Schaltung bei den Telfher-Bahnen.

Etwas wesentlich Neues ist aber die oberirdische Transportbahn, wie sie in England als sogenannte „Telfher-Bahnen“ gebaut werden. Wie unsre Abbildung (Fig. 398) ersehen läßt, hängen hier Wagen an Laufrollen, die wie bei der Seilbahn auf einem Drahtseil laufen, und es sind, wie bei diesen Bahnen zwei Seile, eines für Hin-, das zweite für Rückfahrt, auf Trägern angebracht. Da aber für jeden Zug nur ein Drahtseil vorhanden ist, so wird man sich fragen, wie der Strom, der durch das Drahtseil zugeleitet wird, zurückgeleitet werden kann. Hierfür dient eine sehr hübsche Anordnung, deren Prinzip uns Fig. 399 erläutert.

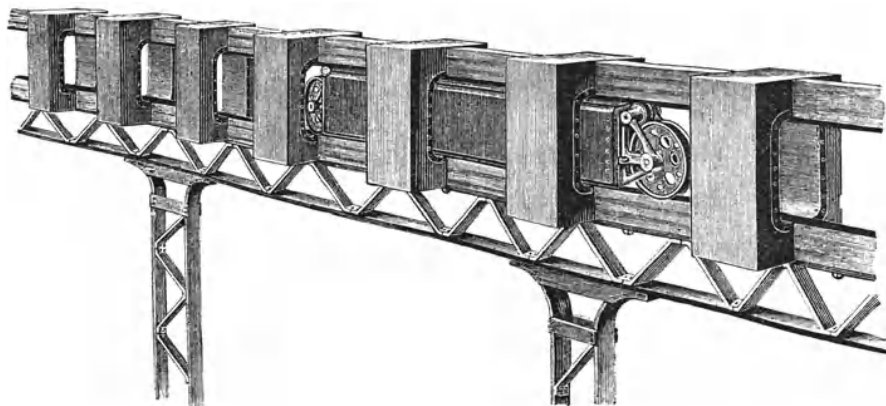


Fig. 400. Elektrische Schnellpost von Williams.

Die einzelnen Wagen werden zunächst durch eine Verbindungsstange zu einem Zuge zusammengekuppelt, in dessen Mitte der treibende Motor eingeschaltet ist. Das Drahtseil bildet nun nicht eine durchgehende Stromleitung, sondern ist in Blöcke geteilt, welche die Länge des Zuges haben. Die Blöcke sind nicht miteinander verbunden, sondern jeder derselben steht mit dem vorhergehenden und nachfolgenden Block des andern Seiles in Verbindung, so daß also die Schaltung entsteht, welche Fig. 399 zeigt. Es entstehen also zwei Leitungen, welche mit dem Stromerzeuger verbunden sind und sich an jedem Blockende kreuzen.

Jeder Block eines Seiles gehört somit einer andern Leitung an, als der vorhergehende und nachfolgende. Da nun durch die abgemessene Länge des Zuges die beiden Enden desselben, welche Gleitkontakte tragen, sich stets auf zwei verschiedenen, aber unmittelbar aufeinander folgenden Blöcken befinden werden, so stehen sie stets mit verschiedenen Polen des Stromerzeugers in Verbindung, und verläßt das hintere Ende seinen Block, um auf den nächsten zu gehen, so tritt auch das vordere Ende in einen neuen ein. Allerdings werden dabei die Pole, mit denen die Gleitkontakte in Verbindung sind, und also die Stromrichtung im Motor gewechselt. Aber diese Wechsel ändern die Umlaufrichtung des

Motors nicht. Der Zug wird also ganz selbstthätig auf dem einen Seile seinen Weg entlang fahren und weder durch die auf dem andern Seile entgegenkommenden, noch durch nachfolgende Züge gestört werden.

Eine ganz merkwürdige Bahn ist von John Williams in New York für die schnelle Beförderung von Briefen und Paketen konstruiert worden, soll also die bisher für kürzere Strecken oder kleinere Leistungen berechneten Druckluftbahnen ersetzen. Merkwürdigerweise ist die Idee zu dieser Bahn schon vor dreißig Jahren aufgetaucht, als noch niemand an elektrische Bahnen dachte. Der Italiener Bonelli schlug vor, in einen Kanal eine große Drahtspirale zu legen und die unter Einwirkung des Stromes entstehende Wirkung, welche einen beweglichen Eisentern in die Mitte der Spirale zu ziehen sucht, zu benutzen, um einen in dem Hohlraume laufenden eisernen Wagen fortzubewegen. Damals und in dieser Form war die Idee herzlich unpraktisch. In einer Verbesserung finden wir sie aber in der elektrischen Schnellpost von Williams wieder. Dieser Konstrukteur stellt auf einer kleinen als Hochbahn gebauten Schienenbahn etwa von Meter zu Meter Drahtspulen auf. Kommt nun der langgestreckte eiserne Wagen mit seinem Kopf in den Hohlraum dieser

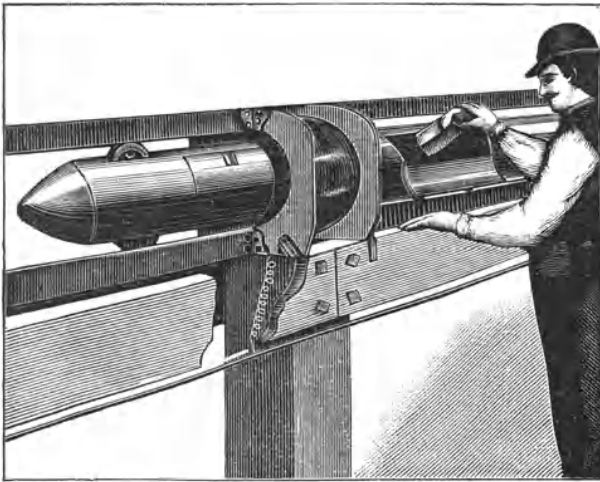


Fig. 401. Der Wagen der elektrischen Schnellpost.

Spirale, so sucht diese, wenn vom Strom durchflossen, ihn in sich hineinzuziehen, bis die Mitte des Wagens in der Spirale liegt. In diesem Augenblick hat aber der Kopf die nächste Spule erreicht und stößt hier gegen einen Umschaltthebel, der sich an allen Spulen findet. Dadurch schaltet er die erste Spule aus dem Stromkreis aus, und verbindet die vor dem Wagen liegende mit der durch zwei besonders geführte Drähte gebildeten Leitung. Nunmehr wirkt die vorliegende Spule anziehend auf den Wagen und er schiebt, nicht mehr durch die andre beeinflusst, in die zweite Spule hinein, um alsbald die Einwirkung der dritten u. s. w. zu erfahren. So fliegt er, von jeder Spule mit einem neuen Antrieb versehen, durch die Reihe der Spulen dahin, bis er an das Ende gelangt. Auf einer Versuchsbahn ist es dem Erfinder gelungen, eine Fahrgeschwindigkeit zu erreichen, welche derjenigen eines Schnellzuges gleichkommt. Sein Streben geht aber dahin, seinen Wagen 200 Kilometer in der Stunde fahren zu lassen, so daß die Strecke Berlin—Leipzig in weniger als einer Stunde überwunden werden kann. Allein damit scheint es noch gute Wege zu haben. Der Bau der Bahn dürfte angeichts der etwa 170 000 Spulen, welche für eine Strecke wie zwischen Berlin und Leipzig benötigt werden, einigermaßen teuer werden. Unsr Fig. 400 wird die Konstruktion dieser Bahn mit ihren Antriebsspulen und den eisernen Wagen erkennen lassen. Die weitere Abbildung (Fig. 401) zeigt den Wagen, wie er mit Paketstücken beladen wird.

Was die Befahrung andrer fester Straßen als Schienenstraßen mit Hilfe elektrischer Betriebskraft angeht, so liegen vorerst nur einige, nicht sonderlich ermutigende Versuche vor. In England hat man vor einigen Jahren einen elektrischen Wagen konstruiert, der mittels Akkumulatoren getrieben wurde. Nun, gelaufen ist er wohl, aber mit diesem Erfolge hat er sich begnügt. Vorerst werden wir wohl noch erhebliche Verbesserungen in der Aufspeicherung der Elektrizität abwarten müssen, bevor wir daran denken können, unsre Straßenwagen elektrisch zu betreiben. Vielleicht am ersten gelingt dieser elektrische Betrieb mit zugeleiteter Elektrizität, etwa zur Fortbewegung von Omnibussen auf ebenen Chaussees.

Spirale, so sucht diese, wenn vom Strom durchflossen, ihn in sich hineinzuziehen, bis die Mitte des Wagens in der Spirale liegt. In diesem Augenblick hat aber der Kopf die nächste Spule erreicht und stößt hier gegen einen Umschaltthebel, der sich an allen Spulen findet. Dadurch schaltet er die erste Spule aus dem Stromkreis aus, und verbindet die vor dem Wagen liegende mit der durch zwei besonders geführte Drähte gebildeten Leitung. Nunmehr wirkt die vorliegende Spule anziehend auf den Wagen und er schiebt, nicht mehr durch die andre beeinflusst, in die

In Amerika ist das in Fig. 402 abgebildete System zur Bewegung von Wagen auf Landstraßen mittels zugeleiteten Stromes patentiert worden. Längs der Straße führen zwei Doppelleitungen, auf denen Lauffontakte rollen und mittels einer biegsamen Leitung mit dem getriebenen Wagen in Verbindung stehen. Vorläufig ist dieser elektrische Landstrassenwagen eine Papiererfindung geblieben, aber ganz aussichtslos erscheint ein solches Unternehmen keineswegs, wo der Weg eben und gut und Betriebskraft billig zu haben ist.

Verlassen wir das feste Land, das der Fortbewegung so manche Hindernisse bietet, und wählen das Wasser als unsern Weg, so gewinnen wir ein neues Gebiet für den elektrischen Betrieb von Fahrzeugen. Für die Fortbewegung von Booten mittels des Stromes liegen die Verhältnisse nicht ungünstig, wenn wir Akkumulatoren anwenden. Das Gewicht der Batterie kommt hier weniger in Frage, da die schweren Zellen als Ballast benutzt werden können. Die Umlaufgeschwindigkeit der Propellerschraube paßt mit der des Motors gut zusammen und ermöglicht es, die Schraube unmittelbar auf die Motorwelle zu setzen. Die Ladung der Batterie kann ohne Herausnahme aus dem Boot erfolgen, wenn nur die Leitungsdrähte bis ans Wasser geführt sind. Der ruhige Gang des Motors, die Abwesenheit von Feuerung, Rauch u. s. w. gibt dem elektrischen Boot einen Vorzug vor dem Dampfboot; zudem ist das elektrische Boot, wenn seine Batterie geladen, stets in Bereitschaft zur Fahrt und verlangt für den Betrieb keine ständige Wartung. Freilich bleibt es vorerst ein Luxusfahrzeug, da es in Anschaffungs- und Betriebskosten teurer kommt als ein entsprechendes Dampfverhän.

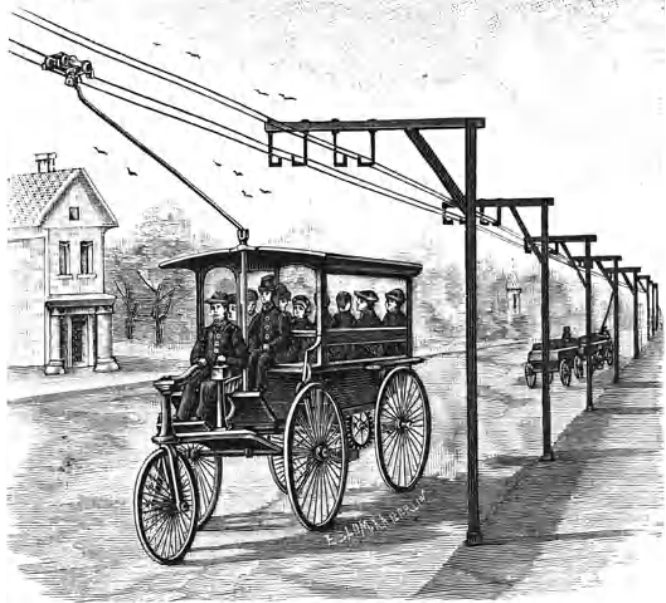


Fig. 402. Elektrischer Omnibus.

Das Vaterland der elektrischen Boote ist das klassische Land des Wassersports, England. Hier hat sich insbesondere Neekenz a u n, der sich schon um den Betrieb von Straßenbahnwagen mittels Akkumulatoren Verdienste erworben hat, eifrig und mit Erfolg mit der Konstruktion solcher elektrischen Boote befaßt. Wir geben deshalb hier ein Bild (Fig. 403) des von ihm gebauten elektrischen Bootes „Magnet“, welches er in Amerika zu Fahrten auf dem Hudson gebaut hat. Das Boot wird durch 56 Zellen getrieben, welche insgesamt 1100 kg wiegen. Die Anordnung und Unterbringung der Zellen im unteren Teile des Bootes zeigen Fig. 404 A und B. Der Kasten, in welchem die Akkumulatoren stehen, ist gut gedichtet, damit das Wasser nicht eindringen kann, und die Zellen sind mit Sägespänen gut umpackt, damit sie fest stehen. Der im Hinterteil des Schiffes gelegene Motor ist mit der Schraubenwelle unmittelbar verbunden und macht 540 Umläufe in der Minute, wobei er etwa $2\frac{1}{2}$ Pferdekraft entwickelt. Bei diesem Aufwand läuft das Boot mit sechs bis acht Knoten und kann mit einer Ladung und mit dieser Geschwindigkeit zehn Stunden fahren.

Man kann sich wohl kaum eine angenehmere Fahrt denken als auf diesem rasch und geräuschlos dahingleitenden Boote, in welchem kein Mast und kein Dampfmotor den Blick hindert, und so ist es kein Wunder, daß in England schon eine kleine Flotte solcher Boote

auf der Themse schwimmt, für welche besondere Badestationen an den Ufern errichtet worden sind, an denen die Boote neue Kraft einnehmen können.

In der Schweiz hat die Firma Escher Wyß & Co. ein solches Boot aus Aluminium gebaut, das von der Maschinenfabrik „Derlikon“ mit Akkumulatoren und elektrischem Motor ausgerüstet und derzeit im Besitz der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ ist, welche es auf der Havel laufen lassen will. Die letztgenannte Gesellschaft hat nämlich am Wannensee, einem der Havelseen, ein Elektrizitätswerk erbaut, das auch zum Baden der elektrischen Boote dienen soll, und so hoffen wir, demnächst auch in Deutschland die flinken Bootchen auf unsern Gewässern zu sehen.

Der Betrieb von Booten mittels zugeleiteten Stromes ist bisher noch nicht zur Ausführung gekommen. Aber man hat mehrfach vorgeschlagen, längs der Schifffahrtskanäle

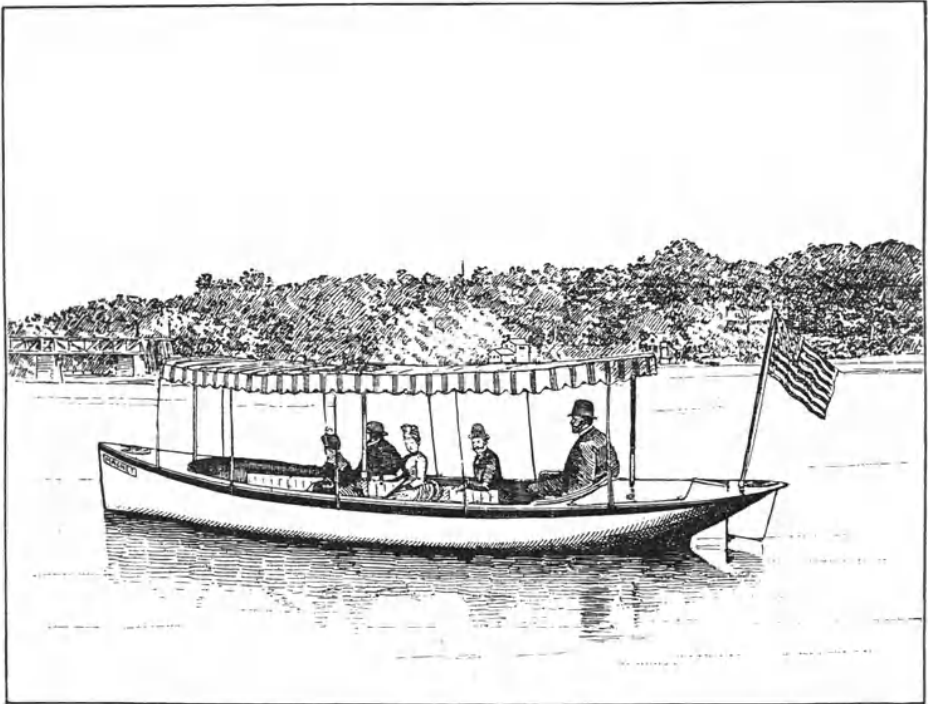


Fig. 403. Elektrisches Boot von Redenzaun.

elektrische Leitungen anzubringen, um den Schiffen die Zuführung einer billigen Betriebskraft zu ermöglichen. Man rechnet hierbei darauf, daß die Aufstellung eines elektrischen Motors in den vorhandenen Rähnen keine großen Umstände macht und dieselben sich also verhältnismäßig leicht in Schiffe mit Maschinenbetrieb umgestalten lassen. Unsere Fig. 405 mag eine Idee davon geben, wie man sich diesen Betrieb zu denken hat. Die hier skizzierte Einrichtung ist von D. Büffer vorgeschlagen worden, welcher sich in den Kanal ein Drahtseil gelegt denkt, das über eine vom elektrischen Motor getriebene Winde geführt wird und wie bei den bekannten Seil- und Ketten Schiffen dazu dient, dem Schiffe, welches an ihm vorwärts gewunden wird, die Fortbewegung zu ermöglichen. Längs der Ufer stehen Doppelleitungen, für die eine Fahrtrichtung auf dem einen, für die andre auf dem andern Ufer, und ihr Strom wird durch Laufrollen und Leitungsseile auf den Motor des Schiffes übertragen.

Die motorische Einrichtung, Motor mit Winde, ist transportabel und kann leicht auf jedem Rahne aufgestellt werden, so daß sich die Schiffer dieselben nicht zu beschaffen brauchen,

sondern dieselben leihweise erhalten, gleichzeitig auch den Maschinenführer mitbekommen, was jedenfalls auch wohl notwendig sein dürfte.

Unsre Regierungen haben sich der Einsicht nicht verschlossen, daß dem Schiffsgewerbe für die Fahrten auf den Kanälen eine billige Betriebskraft zugänglich gemacht werden muß, und da die Fortleitung mechanischer Energie mit endlosen Seilen ziemlich prekär ist, hat der Büssersche Vorschlag eine gewisse Bedeutung für die Gegenwart.

Elektrische Motoren im Eisenbahnbetrieb. In steigendem Maße findet der elektrische Motor jetzt auch Anwendungen zur Bewegung von Schiebebühnen, Drehscheiben und selbst zum Rangieren; wir können diese Verwendungen in eine besondere Klasse zusammenfassen, deren Charakter weniger durch die technische Einrichtung als durch den besonderen Zweck bestimmt wird.

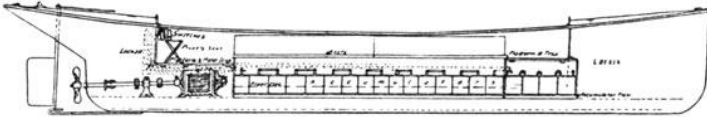


Fig. 404 A. Anordnung der Batterie im Redenzaun-Boote; Längsschnitt.

Elektrische Schiebebühnen sind schon vor einigen Jahren in Amerika in Verwendung gekommen, und neuestens hat auch die Maschinenfabrik „Eßlingen“ eine solche für die Hauptwerkstätte der königl. preussischen Eisenbahndirektion Erfurt in Tempelhof bei Berlin geliefert, welche unsre Fig. 406 darstellt. Wie man aus dem Bilde erkennt, hat die Schiebebühne auf der einen Seite eine Plattform erhalten, auf welcher der Motor — er gehört dem Typus der in Fig. 71 abgebildeten Dynamos der Firma an — steht. Durch Regelräder, von denen zum Wechsel der Bewegungsrichtung das eine oder andre zum Eingreifen in das auf der Welle des Motors sitzende Triebrad gebracht werden kann, wird die Bewegung des Motors durch eine Zahnradübertragung auf die eine Radachse der Bühne übertragen. Für die Stromzuleitung liegt parallel den Fahrtschienen eine isolierte Kupferschiene, während die Rückleitung durch die Fahrtschienen erfolgt. Handelt es sich um Schiebebühnen, die im Freien aufgestellt sind, so benutzt man oberirdische Zuleitung und einen Stangenkontakt.

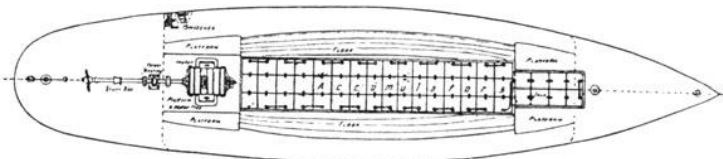


Fig. 404 B. Anordnung der Batterie im Redenzaun-Boote; Horizontalschnitt.

Zuweilen werden solche Schiebebühnen auch noch mit einer vom elektrischen Motor betriebenen Winde versehen, welche mit Hilfe eines Zugseiles den Wagen auf die Bühne zieht.

Die elektrisch betriebenen Drehscheiben erhalten den Motor entweder auf der Plattform aufgestellt, oder man legt ihn unter dieselbe; die erstere Konstruktion wird man vorziehen, wo es gilt, vorhandene Drehscheiben für elektrischen Betrieb einzurichten. Die Zuleitung wird man am einfachsten als isolierte Schiene unter die Plattform legen.

Daß der elektrische Betrieb dieser Vorrichtungen auf großen Bahnhöfen manche Vorteile bietet, ist leicht zu verstehen. Die Erzeugung des Betriebsstromes pflegt in solchen Anlagen keine Schwierigkeiten zu machen. Die Zuleitung ist ebenfalls leicht herzustellen. Für die Bedienung des elektrischen Motors sind die Arbeiter leicht angeleert. Daß mittels des Maschinenbetriebes eine erheblich höhere Leistung erzielt werden kann, bedarf keines Nachweises und gleichzeitig erspart man mit demselben Arbeitskräfte; beim elektrischen Betriebe kommt aber noch hinzu, daß eine einzige Kräfteerzeugungsstätte die sämtlichen Bewegungsvorrichtungen eines Bahnhofes, auch wenn sie noch so weit auseinander liegen, bedienen kann.

Verwandte Vorrichtungen finden wir in den elektrischen Betriebsvorrichtungen zur Bewegung von Dreh- und Zugbrücken, wie auch für das Aus- und Einfahren der Pontons bei Schiffsbrücken, zum Öffnen und Schließen von Schleusenthoren und andern Vorrichtungen, welche den elektrischen Motor anwenden. Wir dürfen uns eine nähere Erörterung derselben sparen, weil sie abgesehen von ihren speziellen Einrichtungen, welche mehr den Fachtechniker interessieren, im wesentlichen ähnliche Anordnungen zeigen, wie die bisher beschriebenen Vorrichtungen. Die Konstruktion des Motors bleibt zumeist dieselbe, und es ändern sich nur den jeweiligen Zwecken entsprechend die Einpassung desselben und die Übertragungsvorrichtungen, das heißt jene Teile, welche unter die Herrschaft des Maschinentechnikers fallen. Und es sei gesagt, daß der Maschinentechniker, der heute dem elektrischen Betriebe noch etwas kühl gegenüber steht, gerade bei diesen Vorrichtungen noch ein weites Schaffensgebiet vor sich finden wird und seine Mithilfe an der Eroberung desselben eine schätzenswerte Beihilfe für den Elektrotechniker abzugeben vermag.

Die elektrische Kraftübertragung. Die hervorragende Übertragungsfähigkeit der elektrischen Energie mittels Fortleitung lenkte schon frühzeitig die Aufmerksamkeit des Elektrotechnikers auf die Anwendung derselben zur Kraftübertragung, und schon bald, nachdem die Dynamomaschine vervollkommen war, versuchte man, elektrische Motoren auf größere Entfernungen durch Dynamomaschinen zu betreiben. Man erkannte nun aber bald, daß es galt, mit wachsender Übertragungsentfernung die Spannung zu steigern, damit die Stromstärke, welche den Verlust in den Leitungen bedingt, thunlichst klein gehalten werden konnte. Die Erzeugung, Behandlung und Umsetzung der hochgespannten Ströme erwies sich aber als verwickelter, als man anfangs gedacht hatte, und so zeigten die anfänglichen Versuche für Übertragung auf

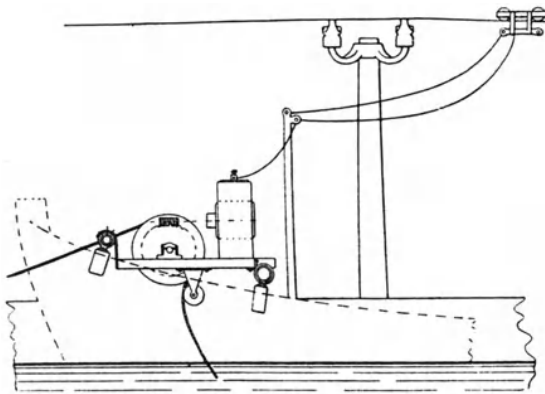


Fig. 405. Betrieb von Flußschiffen mittels zugeleiteten Stromes.

größere Strecken wenig ermutigende Erfolge. Allein mit der Zeit lernte man die Schwierigkeiten überwinden, und so sehen wir die rationelle Übertragungsweite von Jahr zu Jahr wachsen.

Einer der ersten, welcher systematische Versuche für die Übertragung auf größere Entfernungen hin anstellte, war Marcel Deprez, dem das Haus Rothschild ganz bedeutende Geldmittel hierfür zur Verfügung gestellt hatte.

Deprez hatte bereits auf der Elektrischen Ausstellung in Paris im Jahre 1881 eine kleine Kraftübertragungsanlage vorgeführt, bei welcher allerdings nicht so sehr die Übertragung auf weitere Strecken, als die Kraftverteilung von einer Zentraldynamo aus zur Schau gebracht wurde. Es kam damals zunächst auch nur darauf an, die Übertragung und Verteilung als praktisch anwendbar zu zeigen, und dies gelang Deprez in ziemlich vollkommener Weise. Er benutzte dafür eine von ihm konstruierte Gleichspannungsmaschine, aus welcher dann später die Verbundmaschine hervorgegangen ist. Der Unterschied zwischen der damaligen Deprezschen und der heutigen Verbundmaschine bestand darin, daß Deprez für die Speisung der Nebenschlußwicklung eine besondere Dynamomaschine anwendete, während die heutige Verbundmaschine diesen Strom von ihren eignen Klemmen abnimmt.

Auf dem Internationalen Elektrikerkongresse, der bei Gelegenheit dieser Ausstellung stattfand, sprach Deprez es aus, daß es möglich sei, eine Leistung von zehn Pferdekraften auf einem gewöhnlichen Telegraphendrahte von vier Millimeter Durchmesser unter Aufwand von sechzehn Pferdekraften an der stromerzeugenden Dynamo auf 50 Kilometer zu übertragen. Um diese rechnerisch nachgewiesene Möglichkeit auch praktisch zu erproben,

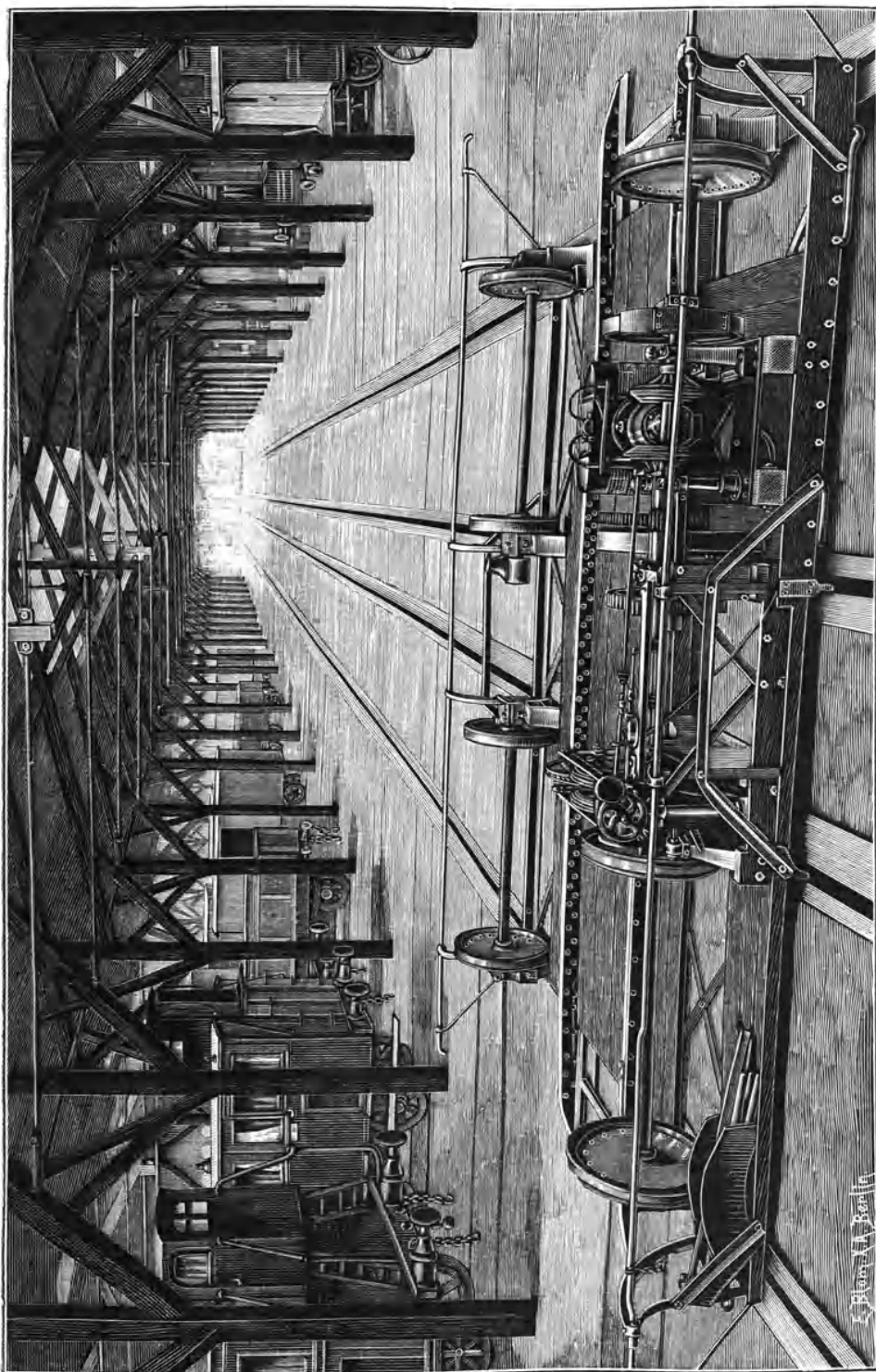


Fig. 406. Getriebener Betrieb einer Schleifmaschine in den Eisenbahnerwerkstätten in Zempelhof.

Und ihn der Ausschluß der Münchener Elektrischen Ausstellung, welche im folgenden Jahre stattfand, zu einer Ausführung des Versuches ein. Zu diesem Zwecke war in Miesbach, einem Orte bei München, eine Wasserkraft zur Verfügung gestellt. Die Leitungsentfernung zwischen Dynamo und Motor betrug 57 Kilometer, so daß der Strom, Hin- und Rückleitung zusammengenommen, über 100 Kilometer Leitungsweg hatte. Leider kam diese Anlage nur wenige Male in Betrieb, da verschiedene Störungen den Betrieb mehrmals unterbrachen und endlich ein Unglücksfall den Motor zerstörte. Sichere Messungen sind nicht erzielt worden, und man war etwas geneigt, die Sache als Mißerfolg anzusehen. Aber das ist sie nicht gewesen. Es ist, wenn man zunächst von der Frage der Ökonomie absieht, in diesem Versuche eine erhebliche Kraftleistung zum erstenmal auf eine größere Entfernung übertragen worden. Waren nun auch wirklich die Verluste damals erhebliche, so lag dies daran, daß in jenen Zeiten die elektrische Kraftübertragung ein neugeborenes Kind war. Jene Mängel sind aber im Laufe des Jahrzehntes zum großen Teil durch den Fortschritt der Elektrotechnik beseitigt worden, und so nimmt diese Entwicklungsreihe ihren Ausgang von den Pariser und Münchener Versuchen Deprez'.

Entsprechend dem großen Widerstand in der Telegraphenleitung hatte Deprez hohe Spannung und kleine Stromstärke anwenden müssen und war mit der ersteren schon bis auf 1300 Volt am Stromerzeuger gegangen.

Deprez ging nun auf dem eingeschlagenen Wege weiter und benutzte, indem er sein Ziel verfolgte, wie bei den vorhin genannten Versuchen, Gleichstrom. Wir werden sehen, wie gerade daran seine großartigen Versuche scheiterten, und erst andre Forscher Erfolge erreichten, als sie an Stelle des Gleichstromes Wechselstrom verwendeten.

Wir übergehen einige kleinere Versuche und wenden uns der Beschreibung des großen Versuches zwischen Paris und Creil zu, auf welchen von Deprez viel Zeit, Arbeit und Geld verwandt worden ist und der doch mit einem Mißerfolg geendigt hat.

Deprez hatte sich anfangs vorgesetzt, 250 Pferdekkräfte, nutzbar am Motor erhalten, auf 50 Kilometer zu übertragen, für welche an der Stromerzeugenden Dynamo 500 Pferdekkräfte aufgewendet werden sollten; später goß er etwas Wasser in seinen Wein und verminderte die Leistung auf eine Übertragung von 300 Pferdekkräfte an der Welle der Dampfbildungsmaschine, welche an den drei Motoren mit zusammen 150 Pferdekkräfte nutzbarer Leistung erscheinen sollten. Anfangs gedachte er 7500 Volt Spannung zu benutzen, tatsächlich ist aber die Spannung bei den Versuchen erheblich unter diesem Grade geblieben und hat zwischen 5000 und etwas über 6000 hin- und hergeschwankt; immerhin für damalige und auch noch heutige Zeiten eine außerordentliche Größe. Die Stromstärke sollte 25 Ampère betragen, ist aber nur an etwa zehn Ampère herangekommen. Die Abmessungen der elektrischen Größen, wie sie Deprez in Verwendung nehmen wollte, waren so ungewöhnliche, daß die damalige Technik noch keine Maschinen von solcher Leistung kannte, und Deprez beging den Fehler, aus eigenem Wissen und Können, Maschinen für solche Leistungen zu konstruieren, ohne sich an die Praktiker zu wenden. Er hätte nun bei den Amerikanern Maschinen, die annähernd die hohe Spannung und Kraftleistung hergaben, finden können, allein die Kommutatormaschinen sagten ihm nicht zu, und er baute Dynamos mit Gramme-Ring, die sich in der Konstruktion als verfehlt erwiesen.

Die Leitung hatte rund 100 Ohm Widerstand und bestand zum Teil aus Bleikabel, war also keineswegs billig; allein dieser Punkt ist vorläufig nebensächlich, da es zunächst nur auf die ökonomische Übertragung der großen Energiemenge ankam.

Die Mängel der Dynamomaschine wie der Motoren ließen den großartig unternommenen Versuch fast vollständig fehlschlagen. Von den 150 Pferdekkräfte, die von der Dampfmaschine geleistet wurden, sind noch nicht 50 Pferdekkräfte nutzbar an den Motoren wieder erschienen, ganz abgesehen davon, daß die Anlage selbst eine solche unökonomische Übertragung nur für kurze Zeit zu leisten vermochte.

Daß Deprez den erstrebten Erfolg hätte erreichen können, wenn er zweckmäßige Maschinen angewendet hätte, wies ihm im Jahre 1886 der französische Elektriker Hippolyte Fontaine nach, dem die „Compagnie Electrique“ in Paris die benötigten Maschinen und Anlagen in zwei Monaten fertig stellte. Fontaine nahm für seinen Versuch die Bedingungen

an, welche sich Deprez gestellt hatte, die Übertragung von 100 Pferdekraften auf 50 Kilometer mit rund 50% Nutzeffekt, aber er versuchte nicht, eine Maschine für 6000 Volt zu bauen, sondern nahm vier Dynamos, für 1500 Volt jede, und schaltete sie hintereinander, womit er die benötigten 6000 Volt erreichte. In gleicher Weise verband er drei Motoren durch eine gemeinsame Welle und schaltete dieselben ebenfalls hintereinander, vermied also auch hier die allzu hohe Spannung in der einzelnen Maschine. Auf einer Leitung, welche wie die zwischen Paris und Creil 100 Ohm Widerstand hatte, erhielt er mit seiner Anlage von 96 Pferdekraften, die den stromerzeugenden Dynamos übermittelt wurden, rund 50 Pferdekraften nutzbar an seinem zusammengesetzten Motor, womit er den Beweis erbracht hatte, daß man tatsächlich eine derartige Leistung mit einem Verlust von etwa 50% auf 50 Kilometer übertragen kann.

Das Mißlingen der Deprezschen Versuche hatte die Weitübertragung zunächst in Mißkredit gebracht. Es erregte deshalb das Interesse der elektrischen Welt, als die Maschinenfabrik „DeLifon“ eine für dauernde Verwendung berechnete Übertragungsanlage aufstellte und mit bestem Erfolg in Betrieb brachte. Es ist dies eine Kraftübertragungsanlage zwischen Kriegstetten und Solothurn, die allerdings in der Weite und übertragener Leistung gegen die Versuche von Deprez zurücktritt, denn bei ihr werden nur 50 Pferdekraften auf acht Kilometer übertragen, aber eine große Bedeutung dadurch erhalten hat, daß sie mit einem Nutzeffekt von rund 70% und in dauerndem Betriebe arbeitet. Die angewendete Spannung ist 2500 Volt, die Stromstärke 18—20 Ampere.

Einen neuen Aufschwung gewann die elektrische Weitübertragung, als man den Wechselstrom zu Hilfe nahm. Ist schon die direkte Erzeugung hochgespannter Wechselströme mittels einer Wechselstrommaschine leichter zu erzielen, als durch eine Gleichstrommaschine, weil, wie wir früher sahen, der Wechselstrom ohne jeden Schleifkontakt aus den induzierten Spulen in die Leitung abgegeben werden kann, so wird dieses für die Wechselstrommaschine günstige Verhältnis noch vermehrt, wenn man die Hochspannung nicht unmittelbar in der stromerzeugenden Dynamo hervorbringt, sondern einem Transformator für aufsteigende Umwandlung überläßt. Hierbei wird die stromerzeugende Maschine einen Strom von niedriger Spannung erzeugen, was für den Bau und den Betrieb der Dynamo vorteilhafter ist, und dieser Niederspannungsstrom wird in einem Transformator zu einem Hochspannungsstrom umgewandelt, geht über die Fernleitung und kann am Orte des Motors nach Bedarf wieder in einen ungefährlichen Niederspannungsstrom transformiert werden. Die gefährdende Spannung bleibt also aus dem eigentlichen Maschinenbetriebe ausgeschlossen und nur auf die Leitungsanlage beschränkt, welche genügend gegen Berührung gesichert werden kann.

Die Schwierigkeit, welche anfangs der Verwendung des Wechselstromes entgegenstand, war darin begründet, daß man noch keine zuverlässig und ökonomisch arbeitenden Wechselstrommotoren besaß. Durch die Erfindung des Motors von Ganz & Co. (vergl. Fig. 344) wurde zunächst die Möglichkeit einer Anwendung des Wechselstromes für motorische Zwecke geschaffen, und nachdem einmal Bresche gelegt war, entwickelte sich die Technik der Wechselstrommotoren weiter. Es gelang nun einem amerikanischen Elektriker, Nicola Tesla, einen Wechselstrommotor zu konstruieren, welcher insofern eine Vereinfachung des Motors von Ganz & Co. darstellt, als er keinen durch einen Gleichstrom erregten Elektromagneten besitzt. Bei diesen Motoren werden durch eine besondere Anordnung Pole in der Ringarmatur erzeugt, welche durch den Stromwechsel im Ringe umlaufen. Um dies zu verstehen, geben wir das Schaltungsschema (Fig. 407), welches die von Tesla gewählte Anordnung zeigt. Auf einen Eisenring sehen wir vier Spulen gesetzt, von denen die je zwei diametral gegenüberliegenden miteinander und mit einem besonderen Stromkreise verbunden sind, so daß wir also vier Leitungen und zwei gesonderte Stromkreise erhalten. Die Verbindung je zweier zusammengehöriger Spulen ist derart gewählt, daß die von ihnen erzeugten Pole nach der gleichen Seite hin liegen. Wir erinnern nun daran, daß beim Wechselstrom die Stromstärke auf- und niederschwankt, daß sie mit Null beginnt, dann zu ihrer größten Stärke anschwillt, darauf abnimmt, zu Null wird, um darauf mit entgegengesetzter Stromrichtung anzuschwellen, einen Höhepunkt zu erreichen und wieder

abzunehmen, worauf sie dann wie im Anfang nach der unteren Seite hin zunimmt u. s. w. Auf diese Weise entstehen also Stromwellen. Nun bewegen sich die Stromwellen in den beiden Stromkreisen nicht in Übereinstimmung, sondern in dem einen beginnt die Welle gerade aus ihrer Nullgröße aufzuwachsen, wenn die des andern Stromkreises ihre größte Höhe erreicht hat und mit dem Abschwellen anfängt.

Betrachten wir nun die erste der sechs Schaltungsfiguren, so sehen wir, daß die im horizontalen Durchmesser liegenden Spulen vom Strom durchflossen werden, während das andre Paar gerade stromlos ist. Der Stromkreis der ersteren Spulen hat also gerade sein Maximum erreicht. Diese beiden Spulen erzeugen nun nach oben hin Nordpole, durch deren Vereinigung ein Nordpol im höchsten Punkte des Ringes (und in gleicher Weise ein Südpol im tiefsten) entsteht. Die kleine drehbare Magnetnadel innerhalb des Ringes, welche durch den gefiederten Pfeil dargestellt wird, stellt sich also in die senkrechte Lage und mit der Spitze nach unten, wenn die Pfeilspitze den Nordpol der Nadel bedeutet.

Nunmehr schwillt der Strom in den im horizontalen Durchmesser liegenden Spulen ab und in den beiden andern an. Die ersteren halten noch ihre Pole aufrecht, aber es

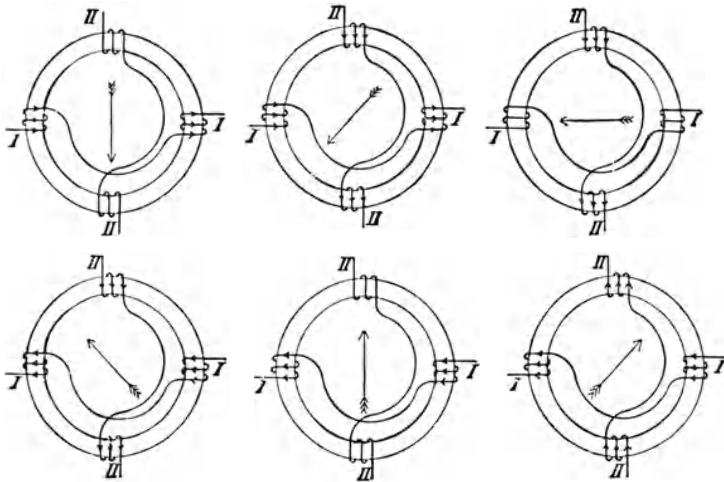


Fig. 407. Der Polwechsel im Ringe des Tesla-Motors.

entstehen jetzt auch Pole an den beiden andern Spulen, welche sich mit den ersteren zusammensetzen. Betrachten wir nun die obere Spule, so hat sie nach links hin einen Südpol, welcher also den Nordpol der links liegenden Spule aufhebt; nach rechts hin hat sie einen Nordpol, der sich also mit dem Nordpol der rechts liegenden Spule zusammensetzt. Es entsteht also zwischen den beiden letzteren Spulen ein Nordpol, d. h. der vorher an der höchsten Stelle liegende Nordpol ist durch die gedachte Änderung der Stromstärke in beiden Stromkreisen im Sinne des Uhrzeigers um $\frac{1}{8}$ Kreisdrehung vorgerückt.

Nunmehr wird der Strom im Stromkreis I gleich Null, im Stromkreis II erreicht er die größte Stärke. Infolgedessen rücken die Pole durch die geschilberte Spulenvirkung wieder um $\frac{1}{8}$ Kreisdrehung weiter, und Nord- und Südpol kommen dahin zu liegen, wo auf dem Zifferblatt der Uhr III und IX stehen. Die Magnetnadel folgt natürlich dem Wechsel der Pollagen und wird entsprechend gedreht.

Indem nun der Strom im Stromkreis II abschwilt, im Stromkreis I mit umgekehrter Stromrichtung wieder zunimmt, die Nordpole der beiden zu diesem Kreise gehörigen Spulen also nach unten hin zu liegen kommen, ändert sich die Pollage aufs neue, und der Nordpol kommt jetzt zwischen IV und V des Zifferblattes zu stehen. Auf diese Weise laufen die Pole mit dem An- und Abschwellen der Ströme im Kreise durch den Ring, und zwar in unserm Falle im Sinne des Uhrzeigers.

Denken wir uns nun statt der Magnetnadel ein Eisenstück drehbar in dem Ring mit den umlaufenden Polen angebracht, so wird dasselbe, wenn ihm gerade Pole gegenüberstehen, magnetisch werden und den Ringpolen befreundete Pole zuziehen. Rücken nun die Ringpole weiter, so werden sie die Pole des Eisenstückes nachziehen und das letztere drehen. Es ist nicht notwendig, daß sich das Eisenstück synchron mit den Ringpolen dreht. Wenn nämlich die Ringpole dem sich drehenden Eisenstücke voreilen, so wird nach einiger Zeit an Stelle des Nordpols, der das eine Ende des Eisenstückes magnetisierte, der Südpol treten; allein dann wird das Eisenstück umpolarisiert werden, seine Pole werden wechseln, und das Ende, welches bisher dem Nordpol folgte, folgt jetzt dem Südpol, welcher sich im selben Sinne wie der erstere Pol bewegt.

Setzen wir jetzt an Stelle des sich unter dem Einfluß der umlaufenden Pole drehenden Eisenstabes eine runde Scheibe oder einen Eisenzylinder, so könnte man auf den ersten Blick annehmen, daß eine solche Vorrichtung nicht von den umlaufenden Polen mitgenommen wird, da die aus den Polen austretenden Kraftlinien immer den Weg nehmen werden, welcher durch den sie verbindenden Durchmesser dargestellt wird, so daß also die Pole des Eisenzylinders auf diesem umlaufen werden, nicht aber der Zylinder selbst. Nun entsteht und verschwindet der Magnetismus aber nicht momentan. Sind also die umlaufenden Pole des Ringes um ein Stück vorgerrückt, so haben sie noch nicht sofort neue Pole auf den ihnen gegenüberliegenden Teilen des Eisenzylinders erzeugt, und die verlassenen Pole des Eisenzylinders sind noch nicht vollständig verschwunden. Demnach bestehen auf dem Eisenzylinder noch Pole, welche gegen die Ringpole etwas zurückliegen und darum eine anziehende Wirkung erfahren. Der Eisenzylinder wird also ebenfalls eine Drehwirkung aus den umlaufenden Polen erhalten.

Es gilt also, wie man sieht, das Entstehen der neuen Pole wie das Verschwinden der alten auf dem Eisenzylinder zu verzögern, damit die Pole des Zylinders etwas hinter den Polen des Ringes zurückbleiben und aus der gegenseitigen Anziehung dieser Pole eine Drehwirkung entsteht. Dies erreichen wir, indem wir den Eisenzylinder mit isolierten, in sich geschlossenen Drahtwindungen umgeben. Um den hier auftretenden Vorgang übersehen zu können, betrachten wir zunächst einen geraden Eisenkern, welcher mit geschlossenen Drahtwindungen umgeben ist. Wird derselbe durch die Einwirkung zweier, seinen Enden genäherter, entgegengesetzter Magnetpole polarisiert, zu einem Magneten gemacht, so entstehen in ihm Kraftlinien, welche nach dem früher Gesagten (s. S. 9) von dem erregenden Nordpol durch den Eisenkern zum erregenden Südpol gehen. Das Entstehen solcher Kraftlinien im Eisenkern bedingt aber (s. S. 89), daß in den umgebenden Windungen ein Strom entsteht, und zwar von einer solchen Richtung, daß der erzeugte Strom den Eisenkern in der entgegengesetzten Richtung zu magnetisieren sucht, wie die erregenden Pole. Die erregenden Pole haben diese Gegenkraft zu überwinden, und es vergeht erst einige Zeit, bis sie den Eisenkern mit voller Wirkung magnetisieren; ist dieser Zustand eingetreten, nimmt die Zahl der Kraftlinien im Eisenkern nicht mehr zu, so hört auch die Wirkung auf die Windungen auf, und der Strom verschwindet aus denselben.

Ein analoger Vorgang tritt ein, wenn die erregenden Magnetpole vom Eisenkern entfernt werden. Die im Eisenkern hervorgerufenen Kraftlinien verschwinden durch die Wegnahme der erregenden Pole; ihr Abschwellen auf Null ruft aber wieder in den Windungen einen Strom hervor, diesmal aber mit einer solchen Richtung, daß der Strom die im Eisenkern bestehenden Pole aufrecht zu erhalten sucht, und auch hier kann deshalb der Magnetismus des Eisenkernes nur in allmählicher Überwindung der genannten Gegenkraft verschwinden. Wir kommen daher zu dem Schluß, daß ein Eisenkern, welcher in gedachter Weise mit geschlossenen Drahtwindungen umgeben ist, seinen Magnetismus nur allmählich annehmen, nur allmählich verlieren kann.

Diese Erscheinung benutzen wir für unsern Motor mit umlaufenden Polen in einem feststehenden Ringe. Wir legen um den Eisenzylinder, der sich im Ringe drehen soll, kreuzweise zwei in sich geschlossene Windungen. Sind nun in einem gegebenen Augenblicke Nordpol und Südpol an der höchsten und niedersten Stelle auf dem Eisenzylinder unsrer Fig. 408 entstanden, so wird für den so gebildeten Magneten die horizontal liegende

Drahtwindung in der gedachten Weise für die Aufrechterhaltung der Pole an dieser Stelle wirken, und beim Fortschreiten der erregenden Pole des Ringes werden sich nicht sofort an den neu gegenüberliegenden Stellen des Cylinders Pole bilden können, so daß also jederzeit ein Stück hinter den Ringpolen befreundete Pole des Eisencylinders liegen werden, durch welche der Cylinder von den umlaufenden Ringpolen mitgeschleppt wird.

Es ist damit nicht gesagt, daß die Cylinderepole stets an der bezeichneten Stelle liegen bleiben. Denn die Umlaufgeschwindigkeit des Cylinders kann sich gegen die der Ringpole verzögern, und so werden diese mit der Zeit an neuen Stellen des Eisencylinders Pole erzeugen; aber immer werden die letzteren Pole mehr oder weniger gegen die des Ringes zurückbleiben, und also die Drehwirkung aufrecht erhalten bleiben. Würden sich die Cylinderepole gegen die in der Figur gezeichneten um 90° verschoben haben, so könnte die horizontal gezeichnete Drahtwindung nicht mehr die verzögernde Wirkung ausüben, weil sie jetzt nicht mehr die Kraftlinien umgibt; für sie tritt nun die zweite Windung ein, welche in unsrer Figur senkrecht steht. Wegen die Cylinderepole zwischen beiden Windungen, so nehmen beide an der gedachten Verzögerungswirkung teil, weil jetzt die Kraftlinien durch beide Windungen hindurchtreten.

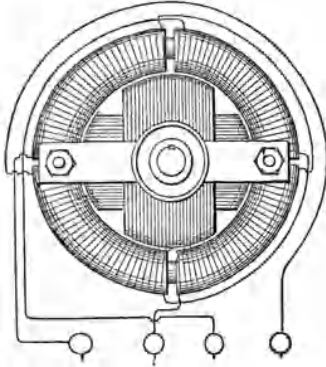


Fig. 408. Prinzip des Tesla-Motors.

Statt der zwei Windungen können wir beliebig viele gekreuzte nehmen, und so wäre es das Einfachste, wenn wir sie durch einen auf den Cylinder gelegten Kupfermantel, der auf den Stirnenden des Cylinders durch Kupferscheiben geschlossen ist, ersetzen. Ja, wir könnten auch den Eisencylinder selbst in gedachter Weise als seine eigne Umwindung benutzen, wenn wir ihn massiv machten; denn dann würde sein entstehender und vergehender Magnetismus die gedachten Verzögerungsströme in der Eisenmasse hervorgerufen, welche dem Strome einen vortrefflichen Leitungsweg darbietet. Allein dies würde sich nicht empfehlen, weil der nicht stetige Magnetismus der umlaufenden Ringpole dann weit mehr Strom in dem massiven Eisenkern erzeugen würde, als zur Erhaltung der Cylinderepole erforderlich ist. Diese Mehrerzeugung wäre nicht nur ein Verlust an Energie, sondern auch eine schädliche Wirkung, weil durch sie der Eisencylinder bedenklich erhitzt würde.

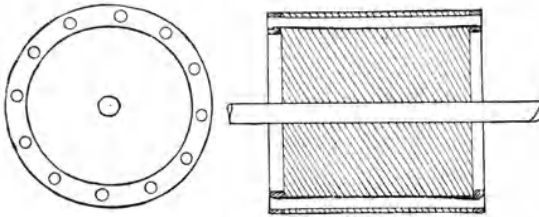


Fig. 409. Drehstromanker der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“.

Das Gleiche gilt auch für den massiven Kupfermantel, und darum wenden wir lieber zerteiltes Eisen und in gleicher Weise zerteilte Windungen an.

Die einfachste derartige Bewickelung zeigen die „Drehstrommotoren“ der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“. Bei diesen ist der eiserne Cylinder dicht unter dem Rande mit einem Kranz in der Richtung der Achse laufender Kanäle versehen, durch welche Kupferdrähte gezogen und an den Stirnenden des Cylinders durch Kupferplatten oder Ringe unter sich verbunden sind. Fig. 409 zeigt einen solchen Anker im Längs- und Querschnitt.

Wir haben hier eine Bemerkung einzuschalten, welche eine Änderung in den Bezeichnungen betrifft. Nach dem früheren nennen wir „Anker“ bei der Dynamomaschine denjenigen Teil, in welchem die elektromotorische Kraft hervorgebracht wird, beim elektrischen Motor den analogen Teil, in welchem die gegen elektromotorische Kraft entsteht; die Bezeichnungen ändern sich nicht, gleichviel ob die genannten Teile die stehenden oder laufenden sind. Die Drehstromtechniker haben nun aber leider für ihre Motoren die Bezeichnung geändert. Statt den Ring, in welchem die Pole umlaufen, folgerichtig „Anker“ zu

nennen, belegen sie den induzierten Magneten mit dieser Bezeichnung, augenscheinlich dem äußeren Eindrucke nachgebend. Wir müssen ihnen in dieser Vertauschung folgen, damit unsere Leser bei etwaigen Vergleichen mit andern Beschreibungen nicht irre geführt werden, thun dies aber, indem wir ausdrücklich auf den Fehler hinweisen.

Um nun erkennen zu lassen, in welcher Weise bei diesem System der umlaufenden Pole primäre und sekundäre Maschine verbunden sind, geben wir zunächst eine Schaltungs-skizze der früher von Tesla angewendeten Anordnung. Unsere Fig. 410 zeigt beide Maschinen miteinander verbunden. Rechts steht die stromgebende Wechselstrommaschine. Wir sehen, daß dieselbe vier induzierte Spulen besitzt, innerhalb welcher sich der induzierende Magnet dreht. Je zwei diametral gegenüber liegende Spulen sind in Reihenschaltung miteinander und mit einem der beiden zum Motor führenden Stromkreise verbunden. Der induzierende Magnet, der als Doppel-T-Anker gezeichnet ist, soll gerade bei der oberen und unteren Spule vorbeigehen. In diesem Momente wird er also nur induzierend auf diese Spulen wirken, während die beiden rechts- und linksliegenden Spulen — wir nennen sie fortan

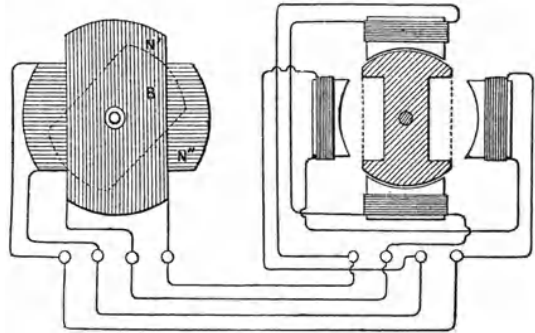


Fig. 410.
Verbindung des Tesla-Motors mit der Wechselstrommaschine.

kurz die horizontalen Spulen, die beiden andern die vertikalen, und gebrauchen die gleichen Bezeichnungen auch nachher beim Motor — nicht induziert werden. Stromkreis II (vergl. die Fig. 407) erhält also jetzt Strom, Kreis I ist stromlos; wir haben also die dritte der sechs Phasen vor uns. Der Magnet dreht sich nun weiter und beginnt auch die vertikalen Spulen zu induzieren, so daß auch diese Strom in ihre Leitung schicken. Demzufolge wird jetzt auch die horizontale Spule des Motors vom Strom durchflossen, und wir haben jetzt

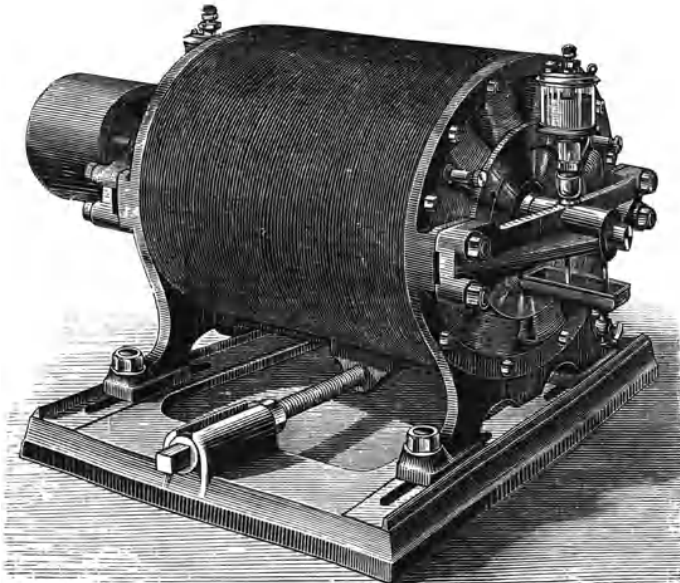


Fig. 411. Tesla-Motor.

kurz die horizontalen Spulen, die beiden andern die vertikalen, und gebrauchen die gleichen Bezeichnungen auch nachher beim Motor — nicht induziert werden. Stromkreis II (vergl. die Fig. 407) erhält also jetzt Strom, Kreis I ist stromlos; wir haben also die dritte der sechs Phasen vor uns. Der Magnet dreht sich nun weiter und beginnt auch die vertikalen Spulen zu induzieren, so daß auch diese Strom in ihre Leitung schicken. Demzufolge wird jetzt auch die horizontale Spule des Motors vom Strom durchflossen, und wir haben jetzt

Phase IV der Fig. 407 vor uns. Indem sich der Elektromagnet nun weiter dreht und in die horizontale Lage gelangt, wird Stromkreis II stromlos und der Strom im Kreis I schwillt auf seinen Höhepunkt; insofgedessen geht auch der Strom nur noch durch die vertikalen Spulen des Motors, wie es Phase V in Fig. 407 zeigt. Wie wir nun früher geschildert haben, laufen mit diesem Wechsel der Erregung der Spulen die Pole im Sinne des Uhrzeigers um und schleppen also den Anker mit.

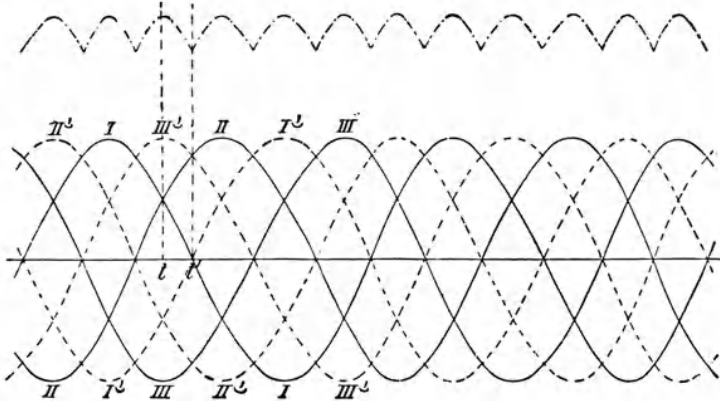


Fig. 412. Verbindung von drei Wechselströmen mit gegeneinander verschobenen Wellen.

Die Konstruktion des Motors, den Tesla zur Benutzung dieser Vorgänge konstruierte, ist in Fig. 411 abgebildet.

Ein Mangel des Systems ist nun offenbar, daß es die Anwendung von vier Leitungen notwendig macht, was um so erschwerender ins Gewicht fällt, als der Motor auch für Hochspannungsströme und Fernleitung benutzt werden soll. Tesla gelang es nun, eine

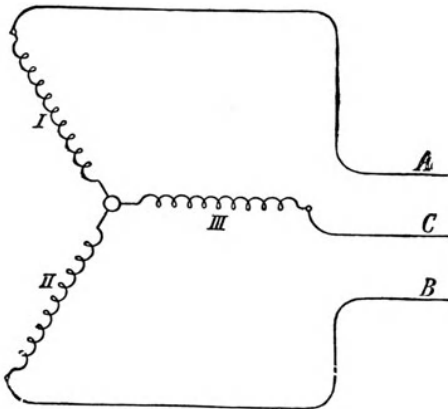


Fig. 413 A. Verteilung der Ströme mit Reihenschaltung der Spulen.

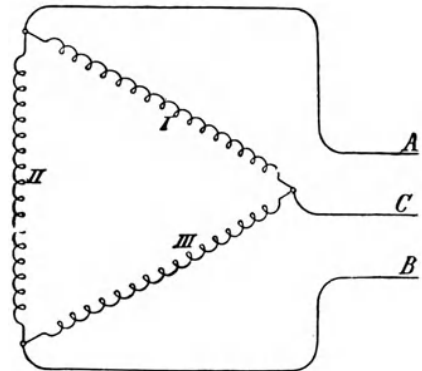


Fig. 413 B. Verteilung der Ströme mit Parallelschaltung der Spulen.

der Leitungen zu beseitigen und den dritten Draht als gemeinschaftliche Rückleitung zu benutzen. Da wir weiter unten auf eine gleiche Schaltung zu sprechen kommen, so übergehen wir die von Tesla benutzte Anordnung.

Zweifellos war die Erfindung Teslas eine sehr wichtige, da sie die Konstruktion eines Wechselstrommotors ohne alle Kollektoren, Kommutatoren und Schleifkontakte ermöglichte, und sie verfehlte auch nicht, großes Aufsehen in der elektrotechnischen Welt zu erregen. Immerhin zeigten sich in dem System noch manche Mängel und der Tesla-Motor

konnte vorerst keine praktische Verwendung finden. Es war nun die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“, welche das System aufnahm und auszubilden suchte, wobei ihr Bestreben sich darauf richtete, das von den laufenden Polen erzeugte Magnetfeld konstant zu machen. Bei dem Tesla-Motor pulsiert das Feld, die Magnetpole behalten in ihrem Laufe nicht ihre Intensität bei, sondern dieselbe schwillt an und nimmt ab, um wieder aufs neue anzuschwellen u. s. w. Es entstehen dadurch Ströme im Anker, welche die Wirkung der Anziehung zwischen Anker und Feldmagnet beeinträchtigen, was hier nicht weiter ausgeführt sei.

In dem Drehstromsystem der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ werden drei Ströme erzeugt, deren Stromwellen um je $\frac{1}{3}$ ganzer Wellenlänge (Berg und Thal



Fig. 414. Situationsplan der Kraftübertragung Lauffen - Frankfurt a. M.

zusammen) gegeneinander verschoben sind, wie dies Fig. 412 erkennen läßt. Die Spulen, in denen die Ströme entstehen, lassen sich nun untereinander derart verbinden, daß jeweils in zweien von ihnen die eben bestehenden Ströme hintereinander und mit der dritten Spule parallel geschaltet sind, wobei die Summe der beiden ersten Spannungen gleich ist derjenigen der dritten Spule, oder zwei Spulen parallel und mit der dritten in Reihenschaltung sind. Die erstere Verbindungsart zeigt Fig. 413 A, die zweite Fig. 413 B. Diese Verbindung wird als „Verkettung“ der Ströme bezeichnet.

Bei dieser Schaltungsart entstehen nun drei Pole, zwei gleiche und ein ihnen entgegengesetzter, deren Lage natürlich mit jedem Stromwechsel in den verbundenen Spulen wechselt. Man kann also den Strom der drei Spulen durch drei Leitungen fortleiten, von denen die eine als Hin-, die beiden andern als Rückleitungen dienen.

Die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ erzeugt nun aber diese drei verketteten Ströme nicht unmittelbar in der Primärmaschine, sondern die Maschine gibt sechs oder

auch mehr unverfettete Ströme, deren Phasen gegeneinander entsprechend verschoben sind, ab, und diese Ströme werden in einem passend gestalteten Transformator in drei miteinander verfettete Ströme umgewandelt, welche in die drei Fernleitungen geschickt werden. Es hat dies den Vorteil, daß gewisse mit der Verfettung auftretende Störungen in der Primärmaschine vermieden werden; außerdem ist aber durch die Einschaltung des Zwischentransformators der Vorteil gewonnen, daß die Spannung der Primärmaschine niedrig gehalten werden kann und die Hochspannung für die Fernleitung erst in dem vorgeschalteten Transformator erzeugt wird. Die Vorteile dieser Anordnung haben wir schon erwähnt.



Fig. 416. Öltransformator für die Kraftübertragung
Lauffen-Frankfurt a. M.

fernung von 175 Kilometer übertragen werden. Der von der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ in Gemeinschaft mit der Maschinenfabrik „Declifon“ unternommene großartige Versuch sollte darthun, daß man bereits mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln Energie auf solche bedeutenden Entfernungen leiten kann, und gewann dadurch nicht nur ein großes wissenschaftliches und technisches Interesse, sondern auch eine eminente wirtschaftliche Bedeutung.

Die Stromerzeugungsanlage bestand aus einer Turbine von 300 Pferdekraften, welche eine Drehstrommaschine für gleichwertige Leistung antrieb. Der erzeugte Strom wurde in einen Transformator geleitet, der ihn auf die Leitungsspannung erhöhte. Für solche Transformatoren mit hoher Spannung reichten die gewöhnlichen Isolationsmittel nicht aus, es mußte ein flüssiges benutzt werden, Öl (Kohlenwasserstoff), und so wurde

Der für die Umwandlung der Maschinenströme in drei verfettete Ströme benutzte Transformator beruht ebenfalls auf dem Prinzip der umlaufenden Pole, und wir könnten ihn mit einer Wechsel-

strommaschine vergleichen, deren Anker feststeht, während das Feld sich dreht; nur daß bei dem Transformator die Drehung des Feldes durch die Änderungen der primären Einzelströme hervorgerufen wird, während bei der Maschine diese Drehung auf mechanischem Wege erfolgt.

Dieser „Drehstrom“ — die Bezeichnung ist nicht ganz glücklich gewählt — ist nun bei dem großartigen Energieübertragsversuche zwischen Lauffen und Frankfurt a. M. in Anwendung gekommen. In Lauffen, das nahe bei Heilbronn liegt (vergl. Fig. 414), besitzt das Portlandzementwerk Lauffen eine bedeutende Wasserkraft von 1500 Pferdekraften, welche jetzt elektrisch für die Beleuchtung Heilbronn und Abgabe von motorischer Kraft benutzt wird. Von dieser Wasserkraft sollten 300 Pferdekraften nach Frankfurt a. M. auf eine Ent-

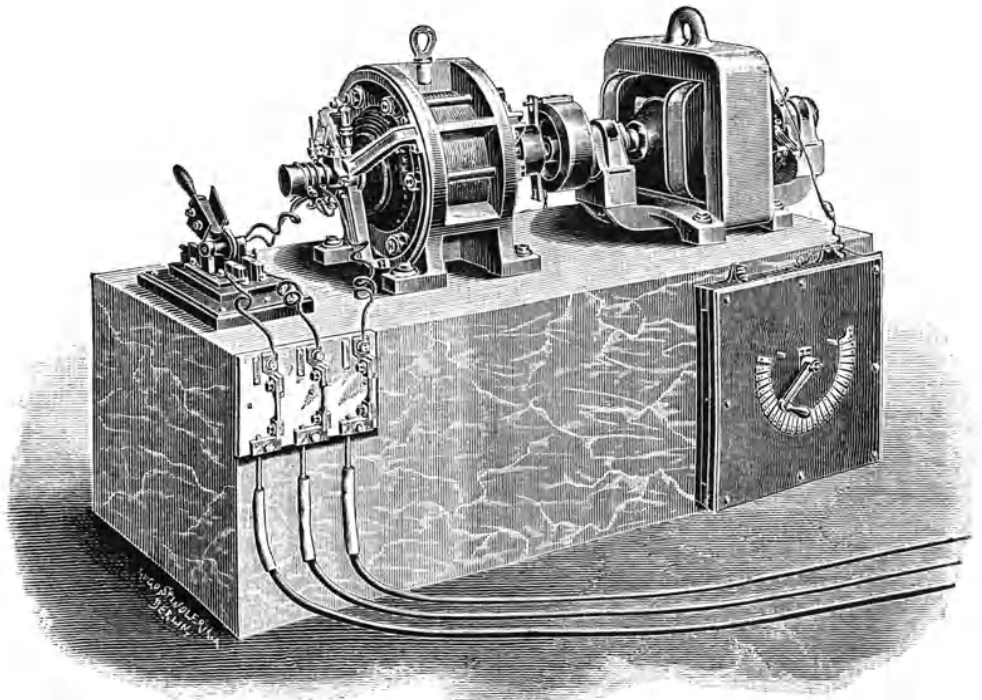


Fig. 416. Kleiner Drehstrommotor.

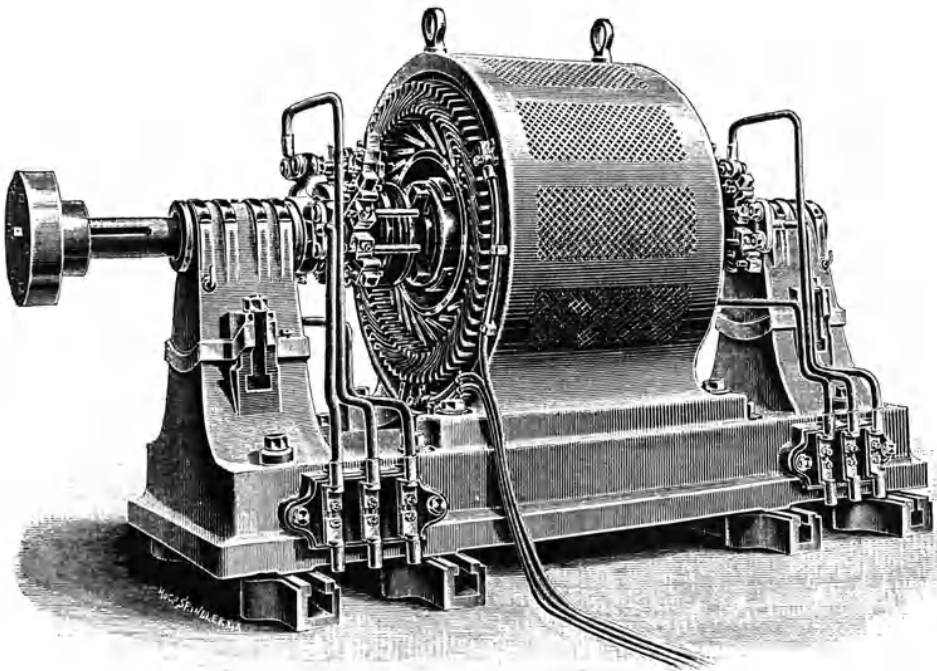


Fig. 417. Großer Drehstrommotor.

dieser Transformator, wie auch die an der Endstelle für den Spannungsabstieg aufgestellten in große mit Öl gefüllte Behälter gestellt. Die Erfindung dieses Transformators, ohne welchen die Erzielung der verlangten Hochspannung — sie sollte bis 25 000 Volt gehen — unmöglich gewesen wäre, ist von der Maschinenfabrik „Derlikon“ gemacht worden.

Die Leitung bestand aus drei Kupferdrähten von je vier Millimeter Durchmesser, welche auf Stangen und durch Ölisolatoren (vergl. Fig. 137) isoliert in einer Höhe von acht Meter über das Land geführt waren. Der benötigte Kupferdraht, der von der bekannten Firma F. A. Hesse Söhne in Heddersheim bei Frankfurt a. M. zur Verfügung gestellt war, hatte eine Gesamtlänge von 530 Kilometer und ein Gewicht von 60 000 Kilogramm.

Mit Rücksicht auf die hohe Spannung mußten besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen werden, um das Publikum gegen Lebensgefahr zu schützen.

Was nun den Erfolg dieses Versuches angeht, so wird der Nutzeffekt auf 70 % an gegeben. Der Nutzeffekt und die Betriebssicherheit haben bei den ersten Proben keineswegs den Erwartungen entsprochen; allein dies entscheidet nicht. Man hat zu berücksichtigen, daß den Unternehmern die Erfahrungen an einer solchen Anlage fehlten, weil sie die erste dieser Art war, und diese Erfahrungen erst gesammelt werden müssen. Angesichts der tüchtigen Leistungen, deren sich die Maschinenfabrik „Derlikon“ auf dem Gebiete der Kraftübertragung rühmen darf, kann man erwarten, daß die bisher an der Anlage aufgetretenen Schwierigkeiten mit der Zeit beseitigt werden.

Wenngleich nun das ganze bei dieser Anlage angewendete System noch vorerst der Ausbildung bedarf und als in seiner Entwicklung angesehen werden muß, also auch die angewendeten Vorrichtungen noch manche Umgestaltung in der nächsten Zeit erfahren werden, so wird es den Leser doch interessieren, einige der hauptsächlichsten Teile in ihren Anordnungen kennen zu lernen. Wir geben deswegen in Fig. 415 eine Abbildung des bei der Übertragung angewendeten Transformators, und zwar desjenigen, der in Lauffen für die aufsteigende Spannung aufgestellt war. Zu diesem wird der Strom der Maschine in dicken Kabeln von 27 Millimeter Durchmesser geleitet und in den hochgespannten Strom verwandelt, welcher durch die drei Kupferleitungen nach Frankfurt a. M. fließt.

Zur Umkehrung der Energie des Stromes in motorische Energie haben Motoren gedient, welche von der früher beschriebenen Konstruktion insofern abweichen, als bei ihnen der Teil der Maschine, in welchem das umlaufende Magnetfeld besteht, nicht festgelegt ist, sondern den rotierenden Teil des Motors bildet, dagegen der induzierte Magnet nicht läuft, sondern sich in fester Lage befindet. Der „Drehstrom“ wird hier also durch drei Schleifkontakte dem rotierenden Teile zugeführt, während der umgebende Eisenring mit einer in sich geschlossenen Wicklung versehen ist. Diese Vertauschung der beiden aufeinander wirkenden Teile ändert naturgemäß nichts an ihrer gegenseitigen Wirkung aufeinander. In unserer Abbildung (Fig. 416), welche diesen Motor — er ist für zweipferdekräftige Leistung berechnet — darstellt, erscheint derselbe mit einer Dynamomaschine gekuppelt, welche von ihm angetrieben wird und Gleichstrom erzeugt. Der Motor wird durch die Arbeit, die er in der Gleichstromerzeugung zu leisten hat, entsprechend der Stromleistung belastet, und seine Belastung kann durch Ein- und Ausschaltung von Glühlampen, welche von der Gleichstrommaschine gespeist werden, leicht geändert werden. Selbstverständlich hat diese Transformation weniger eine praktische Bedeutung als den Nutzen, die Leistung des Motors zu demonstrieren und dieselbe dabei rasch zu ändern.

Zum Schluß geben wir noch die Abbildung eines Drehstrommotors für größere Leistungen, welchen Fig. 417 darstellt.

Bei diesen Motoren erscheint freilich ein wesentlicher Vorteil des Drehstromsystems aufgegeben, die ausschließliche Verwendung fester Kontakte; wenn nun auch der auf einem ununterbrochenen Ringe schleifende Kontakt sehr viel weniger heikel ist als ein Kommutator oder Kollektor, so bedeutet er bei starken Strömen oder hohen Spannungen doch einen Teil der Maschine, der eine besondere Berücksichtigung verlangt, welche für die festen Verbindungen entbehrt werden kann.

Die Galvanotechnik.

Galvanische Metallüberzüge (Galvanostegie). Das Bad und die Elektroden. Die Stromerzeugung für den galvanotechnischen Betrieb. Die Leitungen. Die Regulierung des Stromes. Die Bannen für die Bäder. Die Zubereitung der Ware für das Bad. Herstellung und Behandlung der Bäder. Vernickelung. Versilberung. Vergoldung. Verplatinierung. Verzinkung. Verzinnung. Verbleiung. Verkupferung. Vermessigung. Cuivre poli. Vereisung. Verschiedene Anwendungen.

Galvanoplastik. Kupfergalvanoplastik. Die Herstellung von Galvanos. Die Abformung plastischer Gebilde. Verschiedene Anwendungen der Galvanoplastik.



Wenn der Strom durch eine chemisch zusammengesetzte Flüssigkeit geht, so zerlegt er dieselbe. So haben wir schon früher (Seite 20) gesehen, daß Wasser durch den durchfließenden Strom in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt wird, jener an der Stelle des Eintrittes des Stromes in das Wasser, am positiven Pole, dieser an der Austrittsstelle, am negativen Pole, frei wird. Besteht die stromdurchflossene Flüssigkeit aus der Lösung eines Metallsalzes, sagen wir von Kupfervitriol (Kupfersulfat), so werden am positiven Pole die Säure des Salzes und der Sauerstoff, am andern das Metall abgeschieden. Das abgeschiedene Metall legt sich an den Körper, welcher den Strom aus der Flüssigkeit ableitet, in einer Schicht an, deren Dicke mit der Vermehrung des Niederschlages wächst.

Diesen Vorgang benutzte nun zuerst Jacobi im Jahre 1839, um mit Hilfe des erzielten Niederschlages Nachbildungen von Gegenständen herzustellen, indem er von denselben durch Umgießen mit einer geeigneten Masse eine Hohlform machte; die innere Fläche dieser Matrize wurde in passender Weise leitend gemacht und dann die Hohlform in die Kupfervitriollösung gebracht, wo sie mit dem negativen Pole verbunden blieb. Es schied sich nun ein Kupferniederschlag ab, welcher durch längere Einwirkung des Stromes eine genügende Dicke gewann und alsdann abgelöst werden konnte. Da sich das Kupfer bei seiner Abscheidung auch in die feinsten Vertiefungen lagerte, so zeigte der Niederschlag eine genaue Nachbildung des abgeformten Gegenstandes. Jacobi benutzte anfangs nur metallische Matrizen, da er auf andre Weise nicht die Hohlform leitend zu machen wußte, aber bereits ein Jahr später zeigte Murray, daß man auch Hohlform aus nichtleitendem Material anwenden könne, indem man die Fläche für die Ablagerung des sich niederschlagenden Metalles durch Überziehen mit Graphitmehl leitend macht, ein Verfahren, das einen wertvollen Fortschritt für die praktische Verwendung dieses Verfahrens bedeutete.

Die Jacobische Erfindung wurde rasch von der Technik aufgenommen, in England namentlich von Elkington Brothers, in Paris von de Ruolz, einem ehemaligen Kammerherrn Ludwigs XVIII., den die Revolution veranlaßt hatte, in der Industrie Erwerb zu suchen. Später entwickelte sich auch in Amerika und seit etwa zwanzig Jahren in Deutschland eine ausgedehnte Industrie, welche die oben kurz geschilderte Wirkung des Stromes in den verschiedensten Verwendungen benützt.

Die hier in Frage stehende Erzeugung von Metallniederschlägen mit Hilfe des Stromes bezeichnet man in ihrer technischen Verwendung als Galvanotechnik und unterscheidet in derselben die Galvanoplastik und die Galvanostegie. Bei der Galvanoplastik handelt es sich, wie der Name andeutet, um die plastische Nachbildung von Körpern mit Hilfe des Stromes; die Galvanostegie hat den Zweck, Überzüge aus einem Metall auf einem andern zu erzeugen, bei ihr soll also der Niederschlag nicht von dem als Unterlage dienenden Körper abgelöst werden, sondern vielmehr fest als Kleid darauf haften. Wir werden zunächst den letzteren Teil der Galvanotechnik behandeln, da sich bei ihm die verschiedenen galvanochemischen Verfahren besser erläutern lassen.

Galvanische Metallüberzüge (Galvanostegie).

Um einem minderwertigen Metall das äußere Ansehen eines edleren Metalls zu geben, bedeckt man dasselbe mit einem dünnen Überzuge des edleren Metalls, und diese Kunst ist, soweit sie Vergoldung und Versilberung angeht, eine sehr alte. Die Verfahren, deren man sich früher z. B. für die Vergoldung bediente, bestanden entweder darin, daß auf das unedlere Metall ein feines Goldhäutchen gelegt und mit der Oberfläche des unterliegenden Metalls durch Reiben und Drücken vereinigt wurde, oder man stellte durch Auflösung von Gold in Quecksilber ein Goldamalgam her und bedeckte mit dieser Masse das unedlere Metall, worauf das Quecksilber durch Erhitzen verdampft wurde und das Gold in ziemlich inniger Verbindung mit seiner Unterlage zurückblieb. Beide Verfahren waren teuer und mühselig, das letztere außerdem wegen der dabei entstehenden Quecksilberdämpfe gesundheitsschädlich; zudem gestatteten sie nicht, die Dicke der Goldbedeckung beliebig zu ändern. Es war also, was die Technik der Metallüberzüge angeht, ein großer Fortschritt, als man die Wirkung des Stromes für die Erzielung von Metallüberzügen zu Hilfe nahm, weil hier die Arbeit erheblich erleichtert und verbilligt, außerdem aber auch die Möglichkeit geschaffen wurde, den Überzug nach seiner Stärke beliebig bis zum feinsten Hauch abzustufen. Zudem ermöglicht die Anwendung des Stromes einen fabrikmäßigen Betrieb, der bei den früheren Verfahren nicht möglich war, weil sie im wesentlichen Handarbeit beanspruchten.

So sehen wir denn als natürliche Folge dieser begünstigenden Umstände, daß mit der Anwendung des galvanotechnischen Verfahrens die Herstellung von Metallüberzügen erstaunlich gewachsen ist, und die Neuzeit mit Vorteil solche Überzüge auch aus unedlen Metallen herstellt, wie uns dies die bekannte, überaus verbreitete Vernickelung beweist.

Das Bad und die Elektroden. Bevor wir auf die Einzelheiten eingehen, welche die neuzeitliche galvanostegische Technik benützt, wollen wir einen Überblick über das angewendete galvanische Verfahren in seinen Grundzügen geben. Wie wir im früheren sagten, zerlegt der durch die Lösung eines Metallsalzes gehende Strom dieselbe und schlägt das Metall auf dem Körper nieder, an welchem der Strom die Flüssigkeit verläßt. Da dieser Niederschlag auf den zu überziehenden Gegenstand gebracht werden soll, so haben wir diesen für den Austritt des Stromes zu benutzen, und wir thun dies, indem wir ihn mit einem an den negativen Pol des Stromerzeugers gelegten Draht verbinden und ihn in die Flüssigkeit tauchen. Da wir den zu überziehenden Gegenstand vorerst, und dies ist auch der bei weitem häufigste Fall, als einen solchen aus Metall annehmen wollen, so wird der Strom aus der Flüssigkeit in den Gegenstand eintreten und von diesem aus seinen weiteren Weg durch den verbindenden Draht zum Stromerzeuger zurück nehmen.

Es handelt sich nun noch darum, den Strom in die Flüssigkeit einzuleiten, und dies erreichen wir einfach dadurch, daß wir in dieselbe eine Metallplatte hängen und diese mit dem positiven Pole des Stromerzeugers verbinden. Sie darf aber den zu überziehenden Gegenstand nicht berühren, weil andernfalls der größere Teil des Stromes dann den bequemeren Weg durch die Berührungsstelle nehmen und keine Zersetzungswirkung ausüben würde.

Die beiden Zuleitungen des Stromes zur Zersetzung der Flüssigkeit heißt man „Elektroden“, und sie werden durch besondere Bezeichnungen unterschieden; es heißt diejenige, welche den Strom in die Flüssigkeit führt, die Anode, die andre, aus welcher er aus der Flüssigkeit austritt, die Kathode; der zu überziehende Gegenstand bildet also die Kathode. Damit der Leser beide Bezeichnungen richtig anwendet, möge er für sich die Anode als „Einode“ bezeichnen; er merkt sich auf diese Weise, daß die Anode den Strom in die Flüssigkeit einführt.

Die Flüssigkeit, aus welcher der Metallniederschlag gewonnen wird, bezeichnen die Galvanotechniker als das „Bad“.

Während nun an der Kathode Metall niedergeschlagen wird, entstehen an der Anode Produkte, welche die weiteren Bestandteile des zersetzten Metallsalzes darstellen. Dieselben stellen nun, da sie des Metalls beraubt sind, ungesättigte Verbindungen dar und werden also gegebenenfalls die Anode angreifen. Geschiehe dies bei einer Anode, welche aus einem andern Metall als demjenigen besteht, das auf der Kathode niedergeschlagen werden soll, so würde durch die allmähliche Ersetzung des niedergeschlagenen Metalls durch das aus der Anode aufgelöste das Bad verändert werden, und es würde sich nach einiger Zeit nicht mehr das anfängliche Metall auf der Kathode niederschlagen, sondern entweder mit ihm oder ausschließlich das Metall der Anode. Dies wäre eine sehr unerwünschte Erscheinung, deren schädliche Wirkung wir aber durch einen einfachen Kunstgriff nicht nur beseitigen, sondern zu unserm Nutzen kehren, indem wir die Anode aus dem gleichen Metall herstellen, welches wir auf der „Ware“ niederschlagen. Das an der Anode auftretende Zersetzungsprodukt wird dann aus derselben so viel Metall ablösen, als ihm für den Niederschlag genommen worden ist; es sättigt sich also wieder und erhält das Bad unverändert, so daß das Endergebnis bei diesem Prozesse nur eine Übertragung des Metalls von der Anode auf die Kathode ist. Bei diesem Verfahren wird das Bad nicht ärmer und kann jahrelang benutzt werden, wobei wir nur die verbrauchten Anoden durch neue zu ersetzen haben. In der Praxis gestaltet sich freilich die ununterbrochene Benutzung des Bades nicht immer entsprechend der einfachen Theorie, da störende Nebenwirkungen auftreten, durch welche die Zusammenfassung und dadurch die gute Arbeit des Bades zu Ungunsten der letzteren verändert werden.

Statt dieser „Lösungsanode“ kann man auch eine unlösliche Anode benutzen, wobei dann das Bad entsprechend der Herausnahme ärmer an Metall und reicher an den andern Bestandteilen wird. Als solche Anoden können für manche Bäder Platinbleche angewendet werden; die Verwendung von Anoden aus Kohle, welche allerdings in allen Lösungen unlöslich bleibt, wird von einem unserer ersten Galvanotechniker, Dr. G. Langbein in Leipzig, verworfen, weil die Kohle durch die Wirkung des Stromes zerstört wird und die abfallenden Teile das Bad verunreinigen. Übrigens werden unlösliche Anoden mit Vorteil nur in ganz wenigen Fällen angewendet.

Nach dem Gesagten gestaltet sich also das Verfahren zur galvanischen Herstellung von Metallüberzügen in seinen Prinzipien sehr einfach. Wir wollen es an einem kleinen Beispiel erläutern und illustrieren dasselbe mit der Fig. 418.

Die Abbildung stellt die Vorrichtung dar, welcher sich die Goldarbeiter für kleinere Vergoldungsarbeiten bedienen. Das Bad wird von einer Porzellanschale aufgenommen, welche für diesen speziellen Zweck erwärmt wird, was nur bei wenigen Bädern notwendig ist. An zwei auf den Rand der Schale gelegten Glasstäben hängt die Goldanode und die als Kathode fungierende zu vergoldende Ware. Für die Stromzuleitung dienen nackte Kupferdrähte, von denen der der Anode aber nicht die Flüssigkeit berühren darf, damit nicht sein Metall das Bad verunreinigt. Die Ware wird an dem Zuleitungsdraht aufgereiht

oder angebunden. Die Zuleitungsdrähte sind, um die von ihnen gehaltenen Teile in richtiger Lage zu halten, mit einigen Windungen um die Glasstäbe gewickelt und dann mit den zugehörigen Polen des Stromerzeugers, für welchen hier zwei Bunsen-Elemente benutzt werden, verbunden.

Für größere galvanotechnische Anlagen würde sich ein solches primitives Verfahren nicht eignen, da man in solchen Fällen auf größere Handlichkeit, größere Leistung, Verbilligung der Aufwendungen zu sehen und außerdem auf die Änderung, welche durch die wechselnde Beanspruchung der Bäder in den elektrischen Verhältnissen eintreten, und zur Erzielung einer guten Arbeit berücksichtigt werden müssen, Bedacht zu nehmen hat. Solche größeren Betriebe und die bei ihnen angewendeten Einzelverfahren wollen wir jetzt in etwas eingehenderer Weise betrachten.

Die Stromerzeugung für den galvanotechnischen Betrieb. Die Erzeugung der Metallnieder schläge erheischt eine nur geringe Spannung an den Elektroden, dagegen ist eine verhältnismäßig größere Stromstärke aufzuwenden, welche von der Gesamtoberfläche der gleichzeitig in den Bädern befindlichen Warenstücke abhängt, und es kommt hinzu, daß die Stromwirkung längere Zeit andauern muß und beim regelmäßigen Betriebe, tagtäglich und den ganzen Arbeitstag hindurch, zuweilen auch ununterbrochen benutzt werden soll.

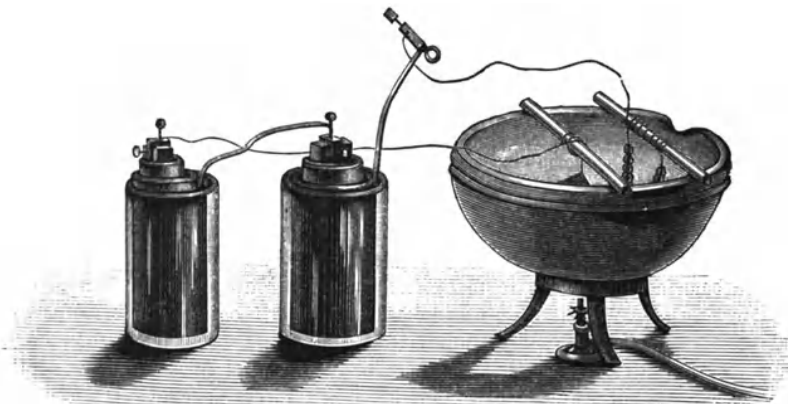


Fig. 418. Kleiner Apparat für Vergoldung u. s. w.

Früher und auch jetzt noch benutzte man für kleinere Betriebe galvanische Elemente, von denen man heute fast ausschließlich die Bunsen-Elemente gebraucht. Für größere Leistungen läßt sich aber der Batteriestrom nicht gut verwenden, weil die Zahl der Elemente, deren Behandlung schon bei kleinen Batterien nicht sehr angenehm ist, zu groß genommen werden müßte. Die Batterien würden für größere Anlagen einen unbequemen Umfang annehmen, da die anzuwendende Stromstärke im Verhältnis zur Oberfläche der Kathode stehen muß, und die auf die Flächeneinheit entfallende Stromstärke, die Stromdichtigkeit, nicht zu klein sein darf, weil andernfalls zu viel Zeit zur Erzielung des Überzuges nötig wäre.

Die Erfindung der Dynamomaschine hat diese Schwierigkeit beseitigt, denn in ihr ist ein bequemer und weit ausgiebigerer Stromerzeuger als die Bunsen-Elemente geschaffen, und so konnte es nicht fehlen, daß die Dynamomaschine sich rasch Eingang in die galvanotechnische Industrie verschaffte.

Da die Bäder nur einen niedrig gespannten Strom benötigen, so unterscheidet sich die Dynamomaschine für galvanotechnische Zwecke in bezug auf die geleistete Klemmenspannung von derjenigen für elektrische Beleuchtung, und während die letztere 65, häufiger 100 Volt und bei Reihenschaltung von Lampen zc. erheblich mehr an den von ihnen gespeisten Stromverbrauchern zu leisten hat, verlangen die Bäder nur einige Volt, und hieraus erklärt es sich, warum dieselbe Dynamomaschine nicht gleichzeitig zum Betriebe der galvanotechnischen und der Beleuchtungsanlage benutzt werden kann, ebenso wie es auch

nicht gut angeht, den Strom der Elektrizitätswerke in der Galvanotechnik anzuwenden. In bezug auf den letzteren Punkt könnte man vielleicht glauben, daß man mit Hilfe von Transformatoren zum Ziele käme, allein hier steht ein anderer Umstand entgegen. Wechselstrom kann man für die Galvanotechnik nicht verwenden, da die Stromrichtung in den Bädern nicht wechseln darf; wir sind also außer Stande, die allerdings sehr einfache Umwandlung der Spannung durch Wechselstromtransformatoren in der Galvanotechnik zu

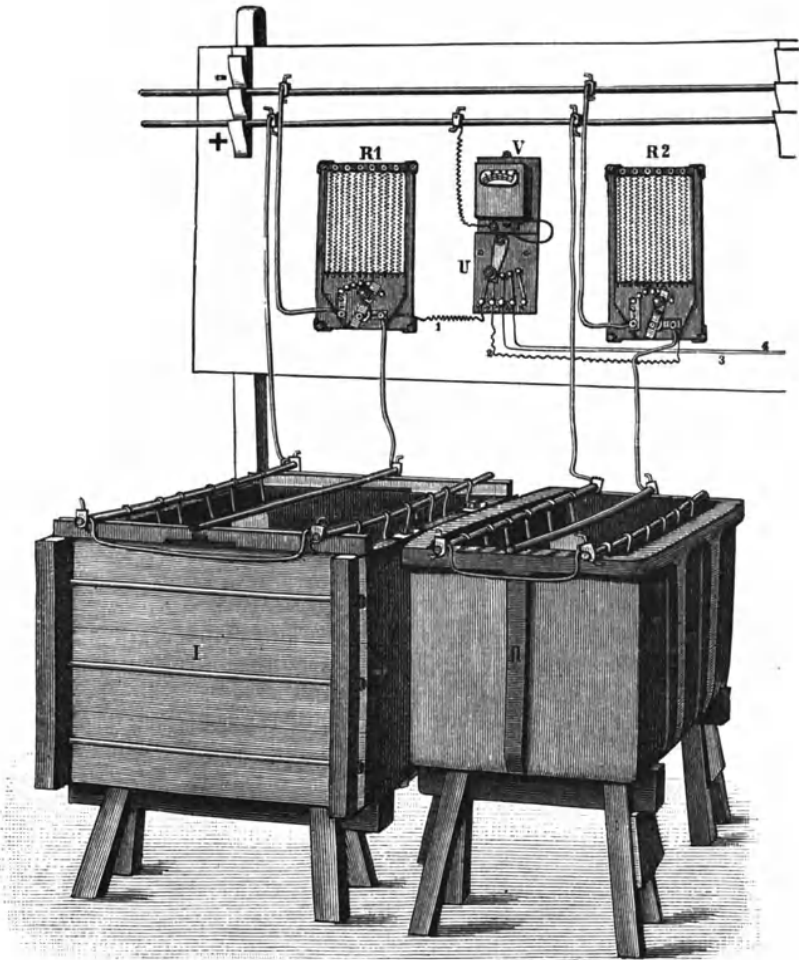


Fig. 419. Ausrüstung der Bäder.

benutzen. Somit blieben uns nur Gleichstromtransformatoren zur Anwendung übrig, aber bei diesen Vorrichtungen sind Anlage- und Betriebskosten größer, die Handhabung schwieriger, als wenn wir eine besondere Dynamomaschine aufstellen. Wir könnten noch auf das Auskunftsmittel verfallen, eine Batterie Akkumulatoren in Reihenschaltung mit dem Strom der Werke zu laden und die Batterie dann auf Parallelschaltung umzuschalten, um einen niedriger gespannten Strom zu erzeugen; allein auch hier verbieten Kosten und Schwierigkeiten die Verwendung; wenigstens ist uns kein Fall bekannt geworden, in welchem eine solche Anlage dauernd in Betrieb gewesen ist. Nun könnten wir als letztes Mittel allerdings noch eine Anzahl Bäder hintereinander schalten, so daß die von ihnen benötigte Gesamtspannung derjenigen der Werke gleich käme; aber damit hätten wir die Bäder in

eine bedenckliche Abhängigkeit voneinander gebracht, welche nur in Ausnahmefällen erlaubt sein dürfte.

Die für galvanotechnische Betriebe konstruierten Dynamomaschinen erhalten entsprechend der von ihnen verlangten großen Stromstärke verhältnismäßig dicken Draht auf ihrem Anker, dagegen wegen der benötigten geringen Spannung nur wenig Windungen. Da die Zersetzung in den Bädern zu einer ähnlichen Erscheinung wie bei den Akkumulatoren, zu einer Polarisation (vergl. S. 20), führt, so ist die Sorge dafür zu tragen, daß ein etwa bei verlangsamtem Gang der Maschine entstehender Rückstrom die Maschine nicht umpolarisieren kann, denn bei Nichtbeachtung könnte dies zu der unangenehmen Wirkung Anlaß geben, daß sich der Strom in den Bädern umkehrt, also jetzt die Kathode zur Anode und diese deshalb an ihrer Oberfläche angegriffen wird. Man baut diese Maschinen also entweder als Nebenschlußmaschinen, für welche wir auf S. 83 nachgewiesen hatten, daß sie durch den Rückstrom nicht umpolarisiert werden, oder legt zwei Windungen auf den Anker, die mit je einem besonderen Kollektor versehen sind, so daß die Maschine zwei Ströme erzeugt; einer derselben wird zur Erregung der Elektromagnete benutzt, der andre als Arbeitsstrom den Bädern zugeführt.



Fig. 420.
Anodenplatte
mit Aufhänge-
haken.

Die Leitungen hat sich der Galvanotechniker nach seinen Verhältnissen umgeändert. Da die Spannung in den Leitungen nur klein ist, so benutzt er wenigstens im Bäderraum nackte Leitungen, die er durch untergelegte Holz- oder Porzellanstücke isoliert. Die Zuleitung von der Maschine zum Betriebsraume wird am besten aus bedecktem Draht gewählt, damit etwaige Kurzschlüsse thunlichst verhindert werden. Wegen der großen Stromstärke ist es erforderlich, die Leitungen entsprechend dick zu wählen, und deshalb werden im Bäderraume massive Kupferstangen benutzt, welche längs der Wand auf Holzknaggen liegend geführt sind, wie es aus Fig. 419 zu erkennen ist. Diese Einrichtung gestattet den Galvanotechnikern überall im Bäderraume mittels Klemmschrauben Leitungen zu den Bädern abzuzweigen.

Für die Zuleitung zu den Elektroden werden massive Kupferstangen über die Wannen gelegt (vergl. Fig. 419), welche mittels Klemmschrauben und Zuleitungsdrähten mit den längs der Bäder führenden Hauptleitungen verbunden sind. An diese Stangen hängt man nun mittels hakenförmig gebogener Drähte die Ware beziehungsweise die Anode und hat damit eine einfache, genügend sichere Zuleitung erzielt, welche es gestattet, die eingehängten Sachen leicht einbringen und herausnehmen zu können.

Unsre Fig. 420 läßt erkennen, wie die Anode durch einen Haken an der Zuleitungsstange aufgehängt wird, und in ähnlicher Weise verfährt man mit der Ware, soweit ihre Form es gestattet.

Die Regulierung des Stromes. Zur Erzielung eines guten Niederschlages ist es notwendig, die Stromstärke richtig zu bemessen, so daß stets auf die Flächeneinheit der Kathode ein bestimmtes Maß Stromstärke entfällt. Da nun aber die Größe der Oberfläche durch Einhängen und Herausnehmen von Ware häufig wechselt, so würde es für den Arbeiter zu schwierig sein, für den Strom immer die richtige Stärke zu ermitteln. Hier hilft man sich aber in einer sehr einfachen praktischen Weise, indem man die Spannung an den Elektroden auf einer festen Höhe hält. Wechselt nun die Oberfläche der eingehängten Ware, so wechselt im angenähert umgekehrten Verhältnis zur Oberfläche derselben auch der Widerstand des Bades, und bei festgehaltener Spannung wird also auch die „Stromdichtigkeit“ angenähert konstant bleiben. Hat man für ein Bad die geeignete Spannung durch Versuche ermittelt, so hält man dieselbe durch die Regulierung fest und erreicht damit, daß im Bade stets die Stromstärke herrscht, für welche der Niederschlag am besten wird. Für diese Regulierung bedienen sich die Galvanotechniker eines veränderlichen Widerstandes, welcher in eine der Zuleitungen des Bades eingeschaltet wird. Unsre Fig. 419 zeigt zwei solcher Rheostaten, die in der Konstruktion den Regulierwiderständen für Dynamos (Fig. 212) ähnlich sind. Für jedes auf dem Bilde stehende Bad ist ein solcher Widerstand angebracht. Um die Spannung an den Elektroden erkennen zu können, ist ein Spannungsmesser (auf dem Bilde zwischen den beiden Rheostaten)

angebracht, welcher durch einen Kurbelumschalter an die verschiedenen Bäder angelegt werden kann, so daß man im Stande ist, an ihm in wenigen Augenblicken die Spannungen an einer größeren Zahl von Bädern erkennen zu können.

Die Wannen für die Bäder. Zur Aufnahme der Flüssigkeit und der Elektroden dienen große, auf Böcke gesetzte Wannen, welche aus Holz, Steingut oder emailliertem Eisen hergestellt werden; bei der Wahl des Materials wird Rücksicht auf die Zusammensetzung des Bades genommen, da einige Bäder das Holz angreifen. Für sehr große Bäder werden die Behälter aus Backsteinen mit Zement gemauert und auf der Innenseite mit Zement verputzt.

Damit die Ware allseitig gleichmäßig von Niederschlag bedeckt wird, ist es notwendig, daß ihr zu beiden Seiten Anoden hängen. Man bringt deswegen eine Kathodenzuleitungsstange zwischen zwei Anodenstangen, so daß jedes Bad von den letzteren eine mehr als von der ersteren hat. Die Ware wird, wie schon erwähnt, an Haken aus Kupferdraht an die Zuleitungsstange gehängt, welcher natürlich, so weit er eintaucht, ebenfalls von dem sich niederschlagenden Metall überzogen wird. Bei der Anode hat man die Haken aus dem gleichen Metall zu nehmen, damit durch den Angriff, den hier auch der Haken erleidet, kein fremdes Metall in die Lösung kommt.

Die Zubereitung der Ware für das Bad. Bevor die Ware im Bade den Metallüberzug erhält, muß ihre Oberfläche für die Aufnahme des Niederschlages und je nachdem man den erzielten Niederschlag sei es poliert, mattiert u. erscheinen lassen will, zubereitet werden. Zunächst ist die Oberfläche zu reinigen und darauf je nach der bezweckten Wirkung zu schleifen oder zu polieren. Für die erstere Operation, durch welche die Unreinigkeiten entfernt werden sollen, wird die Oberfläche mittels einer Kratzbürste und eines groben Schleifmittels, z. B. Sand, gereinigt, so daß sie eine metallische Fläche zeigt. In kleineren Betrieben wird dies mit der Hand bewirkt, in größeren wendet man mechanische Bürsten an. Dieselben bestehen aus einer Kreisbürste mit Stahlbrahtborsten, welche auf die Spindel einer Drehbank oder einer Poliermaschine (s. Fig. 421) gesetzt und rasch umgetrieben wird; der Arbeiter hält den zu kratzenden Gegenstand gegen die umlaufende Bürste und läßt durch Drehen und Wenden denselben in allen Teilen von der Bürste angreifen. In manchen größeren Anstalten bedient man sich auch des Sandgebläses, um die Gegenstände in gedachter Weise zu reinigen. Kleinere Gegenstände werden in sogenannten „Scheuertrommeln“ gereinigt.

Nach dieser Operation werden die Waren zur Erzielung einer glatten Oberfläche geschliffen. Man bedient sich hierfür rasch umlaufender Holzscheiben, deren Rand mit Leder bezogen ist; auf das Leder wird mittels Leim gekörnter Schmirgel befestigt, der nun die angedrückten Teile der Ware energisch angreift. Es gehört ein gewisses Maß Geschicklichkeit dazu, um mittels dieser Scheiben jeden Teil der vielgestalteten Oberflächen der Warenstücke zu bearbeiten, und es ist nicht ohne Interesse zu sehen, wie die Schleifer auch die verzwicktesten Winkel der Gegenstände in Angriff zu nehmen wissen.

Die erste Schleifung nimmt dem Gegenstand nur die größten Unebenheiten fort und man schleift ihn deshalb noch mit immer feinerem Schmirgel zum zweiten und dritten Male, damit er eine ganz ebene Oberfläche erhält. Das zweite Schleifen bezweckt die Entfernung der durch die groben Körner der ersten Schleifreihe erzeugten Risse; die dritte Schleifung soll dann wieder die feineren Risse der zweiten Schleifung entfernen und dem Gegenstand eine glatte Oberfläche geben. Für die letztere Schleifung bedient man sich Kreisbürsten mit Schweineborsten, welche auf einer getriebenen Spindel sitzen. Als

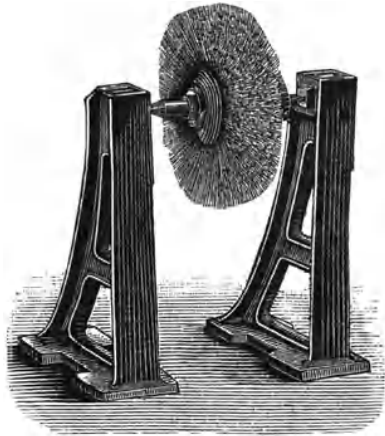


Fig. 421.
Schleifmaschine mit eingeleiteter Bürstenschleibe.

Angriffsmittel dienen dabei Schmirgel und Öl. Eine solche Bürste für Maschinenbetrieb zeigt Fig. 421, in deren Bock beliebige andre Spindeln mit Schleifrädern u. s. w. eingesetzt werden können.

Dieses geschilderte Schleifverfahren findet in dem vollen Umfange nur bei den härteren Materialien statt. Weichere Metalle lassen die Bearbeitung mit den weniger angreifenden Verfahren, Bürstung und nachheriges Polieren zu.

Nach dem Schliff werden die Sachen poliert. Dazu bedienen sich die Fabriken der Polierscheiben, welche auf Spindeln stecken und durch Fuß- oder Dampfbetrieb in rasche Umdrehung versetzt werden. Eine Poliermaschine mit Fußbetrieb zeigt Fig. 422, welche durch Aufsetzen der geeigneten Scheiben sowohl hier zum Polieren, wie oben zum Schleifen benutzt werden kann. Die Polierscheiben bestehen aus Filzscheiben oder sind aus Tuchlappen zusammengesetzt. Die Herstellung der Scheiben aus letzterem Stoff, der sogenannten Tuschschwabbel, erfolgt in der Weise, daß man Tuchstreifen in der Mitte mit einem Loch versieht und dann auf eine Spindel steckt, wobei jeder aufgelegte Lappen gegen den unteren um einen gewissen Winkel gedreht ist. Es entsteht dann eine runde Scheibe, welche durch eine auf die Spindel geschraubte kleine eiserne Scheibe zusammengepreßt wird. Unsere Fig. 423 zeigt eine solche Schwabbel für die in der vorigen Figur dargestellte Bank mit Fußbetrieb.



Fig. 422. Poliermaschine.

Der zu polierende Gegenstand wird nun wie beim Schleifen gegen die mit großer Geschwindigkeit umlaufende Polierscheibe gedrückt und nimmt unter derselben und mittels des geeigneten Poliermittels, Wiener Kalk, Trippelel, Eisenoxyd u. s. w., Politur an. Für einzelne Fälle wird auch noch der Polierstahl und Stein angewendet, so z. B. bei Edelmetallen, welche durch die vorige Politurart einen Verlust an Edelmetall erleiden würden.

Die auf diese Weise mechanisch behandelten Gegenstände erhalten bei diesen Prozeduren unreine Oberflächen, weil Fett und Schmutz u. s. w. darauf haften bleiben, die erst entfernt werden müssen, um einen reinen und hastenden Niederschlag zu erzielen. Zu diesem Zwecke werden sie entfettet und dekapiert. Auch schon vor dem Polieren unterliegen die Waren meistens einer chemischen Behandlung, welche darauf abzielt,

die auf ihnen haftende Oxydschicht zu entfernen oder die harte Oxidschicht zu erweichen und der Schleifung vorzuarbeiten. Hierzu dienen die Beizen, welche je nach der Natur des zu behandelnden Metalles verschieden zusammengesetzt sind. Für Eisenwaren bedient man sich verdünnter Schwefelsäure, gegebenenfalls unter Zusatz von Salpetersäure. Kupfer und dessen Legierungen, Messing, Tombak u. s. w. werden in der sogenannten „Brenne“ gebeizt, von denen man meistens zwei, die Vorbrenne und die Glanzbrenne, hintereinander anwendet, wenn die gebrannte Ware ohne weitere Behandlung vernickelt werden soll. Nach dem Beizen muß die gebrannte Ware gut ausgespült und rasch getrocknet werden, und die Galvanotechniker bedienen sich hier eines ebenso einfachen wie praktischen Verfahrens, um die Waren rasch zu trocknen. Die gebeizten Sachen werden nämlich erst in kaltes Wasser getaucht und gut darin abgespült; dann taucht man sie in heißes Wasser, aus welchem das Metallstück genügend Wärme aufnimmt, um nach dem Herausnehmen den größten Teil des noch anhaftenden Wassers verdampfen zu machen. Danach werden sie noch mit Sägemehl abgerieben, welches den Rest Wasser aus der Ware aufsaugt.

Das Entfetten der geschliffenen und polierten Waren wird durch Waschung mit Petroleum oder Benzin bewirkt oder mittels Eintauchen in Alkalilauge, welche das Fett verseift. Die Waren werden dann wieder gespült, und nun wird der letzte Rest Fett durch Abbürsten mit einem Brei von Ätzkalk und Schlemmkreide entfernt. Da die Ware nach dem Entfetten nicht mehr angefaßt werden darf, weil andernfalls die Finger an der Berührungsstelle eine Fetthaut zurücklassen würden, so werden sie vor dem Entfetten schon

an den Draht gebunden, mit welchem sie in das Bad eingehängt werden. Bei diesen Prozeduren ist nun auf den Waren eine feine Oxidschicht entstanden, welche vor dem Einbringen in das Bad durch das Dekapieren entfernt werden muß. Zu diesem Zwecke werden die Sachen in eine schwache Weize gebracht, gespült und nun schnell ins Bad gehängt.

Man ersieht aus unsrer kurzen Beschreibung, daß die im Prinzip so einfache Galvanotechnik durch die verlangte sorgfältige Zurichtung und Behandlung der Waren ziemlich verwickelt und zu einer Kunst wird, für welche die Gewissenhaftigkeit und Geschicklichkeit des Galvanisierers von großer Bedeutung ist.

Die Herstellung und Behandlung der Bäder. Neben der Hauptwirkung des Stromes, durch welche das Metall abgetrieben wird, entstehen manche Nebenwirkungen, welche einen Einfluß auf die Entstehung und Beschaffenheit des Niederschlages ausüben. Es ist hier nicht der Ort, auf diese Verhältnisse näher einzugehen, welche im wesentlichen chemischer Natur sind. Die Praxis verfährt heutzutage meistens in der Weise, daß sie die fertig zusammengesetzten Bäder oder deren Bestandteile von Spezialfirmen, deren es in Deutschland geachtete und zuverlässige gibt, bezieht und die Bäder nach Vorschrift dieser Fabrikanten zusammensetzt und behandelt. Diese Spezialfirmen haben sich durch vielfache Versuche eine große Erfahrung erworben, welche dem nur für das Gewerbe fabrizierenden Galvanotechniker abgeht, und haben die Beihilfe der Chemie, durch welche sie in der Lage sind, die Vorgänge im Bade zu erkennen und zu beurteilen. Solche ausgedehnte und systematische Kenntnisse darf man bei dem praktischen Galvanotechniker, der zumeist nur eine manuelle Bildung besitzt, nicht voraussetzen. Das schließt nicht aus, daß auch er durch sorgfältige Beobachtung des Bades seine Erfahrungen vermehren kann.

Für die Zusammensetzung der Bäder sind im Laufe der Zeit zahllose Rezepte entstanden, die zum Teil als angebliche oder wirkliche wertvolle Geheimnisse behandelt werden, gelegentlich auch von dem gewissenlosen Schwindler zu einem unreellen Verdienst benutzt worden sind. Die Reichhaltigkeit dieser Rezepte ist nun nicht nur dadurch bedingt, daß man denselben Zweck auf verschiedenen Wegen erreichen kann oder zu erreichen meint — in aller Rezeptierkunst steckt ja stets ein großer Teil Subjektivität —, sondern auch durch den Umstand, daß die Niederschläge in sehr verschiedener Beschaffenheit nach Aussehen, Tönung, Färbung u. s. w. erzeugt werden können und erzeugt werden sollen. Dieser Reichtum allein würde es uns schon verbieten, auf die verschiedenen Zusammenstellungen näher einzugehen, und wir werden in dem Rahmen dieses Werkes später nur die hauptsächlichsten Prinzipien angeben können, welche von den Galvanotechnikern bei Herstellung der Bäder für die verschiedenen Metallniederschläge befolgt, dabei uns an die Ausführungen einer Autorität auf diesem Gebiete, des schon genannten Herrn Dr. Langhein, haltend.

Hat der praktische Galvanotechniker die Zusammenstellung des Bades am besten dem Spezialisten zu überlassen, so liegt ihm dafür die richtige Behandlung des Bades ob. Ein Bad ist immer ein gewisses Wertobjekt, und es ist, geschäftlich betrachtet, nicht gegenstandslos, ob ein Bad nach einigen Monaten schon fortgegossen werden muß, oder Jahre hindurch mit gleichbleibender Leistung arbeitet, und dies kann nur durch die richtige Behandlung erzielt werden. Das erste Erfordernis für diese richtige Behandlung ist die peinlichste Reinhaltung des Bades, in welches weder durch die eingehängten Gegenstände, noch durch hineinfallende Fremdkörper andre Bestandteile hinein gelangen dürfen. Ferner kann aber auch der Strom die Zusammensetzung ändern, da sich durch die Zersetzung Produkte bilden können, welche die chemischen Verhältnisse des Bades ändern. Der Galvanotechniker ist daher gehalten, das Bad von Zeit zu Zeit zu prüfen, und die Erfahrung lehrt ihn, gewisse äußere Kennzeichen zu beobachten, wobei ihn in erster Reihe die Arbeit des Bades belehren wird, ob dasselbe in Ordnung ist oder nicht. Er wird hierdurch

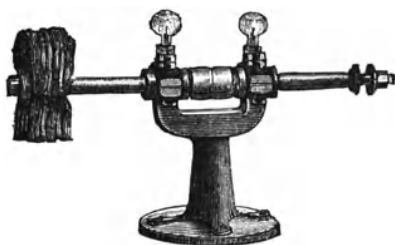


Fig. 1428. Zinkstabsabbel.

dahin gebracht, sein Bad als ein Individuum zu betrachten, das seine Eigenheiten hat, die berücksichtigt sein wollen, und diese Empirie in Verbindung mit den Vorschriften des Fabrikanten setzt ihn in den Stand, den störenden Veränderungen des Bades zu begegnen. Um an einem kleinen Beispiele zu zeigen, wie diese Prüfungen und Beobachtungen notwendig sind und in einfacher Weise ausgeführt werden, betrachten wir das Nickelbad. Die meisten dieser Bäder sollen mit schwachem Säuregehalt arbeiten, um einen rein weißen Niederschlag zu geben. Ist zu viel Säure im Bade, so blättert der Niederschlag ab, ist zu wenig darin oder ist das Bad neutral oder alkalisch, so wird der Niederschlag zu dunkel. Mit Hilfe des bekannten Reagenzpapieres kann der Galvanotechniker die Reaktion des Bades rasch erkennen und schätzungsweise auch bestimmen, ob das Bad den richtigen Säuregrad hat.

Vernickelung. Von allen galvanischen Metallüberzügen ist in der Neuzeit keiner zu einer so ausgebreiteten Verwendung gelangt, als der Nickelüberzug. Der erste, welcher solche Niederschläge erzielte, war Prof. Böttger in Frankfurt a. M., dem es 1842 gelang, das Nickel aus einem Doppelsalze mit Hilfe des Stromes abzuscheiden. Das in Deutschland geborene Kind wurde aber im Ausland groß gezogen; die Amerikaner waren es, welche um das Jahr 1860 die Vernickelung für die Zwecke der Industrie aufnahmen, und ihre Erfolge veranlaßten dann auch die europäischen Galvanotechniker, sich mit diesen Überzügen zu befassen. Heute ist das Nickelkleid zu einer beispiellosen Verbreitung gelangt und hat nicht nur viele andre Bekleidungen, so namentlich den Lacküberzug, in zahllosen Fällen verdrängt, sondern auch einer Unmenge von Erzeugnissen, die früher nackt in die Welt gingen, zu einer schmückenden Hülle verholfen. Was den Nickelüberzug so beliebt gemacht und ihm deshalb die große Verbreitung verschafft hat, ist die frische, silberähnliche Farbe des polierten Nickels, seine Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation und die schöne Politur, welche es annimmt. Förderlich für seine Verbreitung ist auch gewesen, daß das nicht eben seltene und nicht sehr teure Metall früher nur für die Herstellung des Neusilbers verwendet wurde; die Nickelproduzenten sahen sich daher durch die Aufnahme der Vernickelung in der angenehmen Lage, für ihr Erzeugnis ein neues und größeres Absatzgebiet zu finden, und da Amerika reich an Nickelerzen ist und z. B. 1882 etwa 1000 Tonnen des Metalls erzeugt hat, was ungefähr einem Viertel der gesamten Produktion gleichkommt, so ist der Anstoß, der von dort für die Vernickelungsindustrie ausgegangen ist, als im engen Zusammenhang mit der reichen Produktion aufzufassen.

Als Grundlage für die Herstellung der Nickelbäder wird zumeist Nickelsulfat oder ein Doppelsalz, schwefelsaures Nickelorydulammon benutzt, dessen Lösung man zur Erhöhung der Leitungsfähigkeit ein andres passendes Salz, Ammoniumsulfat, Chlorammonium u., zuweilen außerdem auch eine schwache Säure (Zitronensäure, Bor säure) zusetzt. Die zugegebene Säure hat den Zweck, dem Bade eine gewisse Menge freier Säure zu geben, welche, wie oben erwähnt, die Nickelabscheidung weißer werden läßt. Außer dem schwefelsauren Salze wird zuweilen auch Chlornickel angewendet, das sich aber für Niederschläge auf Eisen nicht verwenden läßt. Auf der Anwendung dieser Nickelverbindung beruht die primitivste Herstellung eines Nickelbades, das als „amerikanisches Nickelbad“ bezeichnet wird. Dasselbe besteht aus einer 15—20 prozentigen Lösung von Chlorammonium (Salmiak), enthält also vorerst kein Nickel. Um mit diesem Bade Niederschläge zu erzielen, hängt man die Anoden aus Nickel und beliebige Metallstücke als Kathoden in das Bad und läßt den Strom durch dasselbe gehen. Durch die zeretzende Wirkung des Bades wird an der Anode Chlor frei, welches sich mit dem Nickel verbindet und als Chlornickel in Lösung geht. Nach einigen Stunden ist das Bad mit der Nickelverbindung genügend gesättigt und gibt dann an die Kathode Metall ab. Für Vernickelung soll ein derartiges Bad nur für schlechteste und billigste Arbeit verwendbar sein, es wird aber ein gleiches Verfahren zur Erzeugung guter Eisenbäder angewendet und deshalb sei es hier erwähnt worden.

Die Anwendung der Vernickelung hat eine erstaunliche Ausdehnung gewonnen. Fast alle kleineren Metallwaren, welche eine gefällige Außenseite zeigen sollen, werden jetzt vernickelt, und selbst solche Sachen, welche früher ohne jeden Auspuß in die Welt gingen,

erhalten jetzt häufig einen Nickelüberzug, um sich dem Käufer besser zu präsentieren. Auch Maschinenteile werden häufig vernickelt, was ihnen ein etwas gelecktes Aussehen gibt, aber den unbestreitbaren Vorteil hat, daß es die Reinhaltung der Teile wesentlich erleichtert. In ausgebreitem Maße wird der Nickelüberzug auch bei Instrumenten und Apparaten angewendet und hat hier den Lack zum Teil verdrängt.

Wir haben noch einer besonderen Vernickelungsindustrie zu gedenken, welche ein viel gebrauchtes Halbfabrikat, das vernickelte Blech herstellt; Bleche dieser Art werden in großen Mengen zur Erzeugung von allerhand Metallkurzwaren benutzt, deren auf größte Billigkeit gerichtete Fabrikation die Polierung und Vernickelung des fertigen Erzeugnisses verbietet. Man stellt sie deswegen aus Blechen her, welche schon vernickelt und poliert sind und bedient sich zumeist des vernickelten Zink- und danach des Eisen- oder Stahlbleches. Die Wiege der Industrie der Nickelbleche ist, soweit unser Wissen reicht, Leipzig, wo sich eine Anzahl solcher Fabriken angesiedelt hat; neuerdings sind dann auch an andern Orten derartige Unternehmen entstanden, da der Verbrauch an solchen Blechen ständig gewachsen ist.

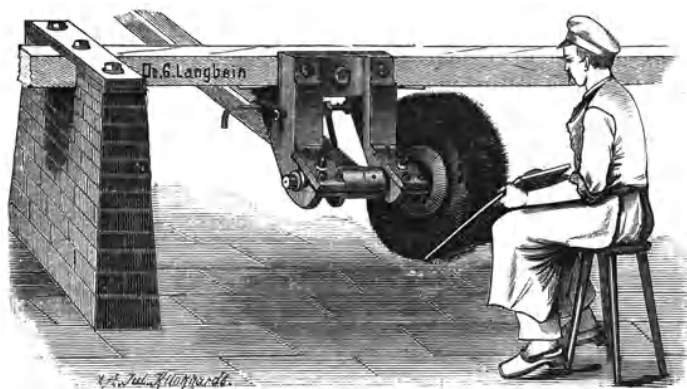


Fig. 424. Polieren des Zinkbleches für Vernickelung.

Das zur Vernickelung bestimmte Zinkblech wird vorerst geschliffen und poliert. Es dienen hierzu große Schwabbeln, wie wir sie schon früher erwähnt haben, welche auf rasch laufenden Spindeln sitzen. Der Schleifer würde nun das dünne große Blech nicht mit der Hand führen können, er legt es deswegen auf ein Brett, das er auf seinen Knien hält, und drückt es mit denselben gegen die laufende Schwabbel (Fig. 424). Durch Verrückung des Bleches bringt er dasselbe in allen Teilen unter den Angriff der Schwabbel und schleift es auf diese Weise fertig. Als Schleifmittel dienen hierbei Wiener Kalk und Öl; das letztere bringt er in einem breiten Strich auf das Blech, während er den Wiener Kalk auf die Schwabbel gibt, indem er ein großes Stück desselben gegen die laufende Tuchscheibe hält. Nach dem Schleifen oder Vorpolieren werden die Bleche mit trockenem Wiener Kalk auf Hochglanz poliert.

Es liegt nahe, dieses ziemlich einfache Arbeitsverfahren dadurch zu verbilligen, daß man es durch eine Maschine besorgen läßt, was bei der einfachen Gestalt des zu schleifenden Körpers zugänglich ist. Eine solche Schleifmaschine für Bleche von Rüber in Elbing ist in Fig. 425 abgebildet. Bei dieser Maschine wird das zu polierende Blech unter einer sich 2000- bis 3000mal in der Minute drehenden Polierscheibe durchgezogen, gleichzeitig aber auch in der zur Zugrichtung senkrechten Richtung hin und her bewegt, so daß keine Streifen auf dem Blech entstehen. Zu diesem Zwecke wird das Blech von einer Zange erfaßt; dieselbe ist an einem Seil befestigt, welches durch eine Trommel aufgewunden wird und dadurch Zange und Blech anzieht. Die Polierwalze bewegt sich auf dem Blech gegen die Zugrichtung desselben, so daß dasselbe immer angespannt und dadurch gerade bleibt. Durch eine mechanische Vorrichtung kann die Geschwindigkeit, mit welcher sich das

Blech bewegt, verändert, sowie auch die Seiltrommel von ihrem Antrieb losgekuppelt werden, worauf dann die Polierwalze das Blech zurückschiebt: man kann also das Blech, ohne es ausspannen zu müssen, beliebig oft durch die Poliermaschine gehen lassen.

Nach dem Polieren werden die Bleche entfettet, zunächst durch trockenes Abreiben mit feinstaubigem Wiener Kalk, dann mit nassem Überwischen mit solchem Kalk; alsdann wird das Blech mit Wasser abgespült. Da zumeist nur eine Seite des Bleches vernickelt werden soll, so werden ihrer zwei mit den nicht polierten Seiten zusammengelegt, an den oberen Ecken mit Klemmschrauben befestigt und mit Kupferstreifen, welche an den Klemmen sitzen, in das Bad gehängt. Für dieses dienen große rechteckige Tröge, an deren längeren Seiten die Anoden hängen. Der Nickelüberzug kann entweder unmittelbar auf das Zinkblech gebracht werden, oder man gibt demselben erst eine dünne Kupfer- oder Messingunterlage, von denen die letztere dem Blech einen weiseren Thon gibt. Natürlich wird diese Unterlage ebenfalls auf galvanischem Wege auf das Blech gebracht.

Sind die Bleche fertig vernickelt, so werden sie in heißes Wasser getaucht und in feinem Sägemehl getrocknet. Alsdann werden sie an der Schwabbel auf Hochglanz poliert und sind nun fertig.

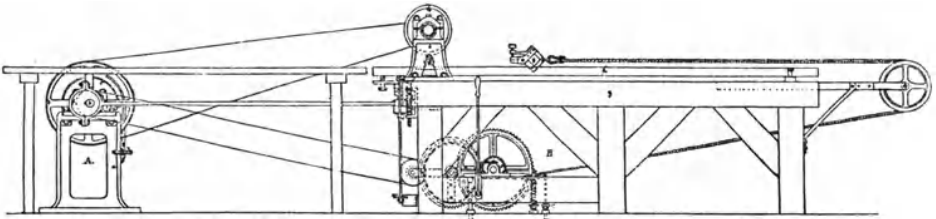


Fig. 425. Poliermaschine für Zinkbleche von F. Räuber.

In ähnlicher Weise werden auch Eisennickelbleche hergestellt, doch dominiert in bezug auf dieses Fabrikat zur Zeit ein andres, nicht auf galvanischem Wege hergestelltes Erzeugnis, das von den westfälischen Nickelwerken durch Aufschweißen von Nickel auf Eisen und Auswalzen dieser Verbundstücke zu Blechen hergestellt wird.

Ver Silberung. Nächste der Vernickelung ist es die galvanische Versilberung, welche am meisten in der Industrie verwendet wird und früher die ausgedehnteste Anwendung der Galvanotechnik darstellte, bis es dem minder edleren Bruder die erste Stelle abtreten mußte. Wie groß die Verwendung dieses Edelmetalles für die Herstellung von Überzügen ist, aus denen es zum weitaus größten Teile mit den Unterlagen verschwindet, lassen einige Angaben erkennen, die wir dem Handbuche von Dr. Langbein entnehmen. Danach verbraucht das bekannte Haus Christofle & Co. in Paris alljährlich 6000 Kilogramm Silber für Überzüge und hat in den 50 Jahren, seit seinem Gründungsjahre 1842, etwa 200 000 Kilogramm Silber niedergeschlagen. Gleiche Mengen verbrauchten Elkington Brothers in Birmingham und andre großen Häuser, und im ganzen darf man rechnen, daß alljährlich 110 bis 120 000 Kilogramm in galvanischen Niederschlägen verbraucht werden.

Zur Auflösung des Silbers im galvanischen Bade läßt sich eine Säure nicht verwenden; man benutzt hierfür eine Cyanalkaliumlösung und stellt das Bad durch Auflösung von chlor-, cyan- oder salpetersaurem Silber in solcher Cyanalkaliumlösung her. Als Anoden verwendet man Platinbleche oder besser Silberanoden, welche den Silbergehalt des Bades aufrecht erhalten. Bei diesen Bädern muß, wie bei den Vernickelungsbädern auf den richtigen Säuregehalt, auf den angemessenen Gehalt an Cyanalkalium gesehen werden.

Bei den Edelmetallniederschlägen spielt die Menge des niedergeschlagenen Metalles eine Rolle, da diese den Preis beeinflusst, und man wird daher jederzeit wissen wollen, wie groß die bereits auf der Ware haftende Silbermenge ist. Zu diesem Zweck beurteilt man entweder das Gewicht des Niederschlages nach der Zeit, während welcher der Strom thätig ist, und muß hierfür genau die Menge kennen, welche in der Zeiteinheit niedergeschlagen wird, oder man hängt die Ware an dem einen Arm einer Wage auf, während man

auf der am andern Arm hängenden Waagschale den jeweils haftend gewordenen Niederschlag mit Gewichten bestimmt, wobei man selbstverständlich den Gewichtsverlust des in die Flüssigkeit tauchenden Metalles in Rücksicht zu ziehen hat. Von Brandeley ist auch eine sehr hübsche selbstthätige Wiegevorrichtung konstruiert, welche den zum Bade führenden Strom unterbricht, sobald der Niederschlag auf der Ware das gewollte Gewicht erreicht hat.

Vergoldung, Verplatinierung. Die galvanische Vergoldung ist in ihrem Verfahren der Ver Silberung ähnlich. Zur Bereitung des Bades bedient man sich wie bei dieser des Cyankaliums als Lösemittel oder benutzt hierfür das gelbe Blutlaugensalz (Ferrocyankalium), das vor dem Cyankalium den Vorzug hat, nicht giftig zu wirken. Die Goldbäder unterscheiden sich in solche für kalte und für warme Vergoldung; bei den letzteren kann der prozentuale Goldgehalt geringer sein, weswegen sie für die Vergoldung kleinerer Gegenstände vorgezogen werden. Bei großen Gegenständen würde die Erwärmung des Bades zu umständlich werden, weshalb man hier die kalte Vergoldung anwendet.

Die galvanische Vergoldung läßt die Erzielung von Abtönungen und Färbungen zu. Durch Anwendungen kleinerer oder größerer Stromstärken kann man den Niederschlag vom Bläßgelb zum Goldgelb und weiter zu einem dunkelgelben Ton verändern. Durch Zusatz von Silber und Kupfer zum Bade erzielt man grünliche, beziehungsweise rötliche und selbst Rosatöne. Die verschiedenen Färbungen werden von den Goldwarenfabriken zur reicheren Gestaltung der Dekorierung der Schmucksachen vielfach verwendet. Durch Bedeckung eines matten Untergrundes erhält man die beliebte Mattierung in der Vergoldung.

Interessant ist die Vergoldung von Drähten und Goldgespinnsten, aus denen Treppen u. s. w. hergestellt werden. Man läßt hierfür den Draht von seiner Spule über Rollen gehen, welche ihn durch das Goldbad ziehen. Die Bewegung des Drahtes ist derart bemessen, daß jedes eintauchende Stück desselben lange genug der Wirkung des Stromes ausgesetzt bleibt, und durch die langsamere oder raschere Durchführung des Drahtes durch das Bad ist man im Stande, die Stärke des Überzuges beliebig abändern zu können. Die Zuführung des Stromes erfolgt durch eine der Walzen, über welche er läuft.

Von den andern Edelmetallen werden gelegentlich noch mit Platin und Palladium galvanische Überzüge hergestellt. Die Herstellung von Platinüberzügen hat insofern ein Interesse, als man mittels derselben die großen Destilliergefäße aus Platinblech, wie sie z. B. die Schwefelsäurefabrikation benötigt, durch solche aus einem billigeren Metalle, dessen Innenwand mit einem Schutzüberzug aus Platin versehen wird, zu ersetzen zu können hoffte. Bisher haben die für Verplatinierung angewendeten Verfahren einen genügend dichten Überzug noch nicht erzielen lassen. Die Bäder für diese Überzüge werden aus Chloriden des Platins und Ammoniums hergestellt, müssen heiß angewendet werden und erfordern gegen die Bäder der früher erwähnten Niederschläge eine hohe Spannung (fünf bis sechs Volt). Die als Anoden verwendeten Platinbleche lösen sich in den Bädern nicht auf, so daß das Bad verarmt und das ausscheidende Metall ersetzt werden muß.

Die Palladiumüberzüge, welche in ähnlicher Weise hergestellt werden können, haben eine beschränkte Anwendung in der Ver Silberungsindustrie gefunden. Palladium sieht dem Silber sehr ähnlich, hat vor diesem aber den Vorzug, daß es von dem Schwefelwasserstoff der Luft nicht angegriffen wird. Um die ver Silberten Waren gegen diese Einwirkung zu schützen, unter welcher Silber bekanntlich schwarz wird, hat man sie mit einer ganz dünnen Palladiumschicht überzogen.

Verzinkung, Verzinnung, Verbleiung. Verzinkung wird bekanntlich in ausgedehntem Maße angewendet, um Eisenteile gegen Rosten zu schützen. Man erzielt aber diese Zinküberzüge nicht auf galvanischem Wege, sondern durch Eintauchen der abgebeizten Eisenteile in geschmolzenes Zink, durch das sogenannte Galvanisieren, das also mit der Galvanotechnik nichts zu thun hat. In gleicher Weise läßt sich Eisen auch verzinnen und verbleien, und das verzinnete Eisen- und Stahlblech findet bekanntlich als Weißblech eine ausgedehnte Verwendung. Der Gedanke lag nun nahe, diese feuerflüssigen Bedeckungen durch die nasse, galvanische zu ersetzen, allein bis jetzt hat man noch keine genügenden Erfolge in dieser Richtung erzielen können. Der Verzinkung tritt der Übelstand hindernd in den Weg, daß das Zink sich an den Stellen der größten Stromdichte ausscheidet, an den Ecken und

Ranten des als Kathode dienenden Körpers, dagegen die großen Flächen fast unbedeckt bleiben. Zu besseren Ergebnissen gelangt man bei Blechen, die man gleichmäßig mit Zink überziehen kann. Nach Dr. Langbein sind diese Überzüge, wenn regelrecht hergestellt, mindestens ebenso gut als wie die im Galvanisierverfahren erzielten, können gegen diese aber im Preise nicht aufkommen, weil die Stromwirkung eine sehr langsame sein muß, wenn festhaftende Überzüge erreicht werden sollen.

Verzinnung kann auf galvanischem Wege in befriedigender Weise hergestellt werden und wird für die Bedeckung von Eisen-, Kupfer- und Messingwaren angewendet.

Verbleiung wird nur ausnahmsweise für die Erzielung von Schutzdecken auf andern Metallen angewendet. Dagegen findet das Blei in einem andern galvanotechnischen Verfahren Anwendung, in der sogenannten Frisierung von Metallwaren. Das Blei scheidet sich nämlich aus gewissen Lösungen als Bleisuperoxyd am positiven Pole, an der Anode, ab, und die dünnen Schichten erglänzen je nach ihrer Dicke in den prachtvollsten Farben. Man hat es nun durch richtige Unterbrechung der Stromwirkung in der Hand, aus den nacheinander auftretenden Farbentönen den gewünschten festzuhalten.

Verkupferung; Vermessung; Cuivre poli. Die Verkupferung wird vielfach in der Galvanotechnik benutzt, um dem zu bedeckenden Metall eine geeignete Unterlage für die später aufzubringende Oberdecke zu geben. So müssen Eisen, Nickel u. s. w. vor dem Versilbern erst verkupfert oder vermessenigt werden und wir haben auch bei Besprechung der Herstellung der Nickelbleche erwähnt, daß man die Nickeldecke zweckmäßig nicht unmittelbar auf das Zinkblech, sondern mit einer Unterlage aus Kupfer oder Messing legt. Für die Bereitung der Kupferbäder, soweit sie galvanostegischen, nicht galvanoplastischen Verfahren dienen, bedient man sich zumeist des Cyankaliums als Lösungsmittel, doch sind auch cyanalkaliumfreie Bäder in Anwendung, welche für manche Zwecke für tauglich befunden worden sind.

Auch zur Dekoration mancher Metallgegenstände findet die Verkupferung Anwendung. So werden bei manchen Kunstgegenständen polierte Kupferflächen benutzt, welche nicht mit dem *cuivre poli* verwechselt werden dürfen, denn dieses ist kein *cuivre*, sondern Messing. Das Streben, solche kunstgewerblichen Sachen zu verbilligen, hat bekanntlich eine ausgedehnte Industrie erstehen lassen, welche den Körper der Gegenstände aus Eisen und Zink herstellt und das minderwertige Metall mit einem Mantel aus besseren Stoffen liebevoll umkleidet, und so ist auch der Kupferüberzug verwendet worden, um den Schein eines massiven Kupferstückes vorzutäuschen.

Die Vermessung ist dadurch interessant, daß bei ihr eine Legierung niederschlagen wird, welche aus der gleichzeitigen Anwesenheit von Kupfer und Zink, den beiden Bestandteilen des Messings, im Bade hervorgeht. Bei diesen Bädern ist man durch die Abänderung der angewendeten Stromstärke im Stande, das eine oder andre Metall im Niederschlage vorwalten zu lassen und auf diese Weise die verschiedensten Tönungen zu erzielen. Das Kunstgewerbe macht von dem Verfahren zur Erzeugung der bekannten blanken Messingsachen, Rahmen, Teller u. s. w., welche als *cuivre poli* lange Zeit sehr beliebt waren, ausgedehnten Gebrauch. Die Überproduktion und das Emporwachsen einer billig und schlecht erzeugenden Industrie haben aber diese Gegenstände in der Werthschätzung des Publikums erheblich herabgebracht, und die Galvanotechniker müssen jetzt auf neue Effekte sinnen, welche den Messingniederschlag ersetzen können. Dies hat wenigstens das Gute, daß die Galvanotechnik zu weiterer Entwicklung angetrieben wird, für das Kunstgewerbe aber das Schlechte, daß diese Technik mehr der billigen Unrechtlichkeit als der wirklichen Kunst dient.

Vereisung. Überzüge von Eisen werden vielfach angewendet, um den Kupfergalvanos der Holzschnitte einen widerstandsfähigen Mantel zu geben, welcher ihre Oberfläche nicht verändert, sie gegen Abnutzung schützt, und falls er durch Verschleiß durchbrochen worden ist, leicht entfernt und erneuert werden kann. Dr. Langbein weist aber darauf hin, daß man den gleichen Zweck ebenso sicher durch Nickel- und Kobaltüberzüge erreichen kann, welche den Vorteil bieten, nicht zu oxydieren. Als Lösungsmittel für die Eisenbäder dient Chlor. Man stellt daher das Bad aus einer Lösung von Chlorammonium (Salmiak)

her, welcher man entweder ein Eisensalz (Eisenvitriol) zusetzt oder das Eisen in der früher erwähnten Weise in die Lösung bringt, daß man den Strom einige Stunden durch das mit Eisenanoden, und beliebigen Kathoden beschickte Bad leitet, wodurch sich durch Auflösung des Eisens der Anode das Bad formiert.

Neben den Eisenüberzügen sind auch galvanoplastische Arbeiten in Eisen dargestellt worden, die namentlich von der kgl. Staatsdruckerei in St. Petersburg in unübertroffener Vollendung hergestellt worden sind. Auf der Wiener Elektrischen Ausstellung hatte die Staatsdruckerei einige solche galvanoplastischen Kunstgebilde aus Eisen ausgestellt, die sich durch ihren wunderbaren matten Metallglanz auszeichneten. Leider sind die Verfahren zur Herstellung solcher starken Eisenniederschläge sehr umständlich und der hergestellte Gegenstand muß ängstlich gegen die Einwirkung des Sauerstoffes geschützt werden.

Verschiedene Anwendungen. Neuerdings sind Überzüge in Aufnahme gekommen, welche einen dunkelgrauen bis blauschwarzen Ton zeigen, der in Verbindung mit der Politur dem Gegenstand ein sehr gefälliges Aussehen gibt. Die Galvanotechniker erreichen diese Töne durch Anwendung von Arsen, das allein oder in Verbindung mit andern Metallen auf die Unterlage gebracht wird.

Durch die Galvanostegie lassen sich auch hübsche Nachahmungen der eingelegten Arbeiten, Inkrustationen, Taufzierungen, erzielen. Zu diesem Zweck wird der als Unterlage dienende Metallkörper zunächst mit der Zeichnung der einzulegenden Linien versehen, welche man mit einer löslichen Farbe aufbringt. Dann werden die unbedeckt gelassenen Stellen mit Decklack überzogen und der Gegenstand wird darauf in eine Beize gebracht, welche die lösliche Farbe fortrimmt und die Zeichnung in das Metall einätzt, die mit Lack bedeckten Stellen aber nicht angreift. Ist die Zeichnung eingätzt, so bringt man den Gegenstand in ein Silberbad u. s. w. und füllt die geätzten Linien mit dem sich niederschlagenden Metall aus. Alsdann wird der Decklack mit Benzin abgewaschen und der Gegenstand abgeschliffen und poliert; er läßt dann die Zeichnung in den eingelegten Silberlinien erkennen.

In ähnlicher Weise werden auch Niello-Arbeiten nachgeahmt, indem man die eingätzten Linien nicht mit Metall ausfüllt, sondern sie in einem Bade von Schwefelammonium schwärzt. Auf diese Weise lassen sich billige Nachahmungen der bekannten Zula-Arbeiten herstellen.

Galvanoplastik.

Kupfergalvanoplastik. Wie wir zu Eingang sagten, hat die Galvanoplastik den Zweck, körperliche Kopien von Gegenständen zu erzeugen. Sie unterscheidet sich also insofern technisch von der Galvanostegie, daß in ihr stärkere Niederschläge hergestellt werden müssen, welche von der Unterlage abgelöst werden. In der Hauptsache benutzt man zu diesem Zwecke Kupferniederschläge, da das durch den Strom niedergeschlagene Kupfer sehr zäh und rein ist, und die Erzeugung solcher Niederschläge am leichtesten erzielt werden kann. In einzelnen Fällen werden auch galvanoplastische Arbeiten in andern Metallen hergestellt.

Zur Erzielung der Kupferniederschläge kann man sich der Batterie wie der Dynamomaschine bedienen und im ersteren Falle Batterie und Bad zu einem Apparat verbinden. Wir haben schon bei Besprechung des Daniell-Elementes erwähnt, daß sich aus der Kupfervitriollösung desselben Kupfer an der Kupferelektrode auscheidet, und können also ein solches in entsprechender Abänderung ohne weiteres für die Herstellung galvanoplastischer Nachbildungen benutzen.

Es genügt hierfür, in das Kupferbad Thonzellen, die mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt sind, zu setzen und in diese Zinkcylinder zu stellen, welche dann mit der in das Kupferbad gehängten Kathode verbunden werden; das Zink spielt hierbei die Rolle der Anode und wird entsprechend dem Kupferniederschlag von der Schwefelsäure aufgelöst. Da als Kupfersalz für diese Zwecke Kupfervitriol verwendet wird, so hält man das Bad durch Einsetzen von durchlöchernten Kästchen, die mit Kupfervitriol gefüllt sind, oder bei kleineren

Apparaten durch Einhängen eines durchlässigen Beutelchens mit Kupfervitriol konzentriert. Der Dilettant, welcher in kleinem Maßstabe galvanoplastische Nachbildungen erzeugen will, kann sich billig einen solchen Apparat derart herstellen, daß er eine Thonzelle in ein geräumiges Glas setzt, aus welcher der Zinkcylinder um ein Stück herausragt, und auf den letzteren ein Drahtkreuz legt, dessen Enden durch einen Drahttring leitend miteinander verbunden sind. An diesen Ring hängt er dann mit den Zuleitungsdrähten die Formen, auf denen der Niederschlag erfolgen soll.

In größerem Maßstabe, aber nach dem gleichen Prinzip erbaute Apparate werden noch vielfach von den Galvanoplastikern verwendet, indem sie eine Anzahl solcher Thonzellen mit Zinkcylindern in eine genügend große Wanne nebeneinander stellen und die Zinkcylinder durch passende Zuleitungen mit der Kathodenstange verbinden. Einen zweckmäßigen Apparat dieser Konstruktion, bei welcher der Raumausnutzung wegen rechteckige Thonzellen angewendet sind, zeigt unsere Fig. 426.

So einfach diese Vorrichtungen sind, so empfiehlt es sich doch, Stromerzeuger und Bad zu trennen, weil man in diesem Fall besser in der Lage ist, die Stromstärke entsprechend der Art und dem Fortgange der Arbeit mit Hilfe von Rheostaten verändern zu

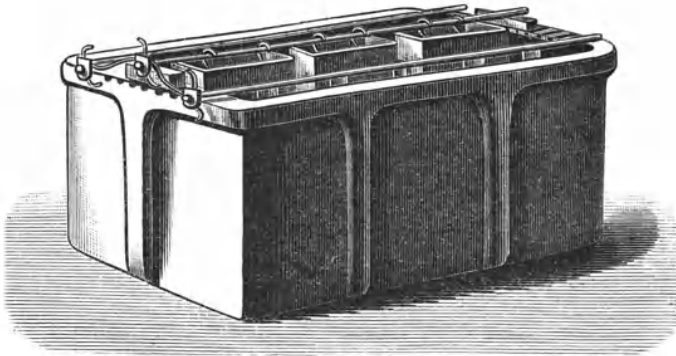


Fig. 426. Galvanoplastischer Apparat.

können. Man benutzt dann dieselben Apparate, welche wir in der Galvanostegie kennen gelernt haben.

Die Herstellung der Galvanos. Die verbreitetste Anwendung hat die Galvanoplastik in der Herstellung der Kopien der Holzstöcke und andre typographischer Druckformen gefunden. Sie ermöglicht, von dem Holzstock eine vollkommene Nachbildung zu machen, deren Abdruck sich kaum von dem Original unterscheidet. Es ist also nicht mehr nötig, den Holzstock selbst im Abdruck abzunutzen, sondern an seine Stelle tritt die galvanische Nachbildung, kurz das „Galvano“ genannt, das, ohne dem Stock zu schaden, in beliebiger Anzahl hergestellt werden kann und durch seine Vermittelung eine unbegrenzte Zahl Abzüge des Schnittes ermöglicht. Es ist dies um so wichtiger, als die Lebensdauer eines Holzstockes nicht nur durch die regelrechte Abnutzung im Druck, sondern fast noch mehr durch das häufige Zerpringen des Stockes unter der Presse begrenzt wird.

Zur galvanoplastischen Nachbildung eines Holzschnittes wird zunächst eine Matrize oder Mutterform gemacht, zu welchem Zwecke der Stock verkehrt in Guttapercha oder Wachs abgeformt wird. Bei der Abformung in Guttapercha wird diese Masse, die man in reinsten Beschaffenheit anwenden muß, durch Erhitzen in heißem Wasser bildsam gemacht und in eine Platte ausgestreckt, welche man auf den mit einem eisernen Rahmen umgebenen Stock legt. Durch eine Hand- oder bei größeren Stöcken hydraulische Presse wird die bildsame Masse auf den Stock gedrückt und füllt nun alle Hohlräume des Schnittes bis auf die feinsten Linien aus. Um die Guttapercha ablösen zu können, ist der Stock wie auch die aufgelegte Guttaperchafläche mit Graphitstaub eingerieben worden. Nach Erkalten der Guttapercha hebt man die Form ab, und sie zeigt nun den genauen plastischen Abdruck des Stockes.

An Stelle der Guttapercha wird auch vielfach Wachs, das zur Beseitigung der Sprödigkeit einen Stearinzusatz erhält, benutzt. Man gießt aus dieser Masse in Metallkästchen Tafeln von passender Größe, welche noch lauwarm mit dem Kästchen auf den Stock gebracht und in eben beschriebener Weise durch die Presse in denselben einge-
drückt wird.

Die auf diese Weise hergestellten Formen leiten aber den Strom nicht, und es gilt nun, dem Strom die nötige Zuleitung zu allen Teilen des Abdruckes zu verschaffen. Zu diesem Zwecke wird auf die zu bedeckende Form staubfeines Graphitmehl gebracht, das man mittels einer weichen langhaarigen Bürste verreibt, bis die ganze Fläche Graphitganz zeigt. Da die Herstellung der Galvano's jetzt zumeist durch eine Sonderindustrie geschieht, welche sich die Arbeitsverfahren thunlichst zu verbilligen sucht, so ist man bestrebt gewesen, diesen Arbeitsvorgang durch eine Maschine bewirken zu lassen. Eine derartige Graphitiermaschine ist in Fig. 427 abgebildet. In derselben wird die zu graphitierende Form in die im Rahmen des Tisches sich schlittenförmig bewegende Platte eingesetzt, welche sie selbstthätig hin- und herführt. Über dieser Platte liegt ein Kamelhaarbesen von der Breite der Platte, welcher durch einen Mechanismus in eine rasche pendelnde Bewegung gebracht wird, so daß er mit seinen Borsten auf der Platte hin- und herwischt. Durch die Bewegung der Platte wird nun die Form langsam unter dem Besen hin geführt, wobei derselbe das aufgestreute Graphitmehl verreibt; der überschüssige Graphit sammelt sich in einem unter der beweglichen Platte befindlichen Behälter. Um die bei diesem Vorgange entstehenden Staubwolken zurückzuhalten, wird die Maschine mit einem Kasten verdeckt.

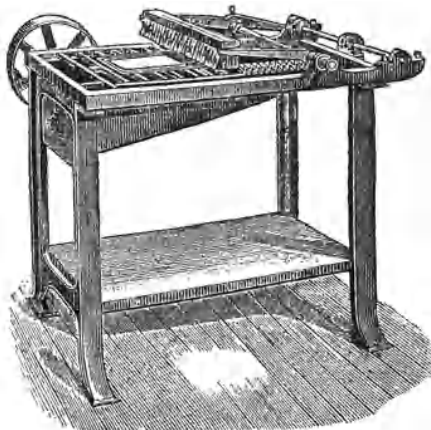


Fig. 427. Graphitiermaschine.

Die graphitirten Formen werden dann mit einem Blasebalg abgeblasen und nun mit Leitungsdrähten versehen. Bei Guttaperchaformen wird die Matrize am Rande mit einer Ahle durchbohrt und durch das Loch werden zwei Kupferdrähte gezogen; man dreht die hervorstehenden Enden der Drähte zusammen, so daß sie die zwischenliegende Masse fest umschließen, und benutzt zwei Enden der Drähte zum Aufhängen der Form an der Kathodenstange, während die beiden andern Enden umgebogen und mit ihren Spitzen federnd auf die graphitirte Fläche gesetzt werden. Bei den Wachstformen werden dieösen der Metallkästen, in denen sich die Wachstform befindet, zur Anbringung der Drähte benutzt.

Hat der Kupferniederschlag im Bade die verlangte Stärke von etwa $\frac{1}{3}$ Millimeter erreicht, so wird er vorsichtig von der Form abgelöst, und dann mit Blei, dem etwas Zinn und Antimon zugegeben sind, hintergossen. Das Galvano bildet dann eine etwa drei Millimeter dicke solide Platte, deren Ränder man mit dem Bestoßzeug gerade und rechtwinkelig hobelt, worauf dann die Rückseite auf der Drehbank glatt gedreht oder auf einer Hobelmaschine abgehobelt wird. Alsdann wird das Galvano auf eine passend dicke Holzplatte genagelt oder geschraubt und ist zum Gebrauch fertig.

Die Abformung plastischer Gebilde unterscheidet sich, was den galvanotechnischen Teil angeht, nur wenig von dem bereits beschriebenen Verfahren, dagegen ist die Herstellung der Formen wesentlich verschieden von der einfachen Prozedur, die wir beim Galvano kennen gelernt haben. Handelt es sich um einfache Flachreliefs oder um die Abformung von Münzen und Medaillen, so kann man wie bei der Herstellung der Galvanoform verfahren oder auch einen Gipsabguß benutzen, dessen Masse durch Tränkung in heißem Stearin oder durch einen Lacküberzug für Flüssigkeiten undurchdringlich gemacht, worauf dann die Form, wie früher beschrieben, graphitirt wird. Bei größeren Kunst-

objekten kann die Abformung zumeist nur in Teilen geschehen, welche nachher zusammenge-
 setzt werden, wenn man nicht vorzieht, sie einzeln im Bade zu kopieren und die Nieder-
 schläge durch Sötung zu vereinigen.

Verschiedene Anwendungen der Galvanoplastik. Die Galvanoplastik ermöglicht es, manche zarte Natur- und Kunstgebilde nachzubilden oder zu „metallisieren“, d. h. mit Kupfer zu überziehen. So sind neuerdings metallisierte Blumen und Gräser in den Handel gebracht worden, denen natürliche Blumen u. zur Unterlage gedient haben. Durch ein besonderes Verfahren überzieht man die Blumen erst mit einer feinen Silberschicht und bringt sie dann in das Bad, in welchem sich die Silberschicht mit einer Kupferdecke überzieht. Diese zeigt dann die ursprüngliche Form der Blume, und das Gebilde kann für dekorative Zwecke verwendet werden. In ähnlicher Weise lassen sich auch Spitzen und Gewebe metallisieren und in diesem Zustande weiter verwenden.

Auch Holzteile werden zuweilen auf galvanoplastischem Wege mit einer Kupferdecke versehen, die man nach Überziehen des Holzes mit einem undurchlässigen Lack leicht aufbringen kann. Es sei bemerkt, daß man in den ägyptischen Gräbern solche mit dünnem Kupferblech überzogene Holzarbeiten gefunden und daraus geschlossen hat, daß die alten ägyptischen Priester die Galvanoplastik bereits gekannt haben.

Eine eigenartige Anwendung der Galvanoplastik hat Elmore in England versucht, nämlich zur Herstellung von Kupferröhren auf galvanoplastischem Wege. Zu diesem Zwecke läßt er eine Eisenwalze von der Stärke des inneren Durchmessers, den die Röhre erhalten soll, sich langsam in einem Troge drehen; dieser ist so weit mit Kupfervitriollösung angefüllt, daß der obere Teil der Walze aus der Flüssigkeit hervorsticht. Unter bzw. neben der Walze befinden sich die Kupferanoden. Die Walze wird nun mit dem negativen Pole eines Stromerzeugers verbunden, und es scheidet sich Kupfer auf ihr ab. Oben läuft über die Walze ein Rollerrädchen, welches längs der Achse der Walze langsam hin und her geht und den Zweck hat, das eben niedergeschlagene Kupfer, das ein kristallinisches Gefüge hat, zusammenzudrücken und ihm mit einer größeren Dichtigkeit auch größere Festigkeit und Zähigkeit zu geben. Elmore und seine finanziellen Hinterleute haben sich und ihren Aktionären von diesem neuen Verfahren eine vollständige Ummwälzung der Kupferröhrenfabrikation versprochen und zur Ausbeutung der Patente eine ganze Reihe von Aktiengesellschaften gegründet. Man darf aber Zweifel hegen, ob die galvanische Herstellung der Röhren sonderlich billig ist, und diese Zweifel sind auch in England laut geworden, so daß die etwas auffällig betriebene Reklame für das Verfahren jetzt wieder verstummt ist.

Weitere Anwendungen der chemischen Wirkung des Stromes.

Einleitung. Elektrolytische Metallgewinnung und -Reinigung. Die Magnesiumgewinnung. Die Aluminiumgewinnung. Elektrisches Bleichverfahren. Die elektrische Reinigung von Abwässern. Verschiedene Anwendungen des Stromes zur Erzeugung chemischer Produkte.



Ußer den Anwendungen der chemischen Wirkung des Stromes zur Aufspeicherung der elektrischen Energie und in der eben besprochenen Galvanotechnik wird der Strom neuerdings noch in andern Verwendungen für chemische Verfahren benutzt, und diese Anwendung gewinnt von Jahr zu Jahr größere Ausdehnung, so daß wir heute schon von einer elektrochemischen Technik, ja sogar von einer solchen Industrie sprechen können, welche am besten beweist, daß wir es bei diesen Verwendungen nicht mehr mit Vorschlägen und Versuchen zu thun haben, sondern daß die Elektrochemie bereits ein geschäftlich verwertbarer Zweig der Elektrotechnik geworden ist. Das Gebiet, in welchem der Strom für chemische Fabrikationsverfahren angewendet wird, vergrößert sich von Jahr zu Jahr, und wenn auch viele Anwendungen dieser Art zur Zeit, sei es technisch, sei es geschäftlich, noch unreif erscheinen werden, so beweist doch diese Entwicklung, daß sich in der Zuhilfenahme der chemischen Wirkungen des Stromes eine Umgestaltung unsrer chemischen Technologie vollzieht.

Dieser Entwicklungszustand, in welchem sich die neue Technik befindet, erschwert es uns freilich, den derzeitigen Wert der zahlreichen entstandenen Verfahren zu beurteilen, da sehr viele die Feuerprobe der geschäftlichen Verwertung noch nicht bestanden haben. Dieselben deshalb von unsern Erörterungen auszuschneiden, geht nicht an; denn abgesehen davon, daß sie an sich zum Teil von Interesse sind, wird das eine und andre derselben vielleicht schon bald praktische Bedeutung gewinnen, während allerdings andre, die sich als vielversprechend gezeigt haben, den Wettlauf mit älteren oder neueren rein chemischen Verfahren werden aufgeben müssen. Nicht immer vermag man auch bei den Berichten klar zu sehen, ob sie nicht übertrieben sind, denn häufig ist das Urteil der Berichterstatter durch subjektive Momente getrübt, von Schwindeleien schlechthin zu schweigen, welche sich auf diesem Gebiete bemerkbar gemacht haben. Ein drastischer Fall dieser Art ereignete sich vor einigen Jahren; ein Schwindlerkonsortium gab vor, ein elektrisches Verfahren zur Reinigung von Zucker erfunden zu haben, und führte zum Beweise den Apparat im Betriebe vor. Bei den vorgenommenen Proben erwies sich in der That, daß der in den Apparat gebrachte unraffinierte Zucker in überraschend kurzer Zeit in ausgezeichnete Weise gereinigt zurückkam. Als man aber den Herren und ihrem Apparate, dessen innere Einrichtung

verdeckt war, etwas näher trat, zeigte es sich, daß hier ein ziemlich gewöhnliches, aber geschickt ausgeführtes Taschenspielerstückchen angewendet worden war. Der wunderbare Apparat war ein solcher mit „doppelten Böden“ und der angeblich raffinierte Zucker war nicht derselbe, der im Rohzustande zur Reinigung eingebracht, sondern schon vorher auf dem gewöhnlichen Wege gereinigt worden und wurde nun im Apparat gegen den Rohzucker ausgetauscht. Nach der Aufdeckung dieses etwas zu elektrisch raffinierten Verfahrens mußten die Herren Erfinder selbst in eine ReinigungsVorrichtung spazieren, ins Gefängnis. Es ist übrigens, das sei beiläufig bemerkt, merkwürdig, daß sich die Schwindler in Elektrizität — und ihrer ist leider eine große Zahl, an welcher jede Nation ihren unerfreulichen Anteil hat — mit Vorliebe auf das gemeinsame Gebiet der Elektrizität und Chemie begeben, vielleicht weil sie hier noch weniger die Kritik des Fachmannes zu fürchten haben, denn naturgemäß wird es nur sehr wenige Chemiker oder Elektriker geben, die sich ein Urteil auf beiden Gebieten zugleich anmaßen dürfen. Wir glauben daher, und dies ist der Zweck unsrer Bemerkung, unsre Leser zur Vorsicht ermahnen zu dürfen, wenn sie in den Fall kommen, sich mit derartigen Unternehmen befassen zu sollen; die Schwindler der hier in Frage stehenden Art verstehen es geschickt, das von ihnen in schlauer Weise präparierte Urteil der ausersehenen Opfer anzurufen und dieselben zu verhindern, sich an zuständige Männer zu wenden. Eines der böartigsten Beispiele hierfür ereignete sich vor einigen Jahren in Deutschland, wo ein solcher Industrieritter mehr als eine Million Mark zu erschwindeln mußte und damit zahlreiche Existenzen vernichtet hat. Solche Fälle wirken um so verheerender, als sie den ehrenhaften Erfinder schädigen, indem sie das Kapital gegen die ganze Technik einnehmen, und diese Wirkung ist thatsächlich mehrfach zum Schaden der Industrie zu beobachten gewesen. Damit wollen wir den unerquicklichen Gegenstand verabschieden und uns den lebensfähigen und ehrlichen Bestrebungen und Errungenschaften der Elektrochemie zuwenden.

Die älteste und am weitesten ausgebildete Anwendung des elektrischen Stromes für chemische Zwecke ist nach der Galvanotechnik die ihr verwandte Elektrometallurgie, die wir zweckmäßigerweise in zwei Unterabteilungen zerlegen können. In der ersten wirkt der Strom in nassen Lösungen, bei der andern wird die zu zersetzende Flüssigkeit durch Schmelzung des Zerlegungstoffes hergestellt; in den letzteren Verfahren werden wir überdies den Strom zuweisen in einer mehr sekundären Weise wirkend sehen, indem er nur die Zersetzung ermöglicht, während die eigentliche Zerlegungsarbeit durch die desoxydierende Wirkung von Kohle zustandekommt; typisch hierfür sind das Cowles-Verfahren und seine Ausbildung in andern Prozessen.

Elektrolytische Metallgewinnung und -Reinigung. Obwohl die Metallgewinnung mittels Elektrolyse schon vor Jahrzehnten, wie wir später sehen werden, im Laboratorium versucht worden ist, so nimmt die industrielle Anwendung dieser Methode erst mit der elektrischen Kupferreinigung ihren Anfang, welche naturgemäß erst dann in Frage kommen konnte, als die Dynamomaschine erfunden war. Was vor dieser Zeit entstanden ist, darf ohne weiteres als ohne industrielle Bedeutung betrachtet werden. Immerhin verdient es Beachtung, daß Elkington bereits Mitte der sechziger Jahre ein Verfahren für die elektrische Kupferreinigung ausgearbeitet und angewendet hat, das in seinen Grundzügen bereits die heutigen Methoden erkennen läßt.*) Elkington hatte aber damals nur die Maschinen von Wilde (vergl. S. 48) zur Verfügung, und es ist kaum anzunehmen, daß er mit diesen noch unvollkommenen Maschinen geschäftliche Erfolge erzielt hat.

Die erste erfolgreiche Anlage für Kupferreinigung wurde 1878 von Siemens & Halske auf dem „Kommunion-Hüttenwerke“ aufgestellt, wo sie noch heute im Betriebe ist. Das Verfahren, welches man dort anwendet, gleicht im wesentlichen der Methode für die Kupfergalvanoplastik, wie wir sie früher beschrieben haben. Das zu reinigende Roßkupfer wird in Form einer Platte als Anode in ein Bad gebracht und auf eine als Kathode dienende Reinkupferplatte niedergeschlagen. Bei dieser Überführung des Kupfers von

*) Vergl. Dr. W. Borchers: „Elektrometallurgie“, welches Werk die moderne Elektrometallurgie in umfassender Weise behandelt.

einer Elektrode zur andern durch den Strom fallen die fremden Bestandteile zum größten Teile aus, und man erhält im Niederschlag ein Kupfer mit 99,5 % und mehr Reinkupfergehalt. Als Bad dient eine Kupfervitriollösung, welche allmählich durch die ausfallenden und in Lösung gehenden Bestandteile des Rohkupfers verunreinigt wird und daher von Zeit zu Zeit erneuert werden muß. Über die Einrichtungen für diese Anlage ist wenig zu sagen, da die Bäder die einfachen Formen haben, wie wir sie bereits im Kapitel: „Galvanotechnik“ kennen gelernt haben. Dagegen haben wir die in Ocker verwendeten Dynamomaschinen mit einigen Worten zu bedenken. Obwohl die Leistungen dieser Maschinen verhältnismäßig gering sind, da sie nur etwa sechs Pferdekkräfte in Strom umzusetzen haben, so sind sie doch insofern von Interesse, als sie für die zu damaligen Zeiten sehr großen Stromstärken 1000 Ampère gebaut werden mußten. Allerdings ist die elektromotorische Kraft der Maschine entsprechend niedrig und beträgt nur 3,5 Volt, was die Isolation der Windungen erleichtert. Die Maschine, welche wir in Fig. 428 abbilden, ist nach dem älteren Typus der Siemens & Halske-Maschinen (vergl. Fig. 62) gebaut und hat wie diese einen

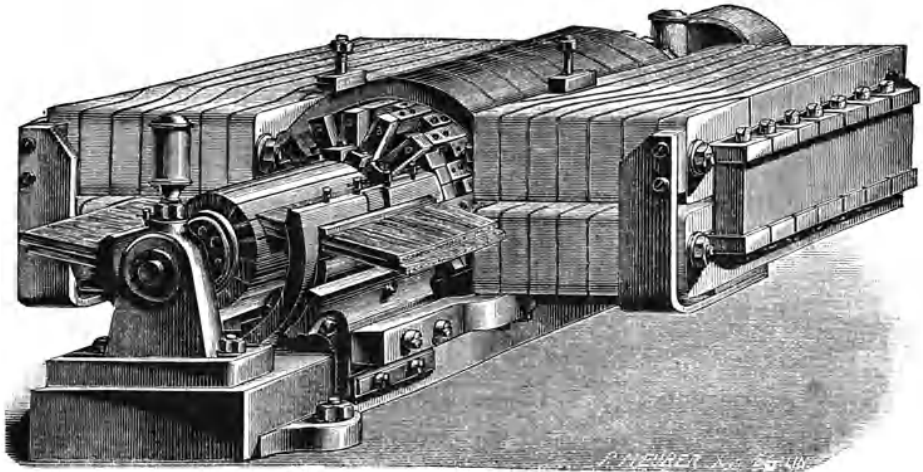


Fig. 428. Dynamomaschine für die Reinkupferegewinnung in Ocker a. S.

Trommelanker. Die Windungen desselben sind durch dicke Kupferstangen gebildet, welche durch isolierende Zwischenlagen aus Asbest voneinander und vom Eisenkern des Ankers getrennt sind. Die Zahl der Windungen, welche in einer Lage auf dem Anker liegen, beträgt nur 14. Zu entsprechenden Verhältnissen sind der Kollektor und die Bürsten gehalten, wie dies unsere Figur erkennen läßt. Zur Erregung der Magnete sind um die Eisenkerne derselben auf jeden Magnetschenkel sieben Windungen aus diesen Kupferstangen gelegt. Jede solche Maschine betreibt zwölf hintereinander geschaltete Bäder und schlägt im Tage 250—300 kg Kupfer nieder, so daß jährlich 500—600 Tonnen Kupfer in Ocker mittels des Stromes gereinigt werden können.

Bei dieser Anlage wird in der Hauptsache nur Kupfer verarbeitet, welches schon ziemlich rein ist, und in diesem Falle ist die benötigte Klemmenspannung eine sehr kleine (etwa $\frac{1}{4}$ Volt), wobei entsprechend auch der Kraftaufwand verhältnismäßig niedrig bleibt. Sobald man aber ein unreineres Material verarbeitet, steigen die benötigte Spannung an den Bädern und der Kraftverbrauch, außerdem vollzieht sich aber auch der Niederschlagsprozeß um so schwieriger, je ärmer das Anodematerial an Kupfer ist. Es muß aber verlockend erscheinen, auch unreineres Hüttenprodukt zu verarbeiten und ohne weitere Raffinationsarbeit durch den Strom in Reinkupfer überzuführen. Ein solches Verfahren hat Marchese ausgearbeitet und in mehreren Anlagen zur Ausführung gebracht. Bei diesem Verfahren wird das Kupfererz zu Rohstein verschmolzen und das so erhaltene Material in Platten gegossen, welche die Anoden zu bilden bestimmt sind. Die aus den gerösteten

und ausgelaugten Erzen unter Zusatz von Schwefelsäure hergestellte Lösung, welche als Bad dient, greift unter Einwirkung des Stromes das Schwefelmetall der Anoden an, und es bilden sich Eisensalze und Schwefelsäure, während sich das Kupfer in reinem Zustande an den Kathoden abscheidet. Die sich im Bade formierende Lösung soll ein solche oxydierende Kraft haben, daß sie gewisse Schwefelmetalle ohne vorherige Röstung auflöst.

Als Betriebsspannung gibt Marchese 1 Volt für das Bad an und glaubt bei einer rationellen Einrichtung für die Pferdekraft aufgewendete Arbeit täglich 20 kg Reinkupfer gewinnen zu können. Der industrielle Wert des Verfahrens wird im wesentlichen davon abhängen, wie teuer sich der Strom stellen und welche Ersparnis man gegen die metallurgischen Verfahren erzielen wird. Hier spielen nun die örtlichen Verhältnisse eine maßgebende Rolle. Ist eine gute Wasserkraft vorhanden, dagegen die Gegend kohlenarm, Kohle also teuer, so wird das Gewinnungsverfahren einen großen Wert erlangen können, und da sich die Verhältnisse bei manchen Kupfererzfundstätten in dieser günstigen Weise

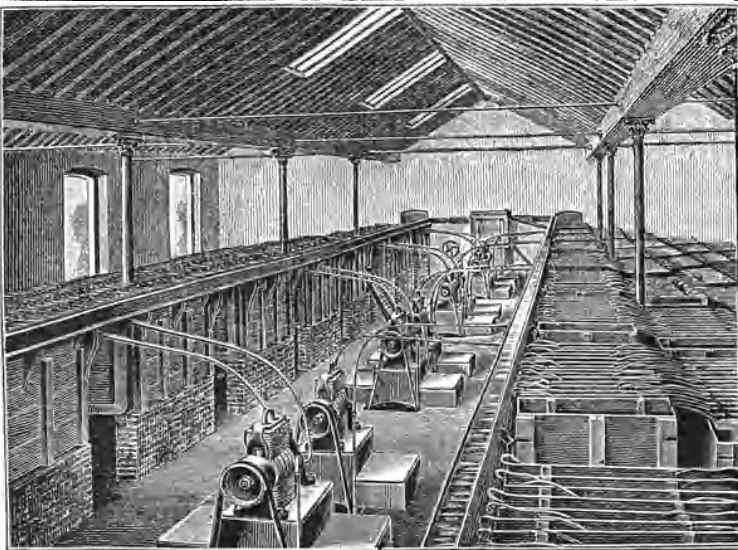


Fig. 429. Einrichtung der Kupferreinigungsanstalt in Sestri Levante nach dem System Marchese.

gestalten, so kann man dem Marchesefchen Verfahren eine gewisse Bedeutung nicht absprechen, zumal wenn die sich vervollkommnende Fernleitung des Stromes die Ausnützung auch weiter abliegender Wasserkräfte ermöglicht.

Marchese hat eine Anlage dieser Art längere Zeit in Sestri Levante in Betrieb gehabt. Unsere Fig. 429 gibt ein Bild des Arbeitsraumes dieser Fabrik, auf welchem wir die Bäder und die Kanäle für die Zuleitung der Laugen erblicken. Eine ähnliche Anlage hat Marchese in Stolberg (Rheinprovinz) eingerichtet, wo ein verhältnismäßig armes Material zur Verarbeitung kommt.

Eine ziemlich umfangreiche Anlage zur Gewinnung von Feinkupfer ist auch auf Stephanshütte im Zipser Komitat in Ungarn im Betriebe, in welcher täglich 1200 kg Feinkupfer gewonnen werden. Auch hier konnte Wasserkraft zur Erzeugung des Stromes angewendet werden, für welche eine Girard-Turbine von 32 Pferdekraften Höchstleistung dient. Die Dynamomaschine gibt 240 Ampère bei 24 Volt Spannung und betreibt sämtliche 49 Bäder in Reihenschaltung. Die Bäder sind in sieben Gruppen zu je sieben Stück geteilt, welche treppenförmig aufgestellt sind, so daß die Lauge, welche durch zwei Pumpen aus Blei in einen Behälter gehoben wird, die Gruppen nacheinander durchläuft. Die Lauge wird durch Lösung von Kupfergranalien in erhitzter verdünnter Schwefelsäure unter Luftzutritt erzeugt. Die Einrichtung der Bäder und der Betrieb unterscheiden sich nicht

von dem früher beschriebenen. Es werden aus dem Kupfererz Schwarzkupferanoden hergestellt, welche nach etwa drei Monaten aufgezehrt und als Feinkupfer auf den Kathoden niedergeschlagen sind, wobei die anderweitigen Bestandteile, Antimon, Blei, Wismut, Arsen sowie das im Erz enthaltene Gold und Silber in den Schlamm gehen und aus diesem wiedergewonnen werden können. Die Bedeutung des Verfahrens, welches auf der Stephanshütte seit dem Frühjahr 1890 angewendet wird, besteht für das Werk darin, daß mit ihm die silberhaltigen Fahlzerze mit erheblicher Zeitersparnis zu Feinkupfer verarbeitet werden können. Bei diesen Erzen ist die Abscheidung des Silbers eine Notwendigkeit, weniger damit das Edelmetall gewonnen, als vielmehr aus dem Kupfer, dessen gute Eigenschaften es beeinträchtigt, entfernt wird. Hierzu brauchte man bei dem früheren metallurgischen Verfahren die vierfache Zeit, welche jetzt die elektrolytische Reinigung benötigt, und erhielt trotzdem das Metall nicht vollständig vom Silber befreit. Als weiterer Vorteil des elektrischen Verfahrens kommt hinzu, daß das Edelmetall im Erze durch die Elektrolyse leichter gewonnen wird, so daß sich auch für dieses Metall die Gewinnungskosten niedriger stellen.

Vielfach ist versucht worden, den Strom bei der Edelmetallgewinnung zu Hilfe zu nehmen und wenn möglich das kostspielige Amalgamationsverfahren zu beseitigen. Bis jetzt ist es aber noch nicht gelungen, ein brauchbares Verfahren zu erfinden. Dagegen benutzt man die Wirkung des Stromes bei Reinigung des Goldes von Platin u. s. w., indem man das zu reinigende Gold in Platten ausgießt und diese als Anoden in ein Bad, das aus Goldchloridlösung besteht, bringt. Das Gold wird dabei auf eine Feingoldkathode niedergeschlagen, während das freiverdende Platin, Osmium u. s. w. in der Lösung niederfällt.

Die Magnesiumgewinnung. Werden die Salze der Alkali- und Erdmetalle in feuerflüssigem Zustande der Einwirkung des Stromes unterworfen, so scheiden sich die Metalle am negativen Pole ab, und mittels eines solchen Verfahrens hat Davy 1808 das Kalium und Natrium entdeckt. Im Jahre 1851 glückte es nun Bunsen, Magnesiumchlorid mit Hilfe des Stromes in Magnesium und Chlor zu zerlegen, und aus dieser Entdeckung hat sich dann im Laufe der Jahrzehnte die heutige Gewinnung der Erdalkali- und Erdmetalle mit Hilfe des Stromes entwickelt. Die Erzeugung der Alkalimetalle Kalium und Natrium auf diesem Wege ist zwar vielfach angestrebt worden, hat aber noch keine praktische Gestaltung gewonnen:

Die Erzeugung von Magnesium, des einzigen Erdalkalimetalles, das man zur Zeit fabrikmäßig in größeren Mengen herstellt, wird von der Aluminium- u. Magnesiumfabrik Bremen in Hemelingen mit Hilfe des Stromes betrieben, und das elektrisch gewonnene Metall beginnt allmählich das englische Fabrikat, das auf chemischem Wege erzeugt wird, zu verdrängen. Allerdings ist das Verwendungsgebiet des Magnesiums ein ziemlich kleines und beschränkt sich auf die Anwendung des Metalles zur Lichterzeugung. Als Material für technische Gegenstände hat es keine Verbreitung finden können und dürfte in dieser Beziehung im Aluminium einen übermächtigen Gegner erhalten haben. Die Vorrichtung, welche die Hemelinger Fabrik für die feuerflüssige Elektrolyse der Magnesiumverbindungen anwendet, ist in Fig. 430 abgebildet. Bei derselben dient ein Tiegel aus Gußstahl A als Schmelzgefäß und gleichzeitig als Kathode. Dieser Tiegel wird in einen Herd eingesetzt, in welchem das in den Tiegel eingebrachte Material zum Fluß gebracht wird. In den gußstählernen Deckel, welcher den Tiegel verschließt, ist ein cylindrisches Schamottegefäß G eingesetzt, welches die Anode umschließt, die aus Kohle besteht. Der untere Teil dieses Cylinders ist durchbrochen, so daß Cylinder und Tiegelraum miteinander in Verbindung stehen. Nach oben ist das Schamottegefäß abgeschlossen und mit einem Rohr verbunden, durch welches die sich entwickelnden Chlordämpfe abgehen.

Als Zersetzungsmaterial wird Magnesiumchlorid benutzt; für die Zersetzung werden sechs bis acht Volt Spannung benötigt, und man rechnet für die Pferdekraftstunde etwa 40—45 Gramm gewonnenes Feinmetall.

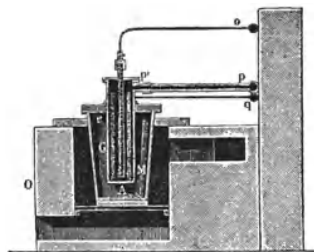


Fig. 430. Zersetzungsapparat für Magnesiumgewinnung.

Die Aluminiumgewinnung. Von allen elektrometallurgischen Verfahren für Gewinnung von Metallen hat in neuester Zeit keines ein solches Aufsehen erregt und solche Bedeutung erlangt als die elektrische Gewinnung des Aluminiums, durch welches die Erzeugung dieses wertvollen Stoffes in großem Maßstabe und zu Preisen ermöglicht wurde, welche gegen die früheren ganz bedeutend nach unten abwichen. Dadurch wurde dieses Metall, welches eine Anzahl vortrefflicher Eigenschaften in sich vereinigt, fast mit einem Schlage aus einer Seltenheit, bei welcher nur eine ganz beschränkte Verwendung ermöglicht blieb, zu einem Nutzmetall, das in wenigen Jahren schon eine ausgebreitete Anwendung in der Technik gewonnen hat und voraussichtlich noch weit größere Verwendungsgebiete in der Zukunft finden wird. Sind auch im Anfang hier übertriebene Hoffnungen laut geworden, in welchen das Eisen und Kupfer schon gänzlich durch das Aluminium verdrängt erschienen, Hoffnungen, welche aus verschiedenen Gründen wohl nie erfüllt werden, so bleibt dem Aluminium auch in dem durch ein richtiges Verständnis verengten Verwendungsgebiete noch ein weiter Spielraum für seine Benutzung, und es steht zu erwarten, daß das neue Metall vielfach mit Nutzen andre Metalle ersetzen wird.

Das Aluminium ist uns seit dem Jahre 1827 bekannt, zu welcher Zeit es Wöhler entdeckte, es damals aber noch nicht als zusammenhängende Masse, sondern nur als graues Pulver darstellen konnte. Er gewann das Metall durch Einwirkung von Kalium auf Chloraluminium, also auf rein chemischem Wege, und dieses Herstellungsverfahren blieb in abgeänderter Form lange das einzige, durch welches Aluminium gewonnen werden konnte. In den vierziger Jahren befaßte sich der französische Chemiker Deville mit der Reinigung des Aluminiums, wobei er später in kaiserlicher Weise von Kaiser Napoleon III. unterstützt wurde. Es entstanden durch Devilles Bemühungen dann in Frankreich zwei Aluminiumfabriken, welche Jahrzehnte hindurch das Monopol der Aluminiumdarstellung hatten, da bei dem hohen Preise des Metalls, von welchem 1856 das Kilo 1200, später allerdings nur 300 Frank und weniger kostete, eine ausgedehnte Verwendung desselben und somit eine lohnende Fabrikation unmöglich war.

Die Chemiker mühten sich ab, verbesserte Methoden zur Herstellung des Metalls aufzufinden, und insbesondere waren es Castner, Netto u. a., welche in dieser Richtung Erfolge hatten. Aber alle diese Erfolge ließ die Elektrizität verschwinden, als sie in diese Fabrikation eintrat und den Preis des Aluminiums in wenigen Jahren auf 5 Mark für das Kilo herabbrachte, indem sie die Gewinnung des Metalls durch elektrochemische Wirkungen einführte.

Die Anwendung des Stromes zur Erzeugung des Metalles wurde schon bald nach der Erfindung der Dynamomaschine versucht, aber es verging doch noch ein Jahrzehnt, bis sie in das Stadium praktischer Verwendbarkeit trat. Längere Zeit trug man sich mit der Hoffnung, das Metall durch Elektrolyse aus wässrigen oder kaltflüssigen Lösungen gewinnen und mittels galvanotechnischer Verfahren auf andre Metalle niederschlagen zu können, allein trotz aller Anstrengungen hat man in dieser Richtung noch keine Erfolge zu erringen vermocht, und die zahlreichen Rezepte zur Herstellung von Aluminiumniederschlägen haben sich bis jetzt als wertlos erwiesen, da sich das Aluminium bei der Elektrolyse nicht als Metall abscheidet, sondern sofort beim Freiwerden aus wässrigen Lösungen oxydiert und als Thonerde niedergeschlagen wird.

Weit glücklicher war man aber, als man die Elektrolyse von geschmolzenen Aluminiumverbindungen unternahm, aus welchen man in gleicher Weise wie oben für die Magnesiumgewinnung das Metall in reinem Zustande erhalten kann. Nach diesem Verfahren hat die Hemelinger Fabrik früher Aluminium hergestellt, vor einigen Jahren aber die Fabrikation aufgeben müssen, da mittlerweile andre Verfahren gefunden waren, welche eine billigere Erzeugung des Metalls ermöglichen. Die Erfinder dieser neuen Verfahren sind zwei Amerikaner, die Gebrüder Cowles, aus deren Erfindungen sich dann weitere verbesserte Verfahren entwickelt haben.

Die Gebrüder Cowles benutzten den Strom nicht zur Zerlegung der Aluminiumverbindungen, sondern zur Erhitzung eines Gemisches solcher Verbindungen mit Kohle auf

einen Temperaturgrad, bei welchem die Kohle oxydierend auf Thonerde wirkt und das Metall abscheidet.

Ihr Verfahren besteht darin, daß sie eine Mischung von Thonerde, Kupferkörnern und Kohle durch den Lichtbogen erhitzen. Die außerordentliche Temperatur, welche der Flammenbogen erzeugt, reicht hin, um die Desoxydation des Aluminiumoxyds durch die Kohle zu bewirken, und das frei werdende Aluminium verschmilzt mit dem ebenfalls flüssig gewordenen Kupfer zu einer Legierung, zu der sogenannten Aluminiumbronze. Der elektrische Ofen, in welchem dieser Prozeß vor sich geht, ist in Fig. 431 abgebildet. Ein flacher Herd aus feuerfestem Material dient als Reduktionsraum. Seitlich führen zwei geneigte Röhren in denselben, durch welche die starken Kohlenstäbe eingeschoben werden. Die Spitzen dieser beiden Stäbe treten nicht so weit zusammen, daß zwischen ihnen selbst ein Flammenbogen entsteht, vielmehr wird zwischen ihnen ein Stromweg durch schlechtleitendes Material hergestellt, in welchem die Wärmekonzentration stattfindet. Zu diesem Zweck wird die Sohle des Ofens mit Holzkohle bedeckt und auf diese Unterlage werden die Spitzen der Kohlenelektroden, die aus sieben bis neun parallel gelegten Kohlenstäben von je 65 Millimeter Durchmesser zusammengesetzt sind, aufgesetzt. Der Herd wird dann mit

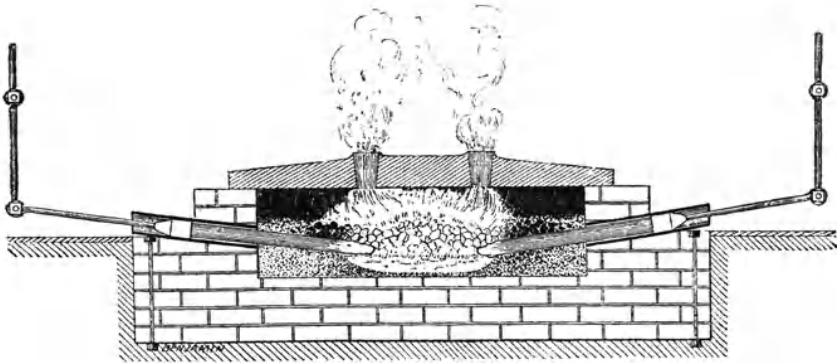


Fig. 431. Der Cowles-Ofen zur Gewinnung von Aluminiumbronze.

einem Gemisch von Thonerde, Kupferkörnern und Holzkohle gefüllt und darauf durch einen gußeisernen Deckel geschlossen, welcher für die entstehenden Gase eine Abzugsöffnung hat. Nun läßt man den Strom einwirken, der das Gemisch erhitzt und die Thonerde zur Reduktion bringt. Die in einem solchen Ofen angewendete Stromstärke steigt bis auf 5000 Ampère und wird durch eine 600 pferdige Dynamomaschine hervorgebracht. Nach ein bis zwei Stunden ist die Reduktion beendet, und man läßt das geschmolzene Metall durch eine Abstichöffnung ab. Mittlerweile ist ein neuer Ofen fertig gemacht worden, der nunmehr eingeschaltet wird, während man den ersteren sich abkühlen läßt, worauf er dann geleert und aufs neue beschickt wird. Auf diese Weise werden die Öfen, deren Anlage unsere Fig. 432 zeigt, der Reihe nach in Betrieb genommen, so daß die Fabrikation ununterbrochen weitergeht.

Mit Dampfbetrieb wird die Erzeugung des Stromes ziemlich teuer; die amerikanische Gesellschaft, welche das Verfahren anwendet, die „Cowles Electric Smelting & Aluminium Company“, hat deswegen in Lockport (New York) eine bedeutende Wasserkraft erworben, welche die Betriebskraft für die Erzeugung des Stromes liefert.

Neben der Erzeugung von Aluminiumbronze dient das gleiche Verfahren auch für die Herstellung einer Aluminiumeisenlegierung, des Ferroaluminiums, das als Zusatz beim Eisenguß Anwendung findet und die Gußfähigkeit des geschmolzenen Eisens erhöht.

Die erwähnte Fabrik in Lockport kann täglich etwa eine Tonne Kupfer- oder Eisenaluminium mit einem Aluminiumgehalt von etwa 15 Prozent erzeugen. Die hergestellte Aluminiumbronze enthält zuviel Aluminium, da man in der Technik hauptsächlich nur bis

zehnprozentige Aluminiumbronzen anwendet, und wird deshalb mit den entsprechenden Mengen Kupfer auf den geringeren Aluminiumgehalt verschmolzen.

Was die Eigenschaften der Aluminiumbronzen angeht, so zeichnen sich dieselben durch ihre Festigkeit, Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe aus. Die zehnprozentige Bronze übertrifft an Festigkeit dem Gußstahl, und selbst die Bronzen mit geringerem Aluminiumgehalt kommen darin den Gußstahl nahe und übertreffen alle andern Bronzen und Legierungen, wie die Phosphorbronze, das Deltametall und ähnliche in neuerer Zeit zur Verwendung gekommenen Metalllegierungen. In der Bearbeitung unterscheiden sie sich wenig von andern Bronzen, lassen sich wie diese gießen, mit Werkzeugen bearbeiten, löten u. s. w. Ihre Farbe ist bei den Bronzen mit kleinem Aluminiumgehalt (5 Prozent) schön goldig, bei den höher prozentigen Mischungen wird sie heller. Dem Messing zugefügt, verbessert das Aluminium die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Legierung in bemerkbarer Weise.

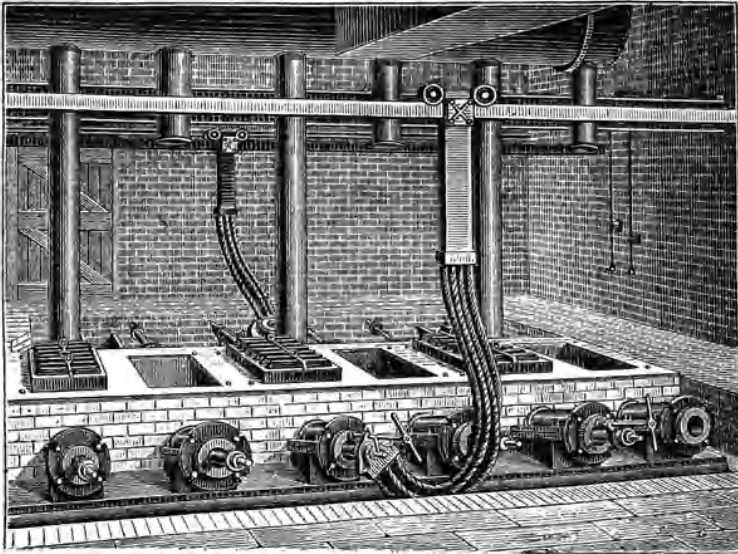


Fig. 432. Ofenanlage nach dem System der Gebr. Cowles.

Wenngleich das Cowles-Verfahren nicht die Gewinnung des Reinaluminiums, sondern nur seiner Legierungen ermöglicht, so ist es doch zweifellos als ein großer Fortschritt auf dem Gebiete der Aluminiumgewinnung zu bezeichnen, weil es zuerst die Gewinnung dieses Metalles in großem Maßstabe und mit Hilfe des Stromes in praktischer Weise ermöglichte.

Auch theoretisch bietet es insofern Interesse, als bei ihm zuerst in größerem Maßstabe die elektrische Wärmewirkung für metallurgische Verfahren in Anwendung gekommen ist, und zweifellos wird es in der Weiterentwicklung dieses Zweiges der Elektrotechnik noch eine bedeutsame Rolle spielen. Die Chemiker neigen der Ansicht zu, daß Kohle jede Verbindung eines Metalles mit Sauerstoff reduziert, wenn die Einwirkung in der erforderlichen Temperatur stattfindet, und da diese Temperatur bei manchen Metallen sehr hoch sein muß, so bietet sich in der durch den Strom bewirkten Wärmewirkung, welche eine sehr hohe Konzentration zuläßt und dadurch bisher künstlich nicht erreichte Temperaturen zu erzeugen möglich macht, das beste Mittel, um die Bedingungen für jene reduzierende Wirkung der Kohle erzielen zu lassen.

Ein andres Verfahren, das von Héroult erfunden worden ist, wendet die „Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft“ in Neuhausen (Schweiz) an. Hier wird die

Wärmewirkung und die zersetzende Wirkung des Stromes gleichzeitig angewendet, indem der Strom die zu zersetzende Masse in Fluß bringt und erhält und elektrolysiert. Der bei diesem Verfahren angewendete Zersetzungsgarapat ist in Fig. 433 abgebildet. Ein rechteckiger eiserner Kasten A ist mit einer dicken Ausfütterung B aus Kohlenplatten versehen, welche als negative Elektrode dienen und durch eine geeignete Zulcitung mit der Dynamomaschine verbunden sind. Die positive Elektrode besteht aus einem Bündel paralleler Kohlenplatten, welche leitend miteinander verbunden sind; dieselbe wird durch eine geeignete Vorrichtung bis zur benötigten Tiefe in den Schmelzraum eingesenkt. Soll nun mittels dieser Vorrichtung Aluminiumbrunze erzeugt werden, so wird der Boden des Schmelzraums mit Kupferstücken bedeckt und die positive Elektrode so weit gesenkt, bis sie die Kupferschicht berührt. Der starke Strom bringt das Kupfer zum Schmelzen, und es wird nun Thonerde in den Schmelzraum gebracht. Durch eine entsprechende Hebung der positiven Elektrode entsteht ein starker Flammenbogen zwischen dem flüssigen Kupfer und der positiven Elektrode, welcher die Thonerde schmilzt. Im geschmolzenen Zustande leitet die Thonerde den Strom, sie wird also, da sie jetzt das geschmolzene Kupfer bedeckt, vom Strom durchflossen und zersetzt. Das frei werdende Aluminium legiert sich mit dem Kupfer, und der am positiven Pol entstehende Sauerstoff verbrennt die positive Kohlenelektrode unter Bildung von Kohlenoxydgas, welches entweicht. Entsprechend der Verminderung der Masse werden Thonerde und Kupfer nachgefüllt, so daß der Prozeß ununterbrochen weitergeht. Das sich im Schmelzraum sammelnde Metall wird durch das Stichloch D in eine Gießform abgelassen.

Die „Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft“ wendet nun allerdings jetzt einen verbesserten Apparat an. Da es aber hier nur darauf ankommt, das von Héroult erfundene Verfahren in seinen Grundzügen dem Leser darzustellen, überdies die Neuhausener Fabrik die Einzelheiten des von ihr im Betriebe angewendeten Verfahrens geheim hält, so möge die hier gegebene Darstellung genügen. Dieselbe läßt die Hauptsache erkennen und zeigt auch, daß das Héroult-Verfahren, welches durch den derzeitigen Leiter der Neuhausener Fabrik, Dr. Niliiani, verbessert worden ist, mit dem Cowles-Verfahren zwar verwandt ist, sich aber nach anderer Richtung hin wesentlich von demselben unterscheidet. Gemeinsam ist beiden Verfahren die Verwendung der Heizwirkung des Stromes; während Cowles dieselbe aber zur Erzielung der für die reduzierende Wirkung der Kohle nötigen Temperaturen benutzt, wird sie im Héroult-Verfahren zur Schmelzung der zu elektrolysierenden Stoffe verwendet. Die Trennung des Aluminiums vom Sauerstoff erfolgt bei Cowles durch die Wirkung der Kohle, bei Héroult durch den hindurchgehenden Strom in Verbindung mit der reduzierenden Wirkung der Kohle. Cowles' Vorrichtung ist also ein elektrischer Schmelzofen, Héroult's Apparat eine elektrolytische Zersetzungszelle. In konstruktiver Hinsicht ist ein wesentlicher Unterschied vorhanden, und man wird ohne weiteres dem Héroult-Ofen den Vorzug vor der Cowles'schen Vorrichtung geben.

Das Héroult'sche Verfahren wurde von einer für Erzeugung von Aluminium gegründeten Aktiengesellschaft, der „Schweizerischen Metallurgischen Gesellschaft“ aufgenommen, welche die Wasserkraft des Rheines diesem Zwecke nutzbar machen wollte und anfänglich ein andres Verfahren anzuwenden gedachte. Sie beabsichtigte, dem Rheinfall

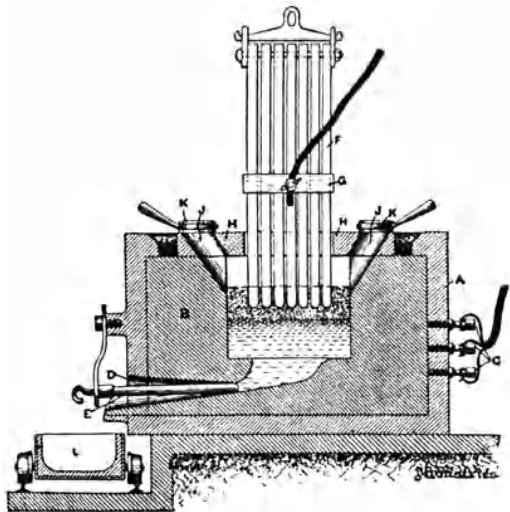
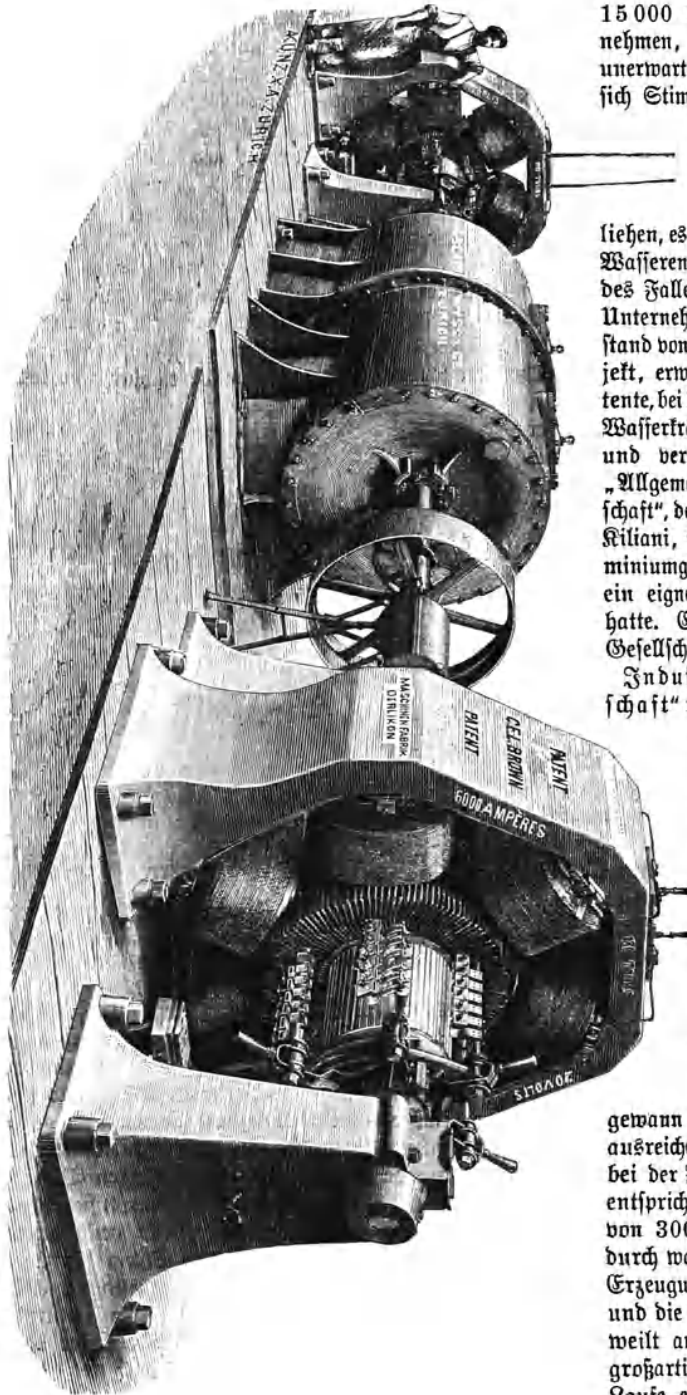


Fig. 433. Zersetzungsvorrichtung zur Gewinnung von Aluminium nach dem Héroult'schen Verfahren.



15 000 Pferbekräfte zu entnehmen, stieß aber auf einen unerwarteten Widerstand, indem sich Stimmen gegen diese Verwendung der Wasserkräfte des Rheinfalles erhoben, welche der Befürchtung Ausdruck liehen, es könne eine solche starke Wasserentnahme die Schönheit des Falles beeinträchtigen. Die Unternehmer nahmen daher Abstand von dem anfänglichen Projekt, erwarben die Héroult-Patente, bei denen sie mit geringeren Wasserkraften arbeiten konnten, und vereinigten sich mit der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“, deren Elektrochemiker, Dr. Kiliari, sich ebenfalls mit Aluminiumgewinnung befaßt und ein eignes Verfahren erfunden hatte. Es wurde nun eine neue Gesellschaft, die „Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft“ mit 10 Millionen Frank Aktienkapital gegründet, in welcher die „Schweizerische Metallurgische Gesellschaft“ aufging und die von ihr erworbene Héroult'sche Erfindung einbrachte.

Die neue Gesellschaft erhielt nun die Konzession, dem Rheinfall sekundlich 20 Kubikmeter Wasser zu entnehmen, und gewann dadurch eine mehr als ausreichende Betriebskraft, denn bei der Fallhöhe von 20 Meter entspricht dies etwa einer Kraft von 3000 Pferbekraften. Dadurch war die Frage der billigen Erzeugung des Stromes gelöst, und die Gesellschaft ging unverweilt an die Einrichtung ihrer großartigen Anlage, welche im Laufe eines Jahres fertig ge-

stellt wurde und Anfang 1890 in Betrieb kam. Die Einrichtung enthält zwei Teile, welche einerseits die Maschinen zur Erzeugung des Stromes und andererseits die „Perseker“, welche wir oben beschrieben haben, darstellen.

Die Maschinenanlage besteht aus der älteren Anlage, welche im August 1888 von der Vorgängerin der jetzigen Gesellschaft, der „Schweizerischen Metallurgischen Gesellschaft“, in Betrieb genommen wurde, und der neuen im Jahre 1889 begonnenen Einrichtung. Die erstere Anlage umfaßte zwei Dynamomaschinen mit zugehöriger unmittelbar gekuppelter Horizontalturbine, welche in Fig. 434 abgebildet sind. Die Dynamomaschinen sind sechspolige Maschinen, welche nach dem System Brown von der Maschinenfabrik „Derlikon“ gebaut sind. Dieselben geben bei 180 Umläufen in der Minute 6000 Ampère bei 15 bis 20 Volt.

Bei der Projektierung der neuen Anlage war man darauf bedacht, den vorhandenen Raum thunlichst auszunutzen, und beschloß deswegen, Vertikalturbinen — Reaktionsturbinen nach dem System Jonval — anzuwenden und die Maschinen über dieselben zu

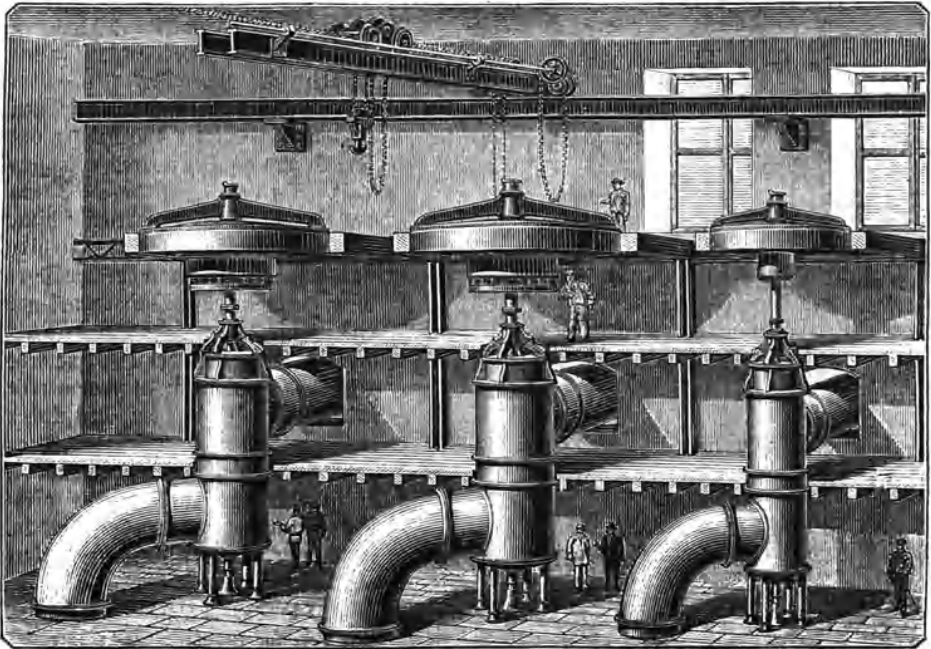


Fig. 435. Maschinenanlage zur Erzeugung des Stromes in der Aluminiumfabrik am Rheinfall.

setzen, indem man dem unmittelbar auf die Turbinenwelle gesetzten Anker eine horizontale Lage gab, eine Anordnung, welche wir bei den bisher von uns beschriebenen Dynamomaschinen noch nicht kennen gelernt haben und welche nur sehr selten, bei Maschinen von der Größe der „Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft“ aber noch nie zur Anwendung gekommen ist. Die durch diese Anordnung erzielte Raumersparnis ist eine ganz beträchtliche, denn die neue Anlage nimmt für ihre 1500 Pferdekkräfte nicht mehr Länge in Anspruch als die alte, welche nur 300 Pferdekkräfte leistete.

Unsre Fig. 435 läßt die in der neuen Maschinenanlage geschaffene Anordnung erkennen. Im Souterrain ist der Abflusskanal mit den einmündenden Saugröhren, darüber stehen im Parterre die Turbinen mit den Regulatoren und im ersten Stock die Dynamos. Über bezw. auf den Dynamos führt eine Galerie durch den Maschinenraum. Die Turbinenanlage, welche zwei Turbinen für je 600 Pferdekkräfte und eine für 300 Pferdekkräfte umfaßt, ist von der Aktiengesellschaft „Escher, Wyß & Co.“ in Zürich ausgeführt worden, welche auch die Turbine der älteren Anlage geliefert hatte. Das Wasser wird den Turbinen durch eine Rohrleitung aus Eisenblech zugeführt, die 2,5 Meter Durchmesser

hat. Diese Weite reicht aus, um den drei Turbinen die benötigte Wassermenge von 10 Kubikmeter in der Sekunde zuzuführen, welche vorerst dem Rheine entnommen werden, so daß der Gesellschaft noch eine gleiche Wasserkraft von 1500 Pferdekraften zur Verfügung steht. Aus dem Zuführungsrohr zweigen die Zuleitungen zu den einzelnen Turbinen ab und in diese Zuleitungen sind Drosselklappen eingeschaltet, welche mit Regulatoren in Verbindung stehen und dadurch die Umdrehungszahl der Turbine bei wechselnder Belastung konstant erhalten: diese Umdrehungszahlen betragen bei den großen Tur-

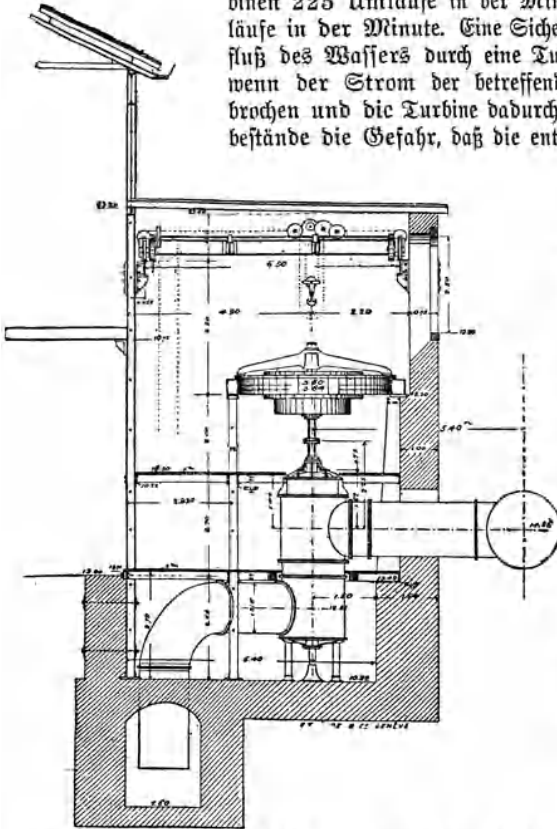


Fig. 436. Turbine mit Dynamo in der Aluminiumfabrik am Rheinfall.

binen 225 Umläufe in der Minute und bei der kleineren 350 Umläufe in der Minute. Eine Sicherheitsvorrichtung gestattet, den Durchfluß des Wassers durch eine Turbine fast augenblicklich zu hemmen, wenn der Strom der betreffenden Dynamomaschine plötzlich unterbrochen und die Turbine dadurch entlastet wird; ohne diese Einrichtung bestände die Gefahr, daß die entlastete Turbine „durchgehen“ und die gesteigerte Umlaufgeschwindigkeit den Kollektor auseinander fliegen lassen könnte. In unserer Fig. 436 geben wir eine Vertikalansicht einer solchen Turbine, welche die Anordnung des Druck- und des Saugrohrs erkennen läßt. Da der sich aus dem Gewicht des Induktors der Dynamomaschine, der vertikalen Wellen von Turbine und Dynamo, des Laufrades der Turbine, sowie aus dem Wasserdruck auf das Laufrad ergebende Gesamtdruck auf den Stützspindeln der Turbine sehr groß und die Umlaufzahl zudem eine so erhebliche ist, daß ein Stützlager in einer der bisher bekannten Konstruktionen nicht anwendbar wäre, so ist eine sehr geschickte und wirksame Entlastung angewendet worden, welche in einfacher Weise reguliert werden kann.

Die Dynamomaschinen, welche, wie wir sagten, unmittelbar mit der Welle der Turbine gekuppelt sind und horizontal liegen, sind 24 polige Maschinen. Der riesige Magnetkranz, dessen Abmessungen unsere Fig. 437

erkennen läßt, ist in der Gießerei „Derliron“ in einem Stück gegossen und hat ohne die Kupferwicklung bei einem äußeren Durchmesser von 3600 Millimetern das ansehnliche Gewicht von 12000 Kilo. Der innere Durchmesser, in welchen die Armatur eingeschoben wird, beträgt 2430 Millimeter. Letztere ist nach dem sogenannten Trommeltyp, Patent C. E. V. Brown gebaut und besitzt die Eigentümlichkeit, daß die Drähte nicht außen auf dem Armatureisen aufliegen, sondern in Öffnungen, die sich dicht an der Peripherie des letzteren befinden, gelagert sind. Der Durchmesser des Kollektors beträgt 1800 Millimeter und übertrifft also darin noch denjenigen der auf S. 228 abgebildeten Maschinen des Elektrizitätswerkes „Markgrafenstraße“. Die große Abmessung war durch die außerordentliche Stromstärke von 7000 Ampère bedingt, welche das bis jetzt erreichte Höchstmaß bei Gleichstrommaschinen sein dürfte. Entsprechend der Polzahl schleifen auf dem Kollektor 24 Bürsten, welche den Strom abführen; jede Bürste ist aus fünf Einzelbürsten von 50 Millimeter Breite zusammengesetzt.

Zur Entnahme des Wassers aus dem Rhein ist oberhalb des Falles eine schräg in

den Fluß führende Mauer gebaut, welche das Wasser in den Zuführungskanal leitet. Durch diesen wird es dann weiter in die Rohrleitung übergeführt und gelangt dann in die Turbinen, aus denen es durch einen Ableitungskanal dem Rhein unterhalb des Falles wieder zugeführt wird. Unser Rärtchen (Fig. 438) zeigt diese Anlage auf dem rechten Flußufer und läßt erkennen, daß dem Fall nur ein kleiner Teil seines Wassers fortgenommen wird, welcher seiner Schönheit nicht schadet.

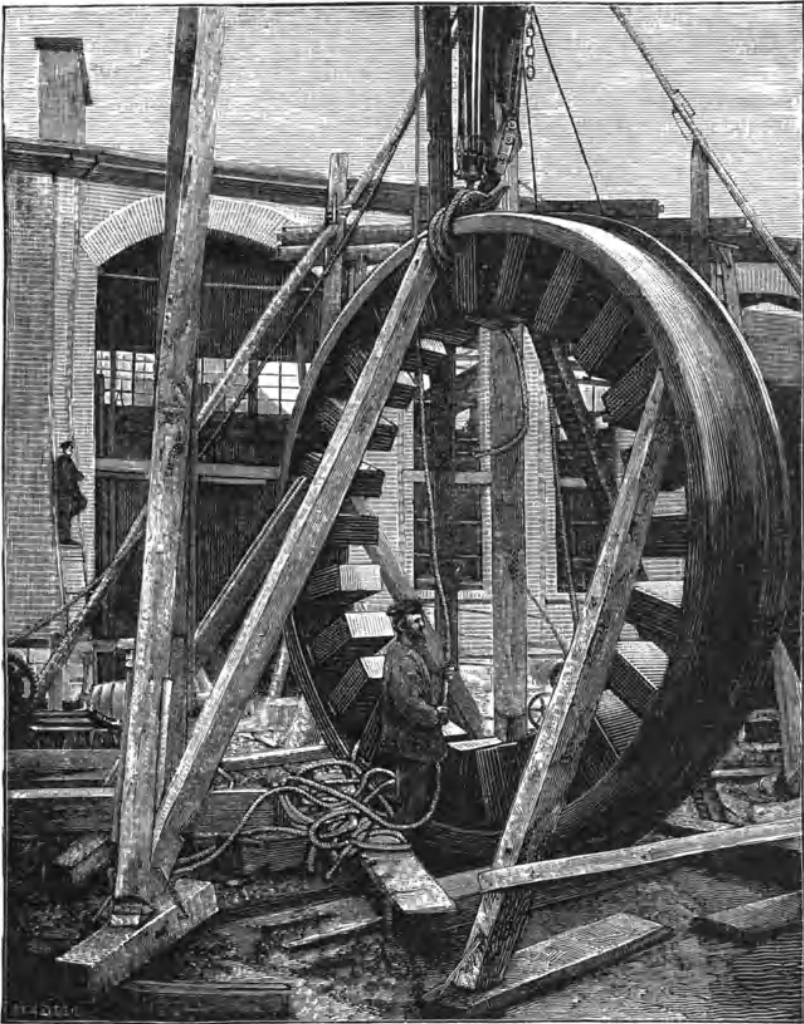


Fig. 437. Magnetron der großen Dynamos der Aluminiumfabrik.

Auf unserm Bildchen des Rheinfalles (Fig. 439) erblickt der Leser die Fabrikanlage, welche auf der linken Seite zwischen dem Fluß und der Straße steht. Der Naturfreund wird freilich ein gewisses Bedauern nicht unterdrücken können, daß der stattliche Fall durch diese Nachbarschaft von prosaischen Fabrikgebäuden in seinem Reiz beeinträchtigt wird. Aber bei den vielen Wohlthaten, welche die Elektrizität der Menschheit spendet, kann man billigerweise auch einmal einen kleinen Nachteil mit in den Kauf nehmen.

Elektrisches Bleichverfahren. Der französische Chemiker Hermite hat den Strom zur Erzeugung einer Bleichflüssigkeit angewendet, welche er dadurch herstellt, daß er

Strom durch eine Chlormagnesiumlösung leitet. Es bilden sich dann am positiven Pole Verbindungen des entstehenden Sauerstoffes und Chlors, welche eine starke bleichende Wirkung haben. Am negativen Pole entstehen Magnesium und Wasserstoff, von denen das erstere das Wasser zerlegt und Magnesiumoxyd bildet. Wird diese Flüssigkeit nun mit der zu bleichenden Faser zusammengebracht, so wird die letztere durch die Oxy-Chlorverbindung oxydiert, das Chlor wird frei und verbindet sich mit dem freigewordenen Wasserstoff zu Salzsäure, welche mit dem Magnesiumoxyd wieder Chlormagnesium, die Ausgangsverbindung, bildet. Ob diese von Hermite gegebene Erklärung richtig ist, darf in Frage gestellt werden, da die elektrochemischen Vorgänge sich zumeist nicht in den einfachen Formen abspielen, wie sie der Chemiker mit seinen Zeichen auszudrücken pflegt. Aber gleichviel, wie es zugeht, das elektrolysierte Chlormagnesium bleicht, und dies ist für die Anwendung zunächst die Hauptsache.

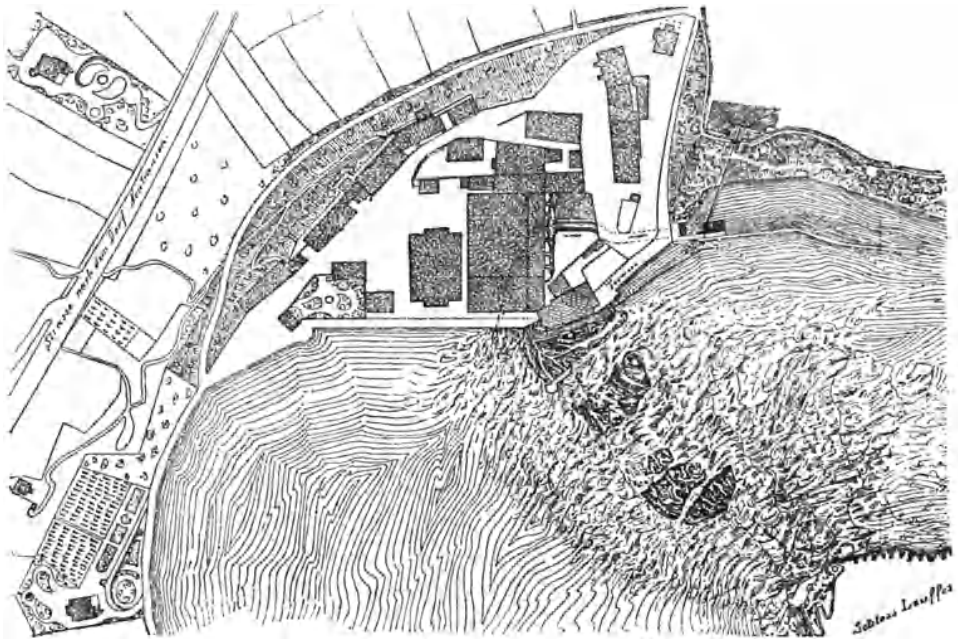


Fig. 438. Situationsplan des Rheinfalls und der Bauten der Aluminiumfabrik.

Hermite hat sein Verfahren in größerem Maßstabe in der Papierfabrik von Evans & Owen bei Cardiff zur Anwendung gebracht und eine größere Anlage hierfür erbauen lassen, welche bei einem Aufwand von 300 Pferdekraften ebensoviel leisten soll, wie 2000 Kilo Bleichpulver in 24 Stunden. Diese Anlage, welche unsere Fig. 440 darstellt, besteht aus 20 Zerfetzungsapparaten, durch welche die Chloridlösung kreist. Die einzelne Zerfetzungszone (Fig. 441) besteht aus einem Kasten aus verzinktem Eisen, in welchem abwechselnd Platin- und Zinkplatten parallel und mit geringem Abstand voneinander stehen. Die Platinplatten sind unter sich und mit dem positiven Pole der Dynamomaschine, desgleichen die unter sich verbundenen Zinkplatten mit dem negativen Pole verbunden. Die Chloridlösung tritt durch eine am Boden der Zelle mündende Röhre ein, geht zwischen den Platten hindurch und fließt über den Rand des Gefäßes in eine Rinne ab, in welcher sie zu einem Sammelbehälter läuft. Zur weiteren Anreicherung wird sie durch eine Kreiselpumpe in einen Hochbehälter gehoben, aus welchem sie aufs neue durch die Zerfetzungszone fließt. Eine zweite Pumpe schafft sie dann zu den Bleichgefäßen, aus welchen sie zu neuer Elektrolyse dem Sammelbehälter wieder zugeführt wird, wenn ihre Bleichkraft erschöpft ist.

Die Fachwelt ist ohne Nachricht geblieben, wie weit sich das Verfahren technisch und ökonomisch bewährt hat. Vorläufig ist dies auch in dem jetzigen Zustande der ersten Entwicklung der praktischen Elektrochemie weniger von Belang; von Bedeutung ist aber das Verfahren in der Hinsicht, daß in ihm die chemische Wirkung des Stromes wieder in eine neue Richtung gezwungen und damit ein neuer Zweig der praktischen Elektrochemie geschaffen worden ist, an welchem auch neue Sprossungen nicht ausgeblieben sind. Denn es sind schon eine ganze Anzahl von Versuchen gemacht, das Hermitesche Verfahren umzuändern und zu vervollkommen. Es hat also seine auf die Praxis gerichtete Folgen gehabt, und wenn es sich auch für die Gegenwart noch nicht verwendbar erweisen sollte, so wirkt es doch auf die zukünftige Anwendung der Elektrochemie zweifellos in förderndem Sinne ein.

Die elektrische Reinigung von Abwässern. Den Verwaltungen der großen Städte bietet die Abführung der Abwässer aus den Kanalisationsanlagen große Schwierigkeiten, da es nur in seltenen Fällen angeht, diese Wässer ohne weiteres in einen Flußlauf abzulassen.



Fig. 489. Der Rheinfall bei Schaffhausen mit den Anlagen der Aluminiumfabrik.

Die große Menge organischer Stoffe, welche die Abwässer mit sich führen und die sich zumeist in Zersetzung befinden, können den Fluß so sehr verunreinigen, daß er gesundheitsgefährlich wird. Daher wird es nötig, die im Abwasser schwimmenden Stoffe vorerst niederzuschlagen und das Wasser vor seiner Entlassung in den Flußlauf zu reinigen, für welchen Zweck man bisher mechanische oder chemische Mittel angewendet. Diesen älteren Verfahren hat sich neuerdings ein elektrisches zugesellt, die elektrolytische Reinigung von Abwässern, welche W. Webster, ein Engländer, erfunden hat. Wenngleich dieses Verfahren bisher nur in Probeanlagen zur Anwendung gekommen ist, so entbehrt es doch keineswegs der praktischen Bedeutung und ist vielleicht berufen, in späterer Zeit die älteren Verfahren zu ersetzen, so daß wir ein Interesse für dasselbe bei unsern Lesern voraussetzen dürfen.

Bei dem Websterschen Verfahren wird in die zu reinigenden Wässer Strom geleitet, und hierbei entwickelt sich an der positiven Elektrode Sauerstoff und, falls in den Abwässern Chloride enthalten sind, auch Chlor, beides Stoffe, welche desinfizierend wirken.

Webster will aber das Abwasser nicht nur desinfizieren, sondern die schwimmenden Stoffe auch niederzulegen, und zu diesem Zwecke wendet er Elektroden von Eisen an, an denen sich durch die Wirkung des Stromes Eisenoxyd und, im Falle Chlor entsteht, auch nach seiner Meinung Verbindungen zwischen Sauerstoff, Chlor und Eisen bilden. Daß

Eisenoxyd wirkt desinfizierend und fällend auf die schwimmenden organischen Bestandteile, und die Chlorverbindungen werden ebenfalls unter Einwirkung auf die organischen Stoffe

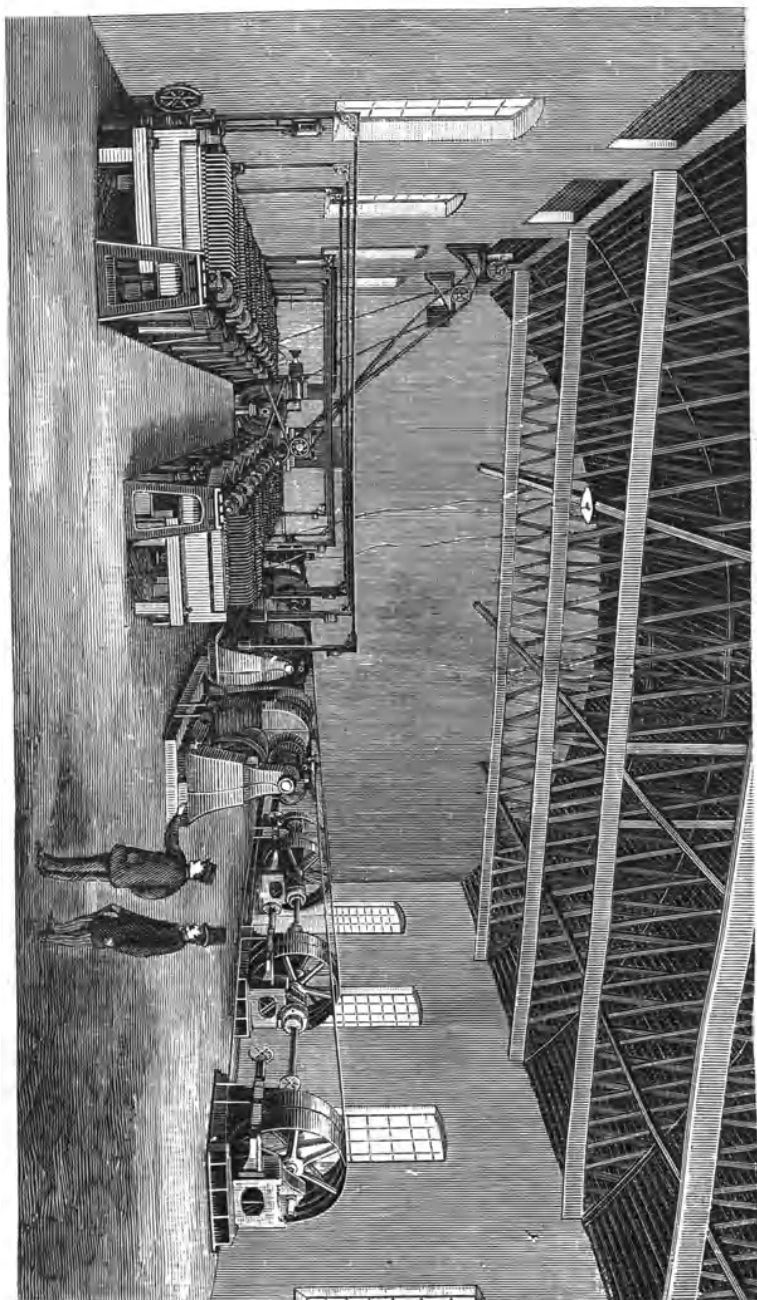


Fig. 440. Vorlage zur Erzeugung der Gleichförmigkeit nach dem Germetischen Verfahren.

entchlort. Da nun die meisten Abwässer Chloride enthalten und schon minzige Mengen Chlor für die Desinfizierung genügen, so ist zu erwarten, daß der elektrische Strom thatsächlich eine desinfizierende Wirkung ausüben muß, und die Webster'schen Versuche

haben ergeben, daß die Schmutzwasser durch den Strom rasch desinfiziert und gereinigt werden können.

Zur Anwendung seines Verfahrens läßt Webster das zu reinigende Wasser durch eine fortlaufende Reihe von Kanälen gehen, in welchen längs der ganzen Laufrinne parallele Eisenplatten stehen, so daß also das Wasser zwischen diesen Platten durchlaufen muß. Diese Platten dienen als die Zersetzungselektroden und sind dementsprechend mit einer Stromquelle verbunden. Unser Bild (Fig. 442), welches die von Webster bei Croßneß beschriebene Versuchsanlage zeigt, wird dem Leser eine Vorstellung der übrigens simplen Einrichtung geben.

Die Behandlung der Wässer selbst gestaltet sich also ziemlich einfach. Das Wasser wird in die Zersetzungskanäle eingelassen, und indem es dieselben durchfließt, erleidet es die Einwirkung des Stromes, welche es von seinen schädlichen Bestandteilen befreit. Vor der Entlassung in den Flußlauf kommt es noch in einen Behälter, in welchem sich die desinfizierenden Stoffe u. absetzen, und wird gegebenenfalls noch durch einen Filter geschickt, um dann als unschädlicher Stoff in den Fluß überzugehen. Über die Anwendbarkeit des Webster'schen Verfahrens, dessen Wirksamkeit neuerdings auch von Fachmännern bestätigt wird, entscheiden in erster Reihe die Betriebskosten, die von örtlichen Bedingungen

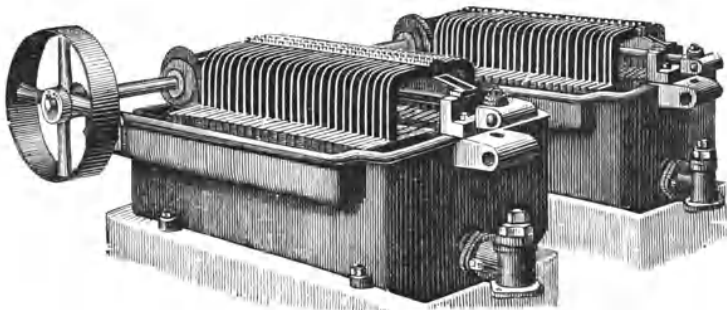


Fig. 441. Zersetzer für Hermite's Bleichverfahren.

abhängig sind. Wo Eisen und Kohle billig sind, sagen wir z. B. in Westfalen, wird sich die Reinigung verhältnismäßig billig, wahrscheinlich billiger als andre Reinigungsverfahren stellen, und ähnlich liegt die Sache, wo eine genügende Wasserkraft für die Stromerzeugung zur Verfügung steht. Die Kosten der Anlage berechnet Webster für eine Mittelstadt mit einem täglichen Abfluß von 4500 000 Liter Abwasser auf 120—140 000 Mark, in welche Summe die Beschaffung der für zehn Jahre berechneten Eisenelektroden eingerechnet ist. Der Kohlenverbrauch soll sich auf 600 Kilo täglich stellen; dazu kämen noch für die Bedienung vier Mann, je zwei für jede Schicht, da der Betrieb Tag und Nacht geführt werden muß.

In etwas anderer Weise als Webster verfährt Hermite, dessen Bleichverfahren wir vorhin kennen gelernt haben; er benutzt wie bei dem Bleichverfahren eine besondere, auf elektrischem Wege hergestellte Desinfektionsflüssigkeit, welche er durch Zersetzung von chloridhaltigem Wasser erzeugt. Da er für den Kubikmeter Abwasser etwa ein Kilo Chloridflüssigkeit braucht, so ist es wesentlich, daß die Lösung thunlichst billig ist, und dies wird z. B. in Hafenstädten der Fall sein, in denen man das Seewasser für die Erzeugung der Desinfektionsflüssigkeit benutzen kann. Auch in manchen Fabrikstädten werden von den Fabriken chloridhaltige Wasser als Abgang erzeugt, welche für den gedachten Zweck verwendet werden können.

Die Elektrolyse nimmt Hermite in einem eignen Zersetzer vor, der im wesentlichen dem bei seinem Bleichverfahren angewendeten Apparate gleicht; durch diesen Zersetzer läßt er die zu elektrolysierende Lösung kreisen, zu welchem Zwecke eine kleine Rotationspumpe mit dem Apparat verbunden ist. Das so behandelte Wasser wird dann in das Abwasser gelassen und desinfiziert daselbe.

Es ist ersichtlich, daß das Hermitesche Verfahren weniger anspruchsvoll in bezug auf Raum ist, da bei ihm nicht die ganze Abwassermenge elektrolysiert, sondern eine konzentrierte Desinfektionslösung hergestellt wird, welche in die Abzugskanäle gelassen wird. Zimmerhin denkt auch Hermite ziemlich beträchtliche Mengen Desinfektionswasser herzustellen, da er gegebenenfalls die Flüssigkeit zum Abwaschen und Desinfizieren der Straßen benutzen will, aus denen sie dann mit noch genügender Desinfektionskraft in die Abzugskanäle laufen soll.

Websters Verfahren hat aber den Vorzug, daß bei ihm die Abwässer sicherer beeinflusst und so lange zurückgehalten werden können, bis sie von den Verunreinigungen entladen sind.

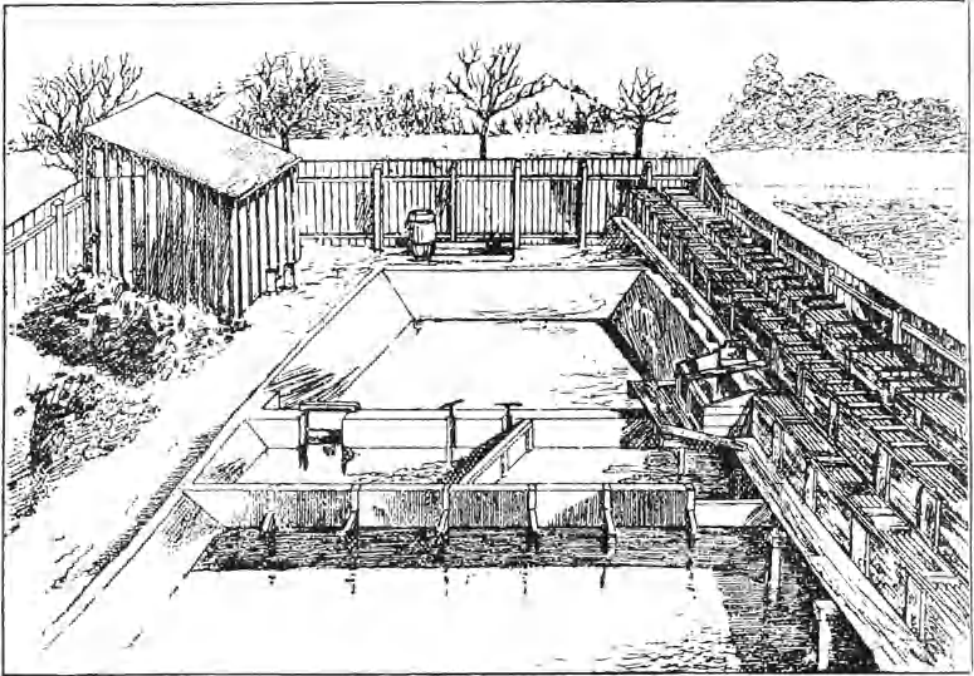


Fig. 442. Anlage zur elektrischen Reinigung von Abwässern nach Websters Verfahren.

Verschiedene Anwendungen des Stromes zur Erzeugung chemischer Produkte.

Ein Amerikaner, Bottome, hat den Strom zur Herstellung von Bleiweiß zu verwenden gesucht. Zu diesem Zwecke bringt er die Bleiplatten in eine Lösung von Natrium- und Ammoniumcarbonat und schickt den Strom durch sie und die Lösung. Die sich abspaltende Kohlensäure verbindet sich im naszierenden Zustande mit dem Blei der Platten zu Bleiweiß, welches sich von der Unterlage ablöst und zu Boden fällt, so daß die Elektroden stets eine metallische Oberfläche behalten. Da nun aber die Flüssigkeit rasch ihren Kohlensäuregehalt verlieren würde, so leitet der Erfinder Kohlensäure in die Flüssigkeit ein, und da sich dieselbe mit der Base sofort wieder zu einem Carbonat verbindet, so bleibt der Gehalt an solchem Salze in der Flüssigkeit konstant. Um die Kohlensäure billig zu erhalten, will der Erfinder die abziehenden Gase eines Kalkofens benutzen, welche, zuvor gewaschen und gekühlt, den Bädern zugeführt werden sollen. Bei diesem Verfahren wäre den Apparaten nur Blei, Kohlensäure und Strom zuzuführen, deren Zusammenwirken das Bleiweiß entstehen läßt. Wie weit dieses Verfahren zur Zeit eine praktische Bedeutung hat, das unterlassen wir, wie in den andern Fällen, wo neue elektrochemische Verfahren in Vorschlag gebracht worden sind, zu erörtern.

Hier haben wir auch die elektrolytische Darstellung von chlorsaurem Kali aus Chlorkalium zu erwähnen. Eine konzentrierte Lösung von diesem Chlorid wird durch den durchgeleiteten Strom in eine solche von chlorsaurem Kali verwandelt, und da das chlorsaure Kali sehr viel weniger löslich in Wasser ist als das Chlorkalium, so kristallisiert sich das entstehende Salz sofort und fällt zu Boden. Auf diesem von Kolbe entdeckten Vorgange gründet sich ein elektrisches Verfahren zur Erzeugung von chlorsaurem Kali, welches von Gall und de Montlaur in ihrer Fabrik in Villers-sur-Hermès (Dise) praktisch zur Anwendung gebracht worden ist und mit einer Pferdekraft ein Kilogramm Chlorat in vierundzwanzig Stunden erzeugen lassen soll. Zur Verwertung desselben in großem Maßstabe ist eine Fabrik in Vallorbes in der Schweiz errichtet worden, welche eine Wasserkraft von 2000 Pferdekraften zur Erzeugung des Stromes verwendet, so daß also die Frage der billigen Stromerzeugung für dieses Unternehmen gelöst erscheint. Die Fabrik ist in den Händen einer Aktiengesellschaft „Société d'Electrochimie“ und erzeugt bereits große Mengen von chlorsaurem Kali in guter Beschaffenheit. Über die Betriebsergebnisse ist bis jetzt noch nichts bekannt geworden. Erweisen sie sich als vorteilhafte, so verliert England gegebenenfalls einen nicht unwichtigen Ausfuhrartikel, denn der erhebliche Bedarf der Sicherheitszündholzfabriken und anderer Industrien an diesem Salze wurde vorzugsweise in England gedeckt, dessen chemische Fabriken bisher das reinste Erzeugnis lieferten. Wir erwähnen dies, um wiederum an einem kleinen Beispiele zu zeigen, wie sich durch die fortschreitende Anwendung der Elektrizität die Produktionsverhältnisse verschoben können und der kleinen Schweiz die reichen Wasserkräfte zu einem wertvollen Nationalbesitz werden.

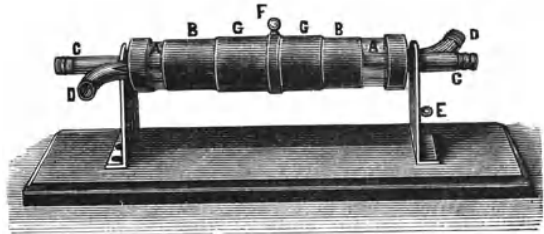


Fig. 443. Dionisator.

Anschließend an das, was wir bei dem elektrischen Bleichverfahren gesagt haben, wollen wir noch erwähnen, daß Keller die elektrolysierte Seesalzlösung zur Erzeugung von Cellulose benutzt hat. Er bringt hierfür den Holzstoff in eine Seesalzlösung und leitet den Strom durch dieselbe. Das Chlornatrium wird dabei zerlegt, es entsteht Natrium und dieses verwandelt den Holzstoff in Cellulose.

Wir haben noch der Anwendung des Stromes in der Färberei zu gedenken, welche Prof. Goppelsröder in Mülhausen i. E. zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht hat. Wenn die Untersuchungen des genannten Gelehrten bis jetzt noch keine praktische Anwendungen gezeigt haben, so lassen sie doch erkennen, daß sich die Farbenchemie in der Zukunft den Strom in ausgedehntem Maße wird zu nütze machen können, da er eine ganze hervorragende Einwirkung auf viele Chromogene gezeigt hat.

Goppelsröder hat zahlreiche Farbstoffe auf ihr Verhalten gegen Stromeinwirkungen untersucht und manche Entdeckung dabei gemacht, welche später Bedeutung für die Praxis gewinnen wird, so die Erzeugung von Anilinschwarz, die Darstellung von Indigoküpen auf elektrochemischem Wege, das Weißfärben von Farben, welche bereits auf Zeug fixiert sind, u. a. m. Wir können diese interessanten Verfahren an dieser Stelle nur kurz erwähnen, weil eine eingehendere Darstellung derselben den Rahmen dieses Buches überschreiten würde, aber wir wollen nicht verfehlen darauf hinzuweisen, daß in den Goppelsröderschen Versuchen eine neue, vielleicht dereinst sehr bedeutende Anwendung des Stromes in Vorbereitung begriffen ist.

Es bleibt uns noch eine Anwendung der Elektrizität für chemische Zwecke zu erwähnen übrig, nämlich zur Erzeugung von Ozon, welches neuerdings in verschiedenen Verwendungen gebraucht wird. Gegen die früheren Anwendungen des Stromes unterscheidet sich diejenige zur Erzeugung des Ozons insofern, als die Ozonisierung für technische Zwecke mittels der Durchleitung des Stromes durch Sauerstoffgas bewirkt wird und daher wegen des außerordentlich hohen Widerstandes der Gase nur sehr hoch gespannte Ströme, wie sie die

Elektrifiziermaschinen und die Funkeninductoren liefern, verwandt werden können. In welcher Weise die Elektrizität bei ihrem Ausgleich durch das Gas auf den Sauerstoff wirkt, ist vorläufig noch ebenso unbekannt wie die Natur des Ozons überhaupt; wir wissen nur, daß in der gedachten Weise Ozon erzeugt werden kann und daß dieser Stoff besondere Eigenschaften besitzt, mit denen er sich von dem gewöhnlichen Sauerstoff unterscheidet, insbesondere daß er andre Körper weit energischer oxydiert als der letztere.

Die Umwandlung von Sauerstoff in Ozon, welche übrigens stets nur zu einem procentualen Teile erzielt werden kann, läßt sich auf zwei Wegen erreichen, nämlich mittels eines durch das Gas geleiteten Funkenstromes oder durch den allmählichen Ausgleich zwischen zwei mit entgegengesetzter Ladung versehenen Leitern. Die ozonisierende Wirkung ist im zweiten Falle eine stärkere und wird deshalb auch neuerdings bei der technischen Anwendung des Ozons vorwiegend benutzt.

Man kann diesen allmählichen Ausgleich, der in gewissem Maße dem kontinuierlich fließenden Strome zu vergleichen ist, entweder dadurch bewirken, daß man die Elektrizität zwischen Spitzen durch den zu ozonisierenden Sauerstoff übergehen läßt oder einen Apparat

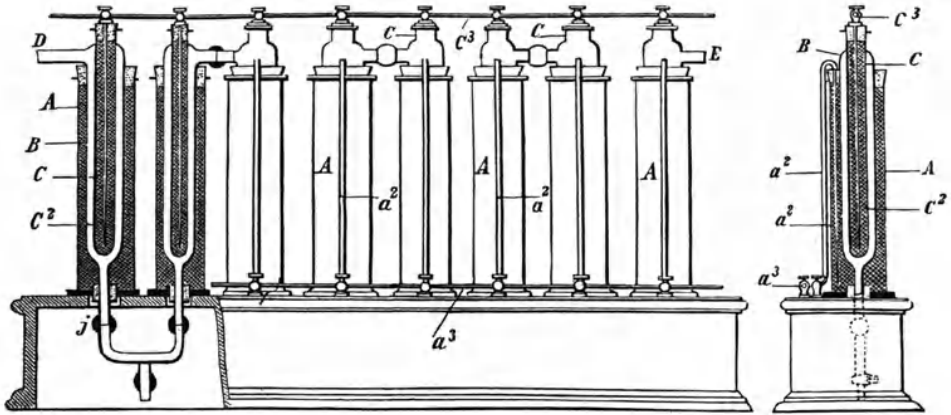


Fig. 444. Ozonifator der Gebrüder Brin.

anwendet, bei welchem die Durchführung der Elektrizität durch Influenzwirkungen erzielt wird und der etwas weiter unten beschrieben ist. Da auch die bekannten Influenzmaschinen durch die Übergänge der in ihnen erzeugten Ladungen die zwischenliegenden Luftschichten stark ozonisieren, so kann man auch eine solche Maschine unmittelbar zur Erzeugung von Ozon benutzen, indem man sie in einen verschlossenen Glaskasten stellt und einen Luftstrom durch denselben mittels eines Ventilators leitet, ein Verfahren, welches gelegentlich zur Desinfizierung der Luft in Krankensälen angewendet worden ist.

In der einfachsten Form besteht der Influenzozonifator aus einer Glasröhre, welche an beiden Enden geschlossen ist und im Innern eine zentral liegende Metallröhre enthält, so daß zwischen der inneren Wandung der Glasröhre und der Metallröhre ein Kanal bleibt, durch welchen der zu ozonisierende Sauerstoff streicht. In den Deckeln, welche die Glasröhre verschließen, sind (Fig. 443) ein Zuführungs- und Abführungsrohr eingesetzt, welche zur Durchleitung des Sauerstoffes dienen. Die Außenseite der Glasröhre ist mit Stanniol belegt, welches mit dem einen Pol eines Funkeninductors (Ruhmkorffschen Apparates) verbunden ist, während die zentrale Metallröhre mit dem andern Pole in Verbindung steht. Durch den Funkeninductor werden nun beide Leiter, die Stanniolbelegung und die zentrale Röhre, mit entgegengesetzten Elektrizitäten geladen, und die Ladungen wechseln, entsprechend der Erzeugung entgegengesetzter Stromstöße durch den Inductor, in rascher Folge. Es hat dies die Folge, daß zwischen den beiden Belegungen ein elektrischer Ausgleich stattfindet, welcher stromartig die zwischenliegende Sauerstoffschicht durchseht und sie ozonifiziert.

Ein größerer derartiger Apparat ist von den Gebrüdern Brin konstruiert worden und hat Verwendung für das künstliche Altern der Branntweine gefunden. Der Apparat, welcher in Fig. 444 abgebildet ist, besteht aus einer Batterie von acht einzelnen Ozonifiatoren, welche von dem Sauerstoff der Reihe nach durchströmt werden. Der einzelne Apparat setzt sich zusammen aus einer weiten Glasröhre, in welche eine engere eingesetzt ist; der Zwischenraum zwischen beiden ist mit Eisenfeilspänen angefüllt. In die engere Röhre ist eine dritte, unten geschlossene Röhre eingesetzt, welche ebenfalls mit Eisenfeilspänen gefüllt ist; es bleibt zwischen dieser und der inneren Wand der mittleren Röhre ein freier Raum, durch welchen der zu ozonifizierende Sauerstoff streicht. Behufs Zuführung des Gases und Verbindung der einzelnen Ozonifiatoren hat jede der mittleren Röhren ein Zu- und Abführungsrohr, welche die einzelnen Apparate in Reihenverbindung miteinander setzt. Die äußeren Eisenfeilschichten sind unter sich und mit dem einen Pol eines Funkeninduktors verbunden, und ebenso stehen die inneren, mit Feilspänen gefüllten Röhren untereinander und mit dem zweiten Pole des Induktors in Verbindung; der Vorgang bei der Einwirkung auf das Gas ist der gleiche wie bei dem früher beschriebenen Apparate.

Was die Verwendung des ozonifizierten Sauerstoffes angeht, so benutzt man ihn derzeit in der Technik in verschiedener Weise, so wie schon erwähnt zum künstlichen Altern der Branntweine, deren ätherische Öle rasch oxydiert werden, ferner zur Entfäulung des Spiritus, zur Erzeugung von Ozonwasser, das, wenn man den Versicherungen der Fabrikanten Glauben schenken darf, ganz großartige desinfizierende und bacillentötende Eigenschaften hat.

Die Telegraphie.

Einleitung. Begriff und Wesen der Telegraphie. Die Anfänge der Verkehrs Telegraphie. Die Telegraphenapparate. Die Adeltelographen. Die Beigertelographen. Steinheils Telegraph. Der Morse-Apparat. Das Relais. Der Klopfer. Die Drucktelographen. Die Kopiertelographen. Die Unterseetelographie. Die Unterseeleitungen. Die transatlantische Verbindung. Die Apparate der Unterseelinien. Schreibtelograph für Unterseekabel. Die Verlegung der Seekabel. Die Messung der Kabel. Telegraphische Verbindung mit fahrenden Bogen. Die Schaltung der Telegraphenapparate. Die Mehrfachtelegraphie.



Die Anwendungen des Stromes, welche wir bis jetzt kennen gelernt haben, charakterisierten sich als Übertragungen und Umwandlungen von Energie in Form von Elektrizität, deren hervorragende Übertragungs- und Verwandlungsfähigkeiten man benutzte, um aus einer Kraftquelle Energie in beliebiger Form zu entnehmen, diese in die universelle Form Elektrizität umzusetzen und mit Hilfe derselben eine andre Energieform an einer andern Stelle zu erzeugen. Da wir im allgemeinen hierbei verhältnismäßig größere Energiemengen zu behandeln haben, so ergab sich auch für die angewendeten Ströme ein größeres Maß Stromstärke, und wir bezeichneten deswegen jenes Gebiet als das der Starkstromtechnik. Die Elektrotechnik umfaßt nun aber noch ein zweites Gebiet, das wir zur Unterscheidung dasjenige der Schwachstromtechnik nennen und welches, wie wir in der Einleitung unsres Buches erwähnten, das ältere der beiden ist und dem erstgenannten um ein Vierteljahrhundert vorangeht. Die beiden Bezeichnungen Starkstrom- und Schwachstromtechnik bedeuten keine wesentlichen Unterscheidungen beider Gebiete, sondern ergeben sich nur aus äußerlichen, aber sehr wohl brauchbaren Kriterien. Denn in der Schwachstromtechnik wird ebenso gut wie in dem andern Gebiete Energie umgewandelt und übertragen, aber während diese Vorgänge bei der Starkstromtechnik als das Wesentliche erscheinen, bedeuten sie für die Schwachstromtechnik ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für den zu erreichenden Zweck, welcher darauf geht, zwei Vorgänge räumlich oder zeitlich oder in beiderlei Weise zu verbinden, und zwar Vorgänge, welche voneinander entfernt sind. Von diesen beiden Vorgängen lassen wir den einen als Ursache, den andern als Wirkung fungieren und werden nun in den Stand gesetzt, zu mancherlei Zwecken in die Ferne, und zwar innerhalb irdischer Grenzen in sehr weite Fernen, zu wirken. Zu welchem Behufe wir diese Wirkung in die Ferne — wir sagen absichtlich nicht Fernwirkung, weil diese Bezeichnung bereits durch einen andern fest umschriebenen physikalischen Begriff besetzt ist — verwenden

können, das werden die nachfolgenden Blätter lehren, und wir werden dort sehen, daß der breiteste Teil von dieser Anwendung durch solche Wirkungen in die Ferne eingenommen wird, welche der Verständigung, dem geistigem Verkehr der Menschheit dient. In dieser Verwendung bezeichnen wir die Benutzung des Stromes als die Telegraphie im weiteren Sinne, welche in mehrere Unterabteilungen zerfällt. Wir unterscheiden zunächst die elektrische Übertragung von Zeichen, denen eine lautliche und begriffliche Bedeutung beigelegt wird, und kommen damit zur Telegraphie im engeren Sinne. Dieselbe umfaßt die Verkehrs Telegraphie, die Haus Telegraphie und die Signal Telegraphie, Gebiete, welche sich zwar nicht scharf gegeneinander abgrenzen lassen, aber immerhin eine getrennte Behandlung ermöglichen. Neben der Zeichenübertragung, der Telegraphie im engeren Sinne, steht die elektrische Lautübertragung, die Telephonie, und diese beiden Gebiete bilden zusammen das allgemeine Gebiet der Telegraphie, d. h. der Verständigung auf elektrischem Wege.

Weiter bleibt uns nun noch aus der Schwachstromtechnik die Elektromechanik übrig, welche wir hier mit einer gewissen Beschränkung einzureihen haben. Elektromechanik umfaßt naturgemäß alle Anwendungen des Stromes, bei denen elektrische Energie in mechanische oder umgekehrt umgewandelt wird, und wir sehen, daß demnach auch die Dynamomaschine und der elektrische Motor zur Elektromechanik gehören. Im engeren Sinne ist Elektromechanik die Verbindung zweier mechanischen Vorgänge mit Hilfe des Stromes, bei welcher nur kleine Energiemengen übertragen werden, wobei mehr die räumliche Verbindung, als die Energieübertragung charakterisierend hervortritt.

Scharfe Abgrenzungen lassen sich auch hier nicht schaffen, was übrigens auch nicht sonderlich nötig ist, da es wenig darauf ankommt, ob wir die eine oder andre Erscheinung auf dem elektrotechnischen Gebiete dieser oder jener Kategorie zuweisen; denn wir würden damit den engen Zusammenhang der einzelnen Gebiete unnützlich- und gewaltsamerweise zerreißen. So läßt sich auch die Elektromechanik, soweit sie für uns an dieser Stelle in Betracht kommt, nicht gänzlich von der Telegraphie trennen und hängt mit ihr namentlich in technischer Beziehung innig zusammen. Ist doch die ganze Telegraphie in technischer Beziehung nur ein Zweig der Elektromechanik, den wir nur nach seinem Zweck, der Verständigung in die Ferne, abgefordert haben.

Die Elektromechanik in dem hier angewendeten engeren Sinne umfaßt zahlreiche kleine Einzelgebiete und über diese hinaus viele Erscheinungen, welche wir nicht in einzelne Gebiete zusammenfassen können; an eine Systematisierung dürfen wir darum hier kaum denken und werden die einzelnen Kapitel, in denen dieser Teil der Elektrotechnik dargestellt werden soll, ohne Zwang aneinander reihen.

Wir begeben uns nun auf das erste der beiden genannten Hauptgebiete der Schwachstromtechnik, zur Telegraphie.

Begriff und Wesen der Telegraphie. Telegraphie im weitesten Sinne ist jede nach unserm Willen erzeugte Wirkung in die Ferne, welche zur Verständigung, zur Übertragung von Nachrichten über größere Entfernungen dient, als sie die physischen Mittel des einzelnen unbewaffneten Menschen, der Fuß und die Geste, überwinden können. Der Brief und die Botschaft gehören daher der Telegraphie nicht an, weil hier keine Wirkung in die Ferne stattfindet. Dagegen stellt die Anwendung des Sprachrohrs, einer Signalfahne schon eine telegraphische Verständigung dar, weil hier eine Waffe, ein Werkzeug für die Vergrößerung der Übertragungsentfernung angewandt wird, und ebenso wird auch eine Kette Menschen, welche eine Nachricht durch Zuruf von einem zum andern überträgt, eine telegraphische Einrichtung bedeuten. Besser erkennen wir das Wesen der Telegraphie noch aus ihrem Zweck, welcher dahin geht, eine Nachricht schneller auf größere Entfernungen zu vermitteln und zu verbreiten, als es durch die Botschaft, durch die geschriebene oder mündlich mitgeteilte, geschehen kann.

Das Bedürfnis einer solchen telegraphischen Verständigung ist uralte und mußte sich naturgemäß aus dem Verkehr der Menschen entwickeln; so sehen wir denn auch die telegraphische Benachrichtigung schon in alten Zeiten angewendet, für welche man damals optische Zeichen, Fackellicht, den weithin sichtbaren Schein von entflammten Holzstöcken,

Fahnen-signale und ähnliche Mittel benutzte. Mit der Erfindung des Pulvers nahm man auch den weithin hörbaren Donner der Kanonen zu Hilfe, der unter anderm auch für die Not-signale der Schiffe angewendet wurde. Das Sprachrohr des Schiffers und des Türmers werden wir ebenfalls als akustische Telegraphie zu betrachten haben. Ebenso gehört die Kirchenglocke, welche den Gläubigen zur Andacht und oft auch zur Erfüllung seiner bürgerlichen Pflichten ruft, hierher. Ein weiteres, sehr einfaches und sehr instruktives Beispiel einer telegraphischen Verbindung bietet uns der Klingelzug, welcher die Fortpflanzung einer mechanischen Wirkung und die Nugbarmachung derselben zur Übertragung von Nachrichten darstellt. „Instruktiv“ nennen wir dieses Beispiel, weil es uns die Fortpflanzung einer Wirkung über einen bestimmten Weg zu einer die Wirkung aufnehmenden und übermittelnden Vorrichtung zeigt, und wir können an dieser primitiven Vorrichtung bereits die charakteristischen Teile der modernen Telegraphie erkennen, welche wir nur aus dem Mechanischen ins Elektrische zu übersetzen haben, um sofort einen rohen, aber recht verwendbaren Begriff von der elektrischen Telegraphie zu erhalten.

Die Anfänge der Verkehrs-telegraphie. Die älteren und gelegentlichen Anwendungen der Telegraphie dürfen wir an dieser Stelle übergehen und können die Entwicklungsgeschichte derselben mit dem Zeitpunkte beginnen lassen, als man Einrichtungen schuf, um beliebige Nachrichten in einem regelmäßigen Betriebe zu übermitteln, und dies geschah gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, als man die erste optische Telegraphenlinie nach dem System Chappe in Betrieb nahm. Aus dieser Einrichtung hat sich das Telegraphenwesen entwickelt, welches freilich erst dann seine Bedeutung für den Verkehr der Menschheit erlangen konnte, als der sehr viel zuverlässigere und leistungsfähigere elektrische Strom diesem Zwecke dienlich gemacht wurde.

Der Chappesche Telegraph bestand, wie dem Leser bekannt sein dürfte, aus verstellbaren Armen, welche an Masten auf hochgelegenen Türmen angebracht waren und von einem Raum im Turm durch Drahtzüge verstellt wurden. Die durch die verschiedenen Stellungen der Arme gebildeten Zeichen wurden an jedem Turme nachgebildet, so daß sie, von Turm zu Turm gehend, von der Ausgangs- zur Endstelle übertragen wurden. Vom Standpunkte der heutigen Errungenschaften wird man auf diese mühselige, kostspielige und vom Wetter stark abhängige Telegraphie mit Geringschätzung herabsehen, aber für damalige Zeiten war ihre Einrichtung ein wesentlicher Fortschritt und für die Entwicklung des Gesamverkehrs bleibt sie als der Ursprung der Telegraphie auch heute noch hochbedeutend. Man darf übrigens die Leistung des Chappeschen Telegraphen nicht unterschätzen, denn er beförderte eine Nachricht in wenigen Stunden vom Rhein bis Berlin, freilich nur bei gutem Wetter. Die Regierungen erkannten auch sehr bald den Wert eines solchen Verkehrsmittels, und Frankreich hatte zum Beginn der dreißiger Jahre über 170 Vermittlungsstellen eingerichtet, welche die Hauptorte des Landes mit Paris verbanden. Der beste Dienst, den aber der optische Telegraph geleistet hat, besteht darin, daß er mittelbar und unmittelbar die Anregung zur Erfindung eines besseren Telegraphen gegeben und dadurch die Anwendung des elektrischen Stromes für diese Einrichtungen veranlaßt hat. Wie die unmittelbare Wirkung sich vollzog, das sei hier in kurzem erzählt. Die Österreicher waren im April 1809 in Bayern eingefallen und hatten den Kurfürsten Max Joseph verjagt. Als bald flog aber die Nachricht von diesem Ereignis durch den Chappeschen Telegraphen nach Paris, und Napoleon zögerte nicht, seinem Verbündeten zu Hilfe zu kommen, so daß vierzehn Tage nach dem Einfall der Österreicher München durch die französischen Truppen eynsetzt und die Österreicher aus Bayern wieder verdrängt waren. Solche rasche Aktionen war man in der damaligen Kriegführung noch nicht gewohnt, und wie sie überraschten, mußten sie notwendig auch die Aufmerksamkeit der Heerführer wie der Staatsmänner auf den Telegraphen lenken. So kam es denn, daß der bayrische Minister Graf Montgelas gegen den Anatom Dr. Thomas von Sömmering, der just bei ihm zu Tische war, den Wunsch aussprach, eine solche Einrichtung, die sich soeben für sein Land so vortrefflich bewährt hatte, zu besitzen, und hierfür die Beihilfe der Akademie erbat. Sömmering faßte den Gedanken auf, und es formte sich als bald in seinem Geiste die Idee, statt der optischen Vermittelung eine solche durch den elektrischen Strom

anzuwenden, ein Gedanke, den er unverweilt praktisch zu gestalten suchte. Schon nach acht Wochen konnte er der Bayerischen Akademie einen Telegraphen vorführen, und dieser Telegraph ist als der erste elektrische Telegraph anzusehen. Das war im Jahre 1809, das wir somit als das Geburtsjahr des elektrischen Telegraphen zu setzen haben, wiewohl dieser erste Telegraph noch weit davon entfernt war, den Bedürfnissen des Verkehrs zu entsprechen.

Sömmering's Telegraph beruhte auf der chemischen Wirkung des Stromes, auf der Zersetzung von Wasser, welche an der Empfangsstelle durch die aufsteigenden Gasbläschen wahrnehmbar wurde. Unter Zuhilfenahme dieser Wirkung hatte er nun einen telegraphischen Apparat von folgender Einrichtung konstruiert. In einem mit angesäuertem Wasser gefüllten flachen Glaskasten (Fig. 445 C) stehen 25 senkrechte Stiften aus dünnem

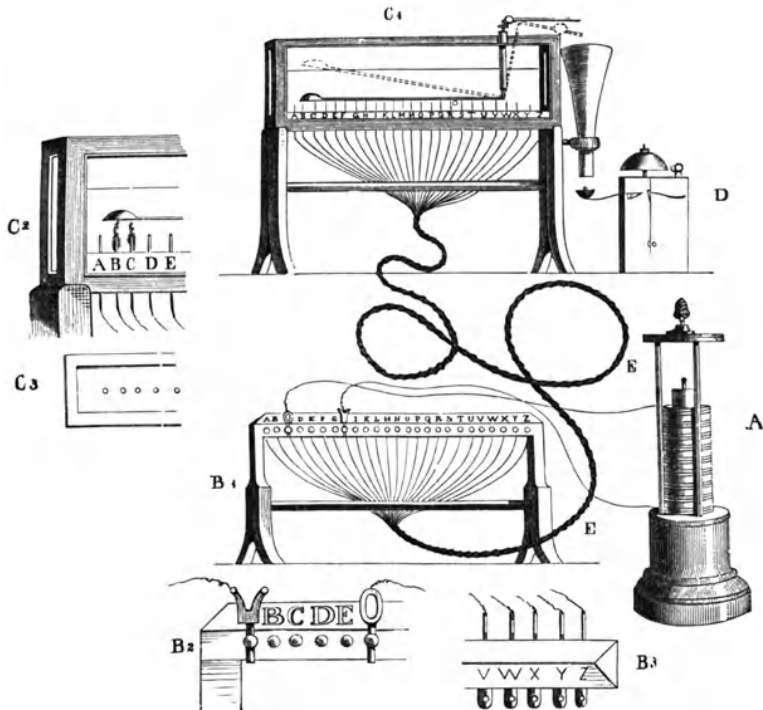


Fig. 445. Sömmering's Telegraphenapparat.

Golddraht. Werden je zwei beliebige Stiften mit den Polen eines Stromerzeugers verbunden, so steigen an ihnen Bläschen von Wasser- und Sauerstoffgas auf, und da die entwickelten Mengen bei beiden Gasen verschieden sind, was leicht wahrgenommen werden kann, so läßt sich bei dieser gleichzeitigen Einschaltung zweier Stifte leicht bezeichnen, welcher als der erste, welcher als der zweite zu gelten hat. Jeder Stift ist mit einem Buchstaben des Alphabets bezeichnet, und durch die wechselnde Verbindung der Stifte mit dem Stromerzeuger kann man Worte zusammensetzen, indem man der Reihe nach je zwei Buchstaben durch die Einschaltung der zugehörigen Stifte hervortreten läßt.

Dieser Apparat war nun durch 24 Drähte mit einem andern Apparat verbunden, welcher die beliebige Einschaltung der Stifte von der entfernten Stelle aus ermöglichte. Zu diesem Zwecke war jeder der 24 Drähte mit je einem der 24 metallenen Stäbchen, welche B₂ und B₃ unsrer Figur auf einer Holzleiste nebeneinander stehend zeigen, verbunden, und diese Stäbchen trugen konische Löcher, in welche man die mit den Polen des Stromerzeugers — einer Volta'schen Säule — verbundenen Stöpsel steckte. Denken wir uns die beiden Apparate in größerer Entfernung voneinander aufgestellt, so sehen wir,

daß man mit Hilfe derselben eine Nachricht übertragen kann, indem man an der Aufgabestelle der Reihe nach die Stöpsel für kurze Zeit in den Buchstaben entsprechende Löcher steckt, was dann zur Folge hat, daß an der Empfangsstelle Gasblasen an den zugehörigen Golddrahtstiften entstehen.

Um die Empfangsstelle darauf aufmerksam zu machen, daß sie angesprochen werden sollte, hatte Sömmering auch einen Anrufapparat konstruiert. Derselbe bestand aus einem zweiarmligen Hebel, dessen längerer Arm im Glasgefäß c lag und am Ende einen umgekehrten Glaslöffel trug. Dieser Löffel lag über den Stiften für die Buchstaben B und C (Fig. 445 C₂). Wollte man nun die Empfangsstelle anrufen, so verband man zunächst die Drähte für B und C mit der Säule, so daß sich also an der Empfangsstelle unter dem Löffel Gasblasen entwickelten, die Höhlung desselben mit Gas füllten und dadurch den Hebelarm hoben. Dadurch neigte sich der außen liegende kürzere Arm, auf welchem leicht gleitend eine Metallkugel saß; diese letztere fiel infolgedessen ab und durch einen Trichter auf den mit der Auslösung des mechanischen Weckers verbundenen Hebel, so daß der Wecker ausgelöst wurde und durch anhaltendes Klingeln den Telegraphisten der Empfangsstation herbeirief.

Der praktische Wert dieser Erfindung war nicht sehr groß, denn die Anwendung von 24 Leitungsdrähten würde die Anlage zu kostspielig gemacht haben. Diesen Übelstand wollte Schweigger dadurch beseitigen, daß er die Anwendung von nur zwei Elektroden mit zwei Drähten anwendete und für die Unterscheidung der Buchstaben eine verschieden bemessene Dauer der Gasentwicklung oder — und dies war ein sehr fruchtbarer Gedanke, wie wir später sehen werden — den Wechsel der Wasserstoffentwicklung von der einen zur andern Spitze und die Kombination solcher Wechsel zu Buchstabenbezeichnungen benutzen wollte. Es sollte beispielsweise bei einer Sekunde Dauer der Wasserstoffentwicklung der erste Buchstabe, bei acht Sekunden der achte Buchstabe bezeichnet sein oder, wenn man den zweiten Vorschlag berücksichtigt, mit einer Wasserstoffentwicklung am linken Stift und einer gleich darauf folgenden am rechten der Buchstabe A, mit einer Entwicklung am rechten Stift und drei unmittelbar darauf folgenden unterschiedenen Entwicklungen am linken der Buchstabe B und so weiter bezeichnet werden, so daß mit solchen Kombinationen bei nur zwei Leitungen alle Buchstaben telegraphiert werden konnten. Wir werden später sehen, daß solche Kombinationszeichen in den Telegraphen von Cooke und Wheatstone und dem von Morse zur allgemeinen Verwendung gekommen sind und bis jetzt in der Telegraphie vorgeherrscht haben.

Aber auch in dieser Vereinfachung gelang es nicht, den Sömmeringschen Telegraphen einzuführen, und noch zwei Jahrzehnte hindurch behauptete der optische Telegraph seine Stellung, bis ihn die verbesserten elektrischen Telegraphen verdrängten. Trotzdem ist Sömmerings Erfindung nicht nutzlos gewesen, denn in ihr nimmt, wie wir gleich sehen werden, die Entwicklung unsres elektrischen Telegraphen ihren Anfang.

Mit Sömmering war der russische Staatsrat Schilling von Cannstadt befreundet, der sich für die Sömmeringsche Erfindung lebhaft interessierte und einen solchen Telegraphen mit nach Rußland nahm, um ihn dem Zar vorzuführen. Die Idee, den elektrischen Strom zur telegraphischen Verständigung zu benutzen, ließ ihn nicht mehr los und beschäftigte ihn zwanzig Jahre hindurch.

Mittlerweile hatte nun Versted die Ablenkung der Magnetnadel, Ampère die elektrodynamischen Wirkungen entdeckt und Schweigger den Multiplikator erfunden, und diese Entdeckungen gaben dem Baron Schilling ein ganz neues Mittel in die Hand, Wirkungen in die Ferne mittels des Stromes für die telegraphische Übermittlung zu erzielen, nämlich die Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom. Auf dieser Erscheinung gründete Schilling seinen Nadeltelegraphen, den er im Anfang der dreißiger Jahre erfunden und im Herbst 1835 auf der Naturforscherversammlung in Bonn vorgezeigt hat.

Der Schillingsche Telegraph bestand aus Magnetnadeln, welche an Seidenfäden aufgehängt waren und sich innerhalb eines Multiplikators, d. h. einer flachen Drahtspule mit vielen Windungen bewegten. Wurde von der Aufgabestelle ein Strom über die Leitung

durch die Windungen des Multiplikators geschickt, so wurde die Nadel je nach der Stromrichtung nach der einen oder andern Seite abgelenkt. Zur Kenntlichmachung der Bewegung der Nadel, war sie mit einem runden Kartonblättchen verbunden, welches bei Ruhestellung der Nadel dem Beobachter die Kante, bei Ablenkung ihm aber je nach der Ablenkungsrichtung die eine oder andre der beiden unterschiedenen Seiten zuehrte.

Solcher Nadeln waren eine bis fünf angebracht und durch die Kombination ihrer Bewegungen konnten nun Buchstaben und Zahlen telegraphiert werden.

Auch Schillings Telegraph gelangte nicht zu praktischer Verwendung, aber er wurde der unmitttelbare Anlaß zu der Einführung der Telegraphie, und dies trug sich folgendermaßen zu. Auf der genannten Naturforscherversammlung hatte der Heidelberger Professor Munde ein großes Interesse an der Erfindung gezeigt und sich ein Exemplar zur Vorführung für seine Hörer mitgenommen. Unter diesen Hörern befand sich nun ein junger Engländer, der über die interessante Vorführung mit einem jungen Landsmann sprach und dieser — er hieß William Fothergill Cooke und hielt sich in Heidelberg auf, um anatomische Wachspräparate anzufertigen — dieser Cooke wurde durch die Mittheilung seines Freundes veranlaßt, in Mundes Vorlesung zu kommen, um sich den räthselhaften Apparat anzusehen. Mit dem praktischen weitblickenden Verständnis, das seine Landsleute auszeichnet, begriff der junge Cooke sofort, daß diese Erfindung eine außerordentliche Bedeutung gewinnen könne, und er beschloß, seine Wachs Kunst aufzugeben, um sich der praktischen Gestaltung und Einführung der Erfindung zu widmen. Das hat Cooke gethan, und da zu jeder Erfindung als wesentlicher, oft als schwerster Teil ihre praktische Verwertung gehört, so ist der thatkräftige Engländer mit zu jenen Männern zu rechnen, denen wir die elektrische Telegraphie verdanken.

Cooke ging nun unverweilt ans Werk und ließ sich teils in Heidelberg, teils in Frankfurt a. M. ein Modell des Schillingschen Telegraphen bauen, wie er ihn bei Munde gesehen, packte ihn ein und reiste nach England. Da er von der Physik nicht viel verstand, so suchte er zunächst einen Anhalt an einem Fachmann zu gewinnen und wandte sich erst an Faraday, später an Wheatstone, der auf seinen Vorschlag einging, mit ihm zusammen die Erfindung auszuarbeiten. Schon wenige Monate später reichten sie ein Gesuch um Schutz ihrer Erfindung beim Patentamt und bald nachher (Ende 1837) die regelrechte Patentanmeldung ihres Fünfnadeltelegraphen ein.

Das ist der englische Zweig des Telegraphengeschlechts; der Stammbaum kennt aber noch einen Deutschen, und diesen wollen wir jetzt besprechen.

Der berühmte Göttinger Professor Gauß hatte 1816 Sömmering in München besucht, und es ist anzunehmen, daß er dort den Sömmeringschen Telegraphen gesehen und die erste Idee einer elektrischen Übertragung von Zeichen gewonnen hat. Als er nun später in den zwanziger Jahren mit Wilhelm Weber seine grundlegenden Arbeiten über die Gesetze des Magnetismus und der Elektrizität ausführte und dabei auch das Spiegelgalvanometer erfand, kamen die beiden Forscher auf die Idee, ihre Arbeitsstätten, das physikalische Laboratorium und die Sternwarte, durch eine Leitung zu verbinden und sich mit Hilfe des Spiegelgalvanometers in verabredeten Zeichen zu verständigen. Dies geschah im Jahre 1833, zu welcher Zeit Professor Weber eine doppelte Drahtleitung über die Häuser der Stadt zog und die beiden Orte wie auch das Magnetische Observatorium dadurch verband. Diese Anlage wurde mehrere Jahre hindurch von den beiden Gelehrten für die gegenseitige Verständigung benutzt, und sie ist als die erste elektrische Telegraphenanlage der Welt anzusehen, da Cooke und Wheatstone erst vier Jahre später mit ihren Anlagen Versuche machten.

Durch Gauß wurde ein anderer Gelehrter und Erfinder angeregt, sich mit der Telegraphie zu beschäftigen, und diese Anregung sollte die schönsten Früchte zeitigen. Karl August Steinheil, damals Professor der Mathematik und Physik an der Universität München, welcher sich bereits durch zahlreiche Erfindungen und wissenschaftliche Arbeiten einen Namen gemacht hatte, kam im Herbst 1835 nach Göttingen, um bei Gauß die Einrichtungen für die magnetischen Messungen kennen zu lernen. Bei diesem Besuche machte ihn Gauß auf die Telegraphie aufmerksam und forderte ihn auf, den Telegraphen, der

in den Händen der beiden Göttinger Professoren, vom technischen Standpunkte aus betrachtet, ziemlich unentwickelt geblieben war, zu verbessern und praktisch zu gestalten, für welches Unternehmen Steinheil der rechte Mann war; denn er verband mit seinem Wissen große mechanische Kenntnisse und Fertigkeiten. Steinheil griff die Sache sofort auf und ging nach seiner Rückkehr unverweilt daran, zweckmäßige Apparate zu konstruieren und zu bauen und die Einrichtungen für eine telegraphische Verständigung fertigzustellen. Nach manchen mißlungenen Versuchen, die Leitungen unterirdisch zu führen, entschloß er sich, die Drähte oberirdisch anzulegen, und errichtete im Frühjahr 1837 vier Verbindungen zwischen dem Akademiegebäude, der Sternwarte, seiner eignen Sternwarte und der physikalischen Werkstätte, wobei er die Drähte theils an Masten, theils an hohen Gebäuden befestigte. Dies war also die zweite Telegraphenanlage, welche einem wirklichen Betriebe diente, und hätten die Arbeiten von Gauß, Weber und Steinheil mehr Verständnis in Deutschland gefunden, so wären wir den Engländern auch mit der ersten Verkehrsanlage zuvorgekommen. Gauß und Weber hatten nämlich bereits 1835 der Direktion der Leipzig-Dresdener Bahn die Einrichtung eines elektrischen Telegraphen für den Dienstbetrieb vorgeschlagen, aber diese lehnte ab, und so kamen uns Cooke und Wheatstone mit der Ausführung des ersten Telegraphen für den praktischen Gebrauch zuvor, da sie am 25. Juli 1837 ihren Fünfnadtelegraphen auf einer etwa 60 Kilometer langen Strecke der Birmingham-Eisenbahn in Betrieb brachten. Dem Ruhme Steinheils thut dies keinen Abbruch, denn abgesehen davon, daß er dem Telegraphen zuerst eine praktische Gestalt gab, hat er noch weitere fundamentale Verbesserungen für denselben gefunden, nämlich die Fixirung der Zeichen und die Erdleitung.

Steinheil mit seinem Verständnis für die praktischen Bedürfnisse erkannte an dem Gaußschen Telegraphen sofort den Mangel, daß bei demselben die Zeichen keine bleibende Wirkung hinterließen und darum ein beträchtliches Maß Aufmerksamkeit und rasche Auffassung seitens des Empfängers voraussetzten; er gestaltete deswegen seinen Telegraphen derart, daß derselbe, wie wir später sehen werden, die anlangenden Zeichen auf einen sich abrollenden Papierstreifen schrieb und deswegen das Ablesen derselben gestattete, welches daher nicht an die sofortige Beobachtung der übermittelten Wirkung gebunden war. Als Steinheils Erfindung ging diese wichtige Verbesserung verloren, um aber an einer andern Stelle des Erdballes mit durchschlagendem Erfolg aufs neue zu entstehen, nämlich in Morfes Telegraph. Dafür bleibt aber Steinheil der unbestrittene Ruhm, der Telegraphie die Erdleitung gegeben zu haben, welche ebenfalls von dem praktischen Scharfblick dieses Gelehrten Zeugnis gibt. Er zuerst und zwar bereits im Jahre 1838 zeigte, daß man sich als Rückleitung für den Strom der Erde bedienen und dadurch den Draht für diese Leitung sparen könne, und, wenn diese Entdeckung auch als wissenschaftliche keine große gewesen ist, so ist sie doch technisch von größter Bedeutung, weil sie einen eminenten wirtschaftlichen Wert hat und Technik und Oonomie untrennbar miteinander verbunden sind.

Wir kommen nun zu dem dritten Zweige unsres Stammbaumes, zum amerikanischen, der aber nur wenig Verwandtschaft mit den beiden europäischen hat.

Im Jahre 1835 fuhr der Maler Samuel Morse von Europa nach seinem Vaterlande, den Vereinigten Staaten, zurück, und auf der Fahrt unterhielt ein Fahrgast, Dr. Jackson, die Gesellschaft mit der Erzählung von elektrischen Versuchen, welche er in Paris gesehen hatte, sprach auch die Meinung aus, daß man den Elektromagneten für die elektrische Telegraphie verwenden könne, und interessierte Morse durch diese Ausführungen in dem Maße, daß dieser sich mit dem Gedanken an eine telegraphische Übertragung zu beschäftigen begann. Die Versuche von Sömmering, Schilling, Gauß und Weber hatten damals schon der Idee einer elektrischen Telegraphie Verbreitung gegeben, und durch Dr. Jackson wurde sie von Europa auf das Paketboot „Sully“ und dort auf Morse übertragen. Durch diesen dünnen Faden hängt der amerikanische Stammbaumzweig mit dem europäischen Geschlecht zusammen. Im übrigen ist anzunehmen, daß Morse seinen Telegraphen aus sich selbst hervorgebracht hat, ohne Kenntniss der in Europa gewonnenen Ergebnisse, denn vor jener Ozeanfahrt hatte er sich mit Physik und Technik nicht befaßt,

und es ist darum nicht wahrscheinlich, daß er die Erfindungen Sömmerings und der andern kannte. Morse kam nach jener Unterhaltung mit Dr. Jackson auf die Idee, die Bewegung eines Ankers, der durch einen Elektromagneten angezogen und losgelassen wird, dazu zu benutzen, um mittels eines am Anker befestigten Bleistiftes Zeichen auf einen Papierstreifen zu schreiben, woraus zu ersehen, daß ihm die Idee in malerischem Gewande nahe. Seine anfänglichen Versuche mißglückten ihm, da seine Kenntnisse in der Physik und Technik noch ziemlich mangelhaft waren, aber endlich konnte er nach zwei Jahren im Herbst 1837 einen Schreibtelegraphen im Betriebe vorführen, bei dessen Herstellung ihn Prof. Gale und die Gebrüder Bail unterstützten hatten. Dieser 1837 vorgesehene Telegraph war aber noch keineswegs der später zu so großer Verbreitung gelangte Morse-Schreiber, den Morse im Jahre 1840 erfand, sondern ein noch ziemlich unvollkommener und noch nicht praktisch verwendbarer Vorgänger, obwohl er bereits wesentliche Teile des später vervollkommenen Apparates enthielt.

Die erste amerikanische Telegraphenlinie wurde von Morse zwischen Washington und Baltimore errichtet und kam 1843 in Betrieb, und von diesem Zeitpunkt ab verbreitete sich der Telegraph rasch über Amerika. Nach Deutschland kam der Morse-Schreiber im Jahre 1848 und wurde zuerst auf der Linie Hamburg—Ruxhaven angewendet.

Mitte der vierziger Jahre tritt der Telegraph aus dem Stadium des Versuches in das der praktischen Verwendung über, und wir sehen, daß sein Entwicklungsgang sich nun auf die Verbreitung und technische Vervollkommnung richtet. Aus dem Laboratorium heraustrgetreten, findet er statt bei dem Erfinder und Forscher im Praktiker seinen Erzieher, der ihn von den Mängeln, welche er bei der Arbeit zeigt, zu befreien sucht. Die große Ausdehnung, die das Telegraphenwesen gewinnt, zieht zahlreiche tüchtige Kräfte für die Beschäftigung mit diesem modernen Verkehrsmittel herbei, und dies bewirkt, daß sich im Telegraphenwesen eine große Summe geistiger Arbeit anhäuft, die für die Vervollkommnung des Telegraphen nutzbar gemacht wird. So sehen wir die Telegraphentechnik sich zu einem ausgedehnten Gebiete entwickeln und den Telegraphen selbst aus seiner unvollkommenen Jugendform in den fünfzig Jahren seiner Wirksamkeit zu der vervollkommenen Form der heutigen Zeit erwachsen.

Als nun durch die grundlegenden Erfindungen und die ersten praktisch betriebenen Unternehmen die Basis für die Telegraphie geschaffen war, traten auch die Mängel dieser ersten Einrichtungen hervor und veranlaßten die Telegraphentechniker zu Verbesserungen und Vervollkommnungen. Wir wollen die hauptsächlichsten Ergebnisse dieser Bestrebungen hier noch kurz erwähnen.

Der Telegraph von Cooke und Wheatstone wie der von Morse geben die Buchstaben in Kombinationszeichen wieder und erfordern deswegen für ihre Benutzung ein nicht unerhebliches Maß Übung bei dem Telegraphisten. Dies gab Anlaß zur Konstruktion von Apparaten, welche entweder den zu übermittelnden Buchstaben in seiner natürlichen Form zeigen oder, um ihn zu fixieren, auf Papier aufdrucken, und es entstanden schon ziemlich früh derartige Apparate, von denen namentlich die Zeigertelegraphen in Deutschland und Frankreich in ausgedehnte Anwendung kamen, während die Typendruckapparate erst durch die Verbesserungen von Hughes gegen Anfang der sechziger Jahre Verbreitung finden konnten.

Die Erfahrungen, zu denen die Störungen in den Leitungen zwar nicht erfreulicher, aber nützlicher Weise verhalfen, veranlaßten die Telegraphentechniker sehr bald, sich mit diesem wichtigen Teile der Telegraphenanlagen eingehend zu beschäftigen, und wir haben S. 118 u. ff. gesehen, wie sich allmählich die Isolatoren entwickelten. Bezüglich der Verlegung der Leitungen hatte man schon bei den ersten Versuchen an unterirdische Leitungen gedacht, mußte aber eine solche Unterbringung der Leitung wegen der damals noch mangelhaften Technik der Herstellung der isolierten Leitungen aufgeben, und ging deswegen allgemein zu oberirdischen Leitungen über. Erst 1847 nahm Siemens den Bau unterirdischer Leitungen wieder auf, wozu ihn das Bekanntwerden der Guttapercha und ihrer Eigenschaften veranlaßte, kam aber damals noch nicht zum Ziele, da die verlegten Leitungen sehr bald untauglich wurden. Immerhin blieb aus diesem fehlgeschlagenen Versuch ein

wertvoller Rest bestehen, die Guttaperchaisolierung, und die Verwendung derselben sollte schon bald nachher eine große Bedeutung erlangen, nämlich in den Unterseekabeln. Bereits 1849 wurde England und Frankreich durch einen einfachen, mit Guttapercha isolierten Draht verbunden, dessen Hülle sich aber schon nach wenigen Stunden durchgeschuert hatte. Das war eine Lehre, die man sich zu nütze machte, indem man zur Einsicht kam, daß die isolierende Hülle noch eine Schutzhülle gegen mechanische Zerstörung brauchte. Infolgedessen ging man aufs neue daran, eine Verbindung zwischen Frankreich und England herzustellen, und fertigte ein Kabel an, in welchem die vier Guttaperchaaadern mit Hanf und verzinktem Eisendraht umhüllt und dadurch gegen äußere mechanische Einwirkungen gesichert wurden. Dieses Kabel kam Herbst 1851 in Betrieb und arbeitet heute noch. Nunmehr entstanden rasch weitere Unterseeverbindungen und schon 1857 wurde durch die Bemühungen von Cyrus W. Field das erste transatlantische Kabel zur Verbindung von England mit den Vereinigten Staaten gelegt, das allerdings nach kurzem Gebrauch untauglich wurde. Aber dieser Mißerfolg schreckte die Unternehmer nicht ab, und es gelang ihnen neun Jahr später, eine dauernde Verbindung zwischen England und Amerika herzustellen. Nunmehr dehnten sich die Seeverbindungen immer weiter aus, und heute bestehen nicht weniger als 1100 Verbindungen mit insgesamt 130 000 Seemeilen Kabellänge. Nachdem die Technik der Seekabel gesichert worden war, griff man auch wieder auf die unterirdischen Leitungen zurück, und es war das Deutsche Reich, welches im Jahre 1877 mit dem Ausbau seines unterirdischen Netzes begann, um seine telegraphischen Verbindungen gegen die Witterungseinflüsse und im Kriege sicherzustellen.

Neben diesen unterseeischen und unterirdischen Linien entstanden auch oberirdische, welche durch ihre Länge und wegen ihrer Führung durch unbewohnte oder unkultivierte Länder in ihrer Ausführung gleiche Schwierigkeiten wie die Legung der Unterseekabel boten und diesen Unternehmungen an die Seite zu stellen sind, so die Verbindung Indiens mit Europa, die transsibirische Linie, die Leitung mitten durch den australischen Kontinent.

Was den weiteren Ausbau der Telegraphentechnik angeht, so haben wir die mechanische Hervollkommnung der Apparate, die steigende Erhöhung der Telegraphiergeschwindigkeit und die Erfindung der gleichzeitigen Benutzung desselben Drahtweges für mehrere Depeschen zu erwähnen, was in der Hauptsache auf den weiteren Blättern seine Darstellung finden wird. An dieser Stelle hatten wir nur zu zeigen, wie es der Menschheit gelungen ist, den Flug des Wortes von den hindernden Banden des Raumes zu befreien und ihm Flügel zu geben, auf denen es mit Gedankenschnelle von einem Ende des Erdballes zum andern fliegt. Über die Bedeutung dieser Errungenschaft haben wir nur ein Wort zu verlieren und das heißt: Der Verkehr unsrer Zeit.

Die Telegraphenapparate.

Bei einer Telegraphenanlage unterscheiden wir vier Hauptteile, den Stromerzeuger, den Apparat, welcher die telegraphische Wirkung in die Ferne eintreten läßt, die Leitung und endlich den Apparat, welcher durch die von ihm empfangene Stromwirkung die telegraphischen Zeichen bewirkt. Zu diesen Apparaten kommen noch Nebenapparate, deren Zweck und Einrichtung wir bei passenden Gelegenheiten beschreiben werden.

Die Stromerzeuger und die Leitungsanlage haben wir schon in früheren Kapiteln erörtert und werden diese Teile nur insoweit noch zu erwähnen haben, als bei ihnen besondere Abänderungen, wie sie die Telegraphie erfordert, auftreten, und im übrigen auf das früher Gesagte verweisen. Dagegen haben wir uns eingehend mit den beiden Apparaten zu beschäftigen, durch welche die telegraphischen Zeichen gesendet und wiedergegeben werden, mit den Hebern oder Sendern und den Empfangsapparaten. Es liegt in der Natur der Sache, daß wir beide Teile bei den einzelnen Typen gemeinsam behandeln, denn Heber und Empfänger bilden ein organisches Ganzes, bei welchem sich mit der Änderung der Konstruktion des Prinzipes des Empfängers auch der Heber ändert,

und, da der letztere in seiner Gestaltung vom ersteren abhängig erscheint, so werden wir die Beschreibung des letzteren derjenigen des Empfängers nachzustellen haben.

Bei den Beschreibungen werden wir wie früher thunlichst dem Gange der Entwicklung der Apparate folgen, obwohl der Zusammenhang zwischen der historischen und logischen Entwicklung bei den Telegraphenapparaten weit weniger hervortritt, als wie z. B. bei den Stromerzeugern.

Die Nadeltelegraphen. Wir beginnen mit den Nadeltelegraphen, nicht nur weil sie in der Entwicklung voranstehen, sondern auch weil sie das Prinzip der elektrischen Telegraphie in einfacher Weise erkennen lassen. Die Erscheinung, auf welcher diese Telegraphen beruhen, ist die von Dersted entdeckte Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom, welche wir in einer einfachen Form mit unsrer Fig. 446 erläutern können. Bei der hier abgebildeten Vorrichtung ist ein Leiter, ein Stück Draht oder ein Blechstreifen derart um die Nadel gelegt, daß er den zugeleiteten Strom in der einen Richtung über die Nadel hinweg und unter ihr in der entgegengesetzten Richtung zurückführt.

Der obere wie der untere Stromteil wirken nun, und zwar beide im gleichen Sinne ablenkend auf die Nadel und suchen sie mit ihrer magnetischen Achse, d. h. der Linie, welche die beiden Pole verbindet, senkrecht zu der Ebene, welche die beiden Schenkel des stromdurchflossenen Bügels bilden, also für unsre Zeichnung die Papierfläche, zu stellen, so daß also der eine Pol der Nadel aus dem Papier zu uns heraus-, der andre unter dasselbe tritt. Stehen die Nadel und auch die Ebene des Drahtbügels im magnetischen Meridian, so strebt der Erdmagnetismus, die abgelenkte Nadel wieder in den Meridian zurückzuführen, und aus diesen beiden Wirkungen, der Ablenkung durch den Strom und dem Erdmagnetismus, erhält die Nadel eine Mittelstellung, in der sie mit ihrer Achse schräg zum magnetischen Meridian steht. Sie wird also von oben gesehen in der Stellung von Fig. 447 a erscheinen. Kehren wir die Stromrichtung in dem Drahtbügel um, so wird die Nadel nach der entgegengesetzten Richtung abgelenkt und erscheint nun in der Stellung Fig. 447 b.

Wir erkennen nun leicht, wie man diesen Vorgang für eine Zeichengebung in die Ferne benutzen kann. Denken wir uns an dem einen Orte eine Batterie und eine Vorrichtung aufgestellt, mit welcher wir nach Belieben den Strom in dem einen oder andern Sinne in einen Stromkreis schicken können, ferner am entferntesten Orte eine Magnetnadel, um welche in gedachter Weise ein Drahtbügel geführt ist, angebracht, und endlich die Stromgebevorrichtung mit dem Drahtbügel durch zwei Leitungen verbunden, so haben wir es in der Hand, von dem absendenden Orte aus Bewegungen der Nadel nach rechts und links am andern Orte zu erzeugen, und wenn wir mit der einen und andern Stellung der Nadel je ein Zeichen verbinden, so können diese beide Zeichen vom sendenden Orte aus nach Belieben dem Empfangsorte übermittelt werden.

Zwei Zeichen reichen aber für die Übermittlung von Nachrichten nicht aus, allein wir kommen unschwer zu einer reicheren Ausdrucksfähigkeit, wenn wir die Nadel mehrere aufeinander folgende Bewegungen nach rechts oder links ausführen lassen und diese Bewegungen nach Sinn und Aufeinanderfolge zu einem bestimmten Zeichen kombinieren. Hierdurch gewinnen wir schon bei einer ganz kleinen Zahl von kombinierten Bewegungen eine Fülle von Zeichen, welche ausreichend sind, alle Buchstaben des Alphabets, die Zahlen und Interpunktionszeichen, wie auch die für den Betrieb erforderlichen Zeichen

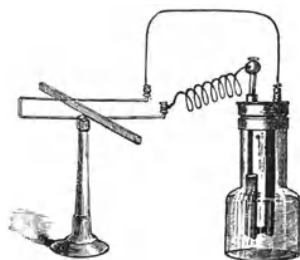


Fig. 446. Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom.

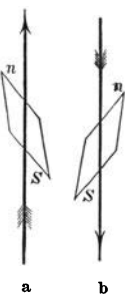


Fig. 447. Änderung der Ablenkung mit Änderung der Stromrichtung.

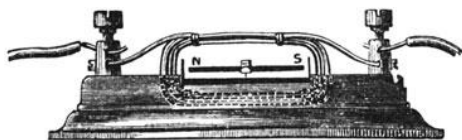


Fig. 448. Multiplikatör.

zu geben. Bezeichnen wir den Ausschlag des einen Poles der Nadel nach rechts mit r, den andern mit l, und lassen wir die Ausschläge in der Reihe erfolgen, wie sie hier hingeschrieben sind, so gewinnen wir mit drei Ausschlägen schon vierzehn Zeichen.

r l
 rr rl lr ll
 rrr; rrl; rlr; lrr; rll; lrl; llr; lll

Bei vier kombinierten Zeichen erhalten wir schon eine genügende Anzahl von Zeichen, um alle Buchstaben ausdrücken zu können, und gewinnen also ein einfaches Mittel, um durch die beiden Ablenkungen der Nadel die Worte unsrer Sprachen ausdrücken zu können.

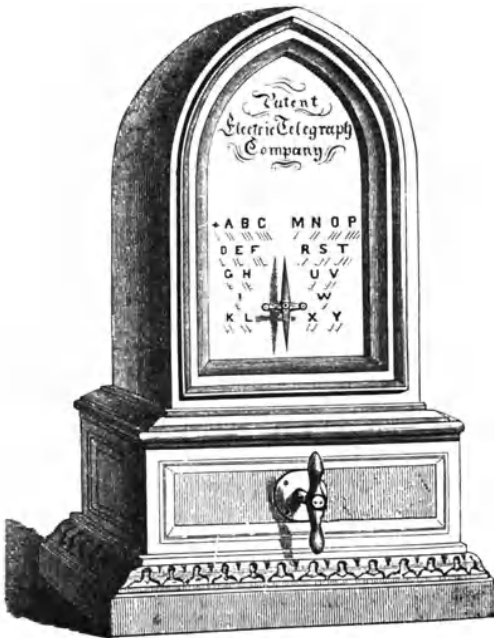


Fig. 449. Nadeltelegraph von Wheatstone und Cooke; Vorderansicht.

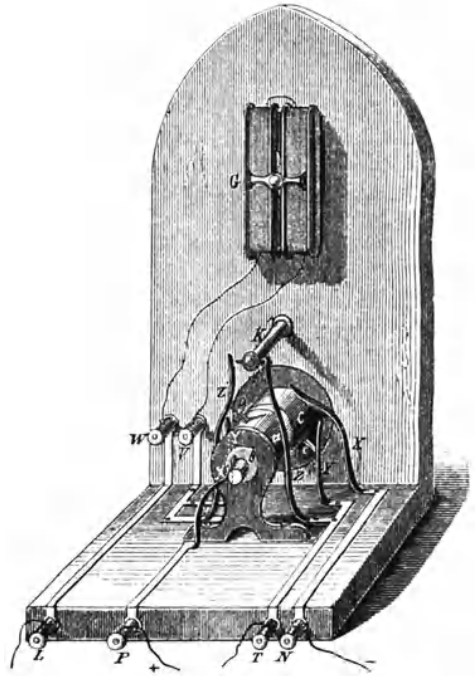


Fig. 450. Innere Einrichtung des Nadeltelegraphen von Wheatstone und Cooke.

Dies wäre das Prinzip des Nadeltelegraphen, welches sich leicht in einen praktischen Telegraphenapparat umsetzen läßt. Bevor wir uns aber der Konstruktion dieser Vorrichtung zuwenden, haben wir noch des „Multiplikators“ zu gedenken, durch welchen die Wirkung des die Nadel umfließenden Stromes verstärkt wird.

Der einfache Drahtbügel, der in unsrer Fig. 446 die Magnetsnadel umgibt, kann nur bei einer entsprechenden Stromstärke deutlich wahrnehmbare Ablenkung der Nadel hervorbringen, und diese Stromstärke würde die Anwendung sehr starker Stromerzeuger bedingen, denn wir haben zu berücksichtigen, daß der bei weitem größte Teil der ausgesendeten Stromenergie in der langen Leitung verloren gehen und nur ein winziger Bruchteil in dem Drahtbügel für die allerdings sehr kleine Arbeit zur Ablenkung der Magnetsnadel benutzt werden würde. Allein wir helfen uns in einer sehr einfachen Weise durch eine Anordnung, die wir Schweigger verdanken. Statt den Draht in einer Windung um die Magnetsnadel zu führen, legen wir ihn in mehreren Windungen um dieselbe (Fig. 448), und da jetzt jede Windung in gleichem Sinne ablenkend auf die Nadel wirkt und ihre Wirkungen sich addieren, so kommen wir bei zwei Windungen schon mit der halben Stromstärke, bei dreien mit einem Drittel, bei hundert mit einem Hundertstel

der Stromstärke wie bei der einfachen Windung aus; diese Verstärkung wächst allerdings nur angenähert in dem hier angegebenen Verhältnis; es kommt uns aber hier nicht auf einen genauen mathematischen Ausdruck, sondern nur auf die Thatsache an, daß die Vermehrung der Windungen eine Verstärkung herbeiführt. Eine solche mit vielen Windungen auf eine Magnetnadel ablenkend wirkende Drahtspule heißen wir einen Multiplikator, und diesen Multiplikator werden wir auch zur Vergrößerung der Stromwirkung und zur Verringerung der aufzuwendenden Stromstärke bei dem Nadeltelegraphen anwenden. Allerdings wird die Vermehrung der Drahtwindungen auch eine Vermehrung des Widerstandes herbeiführen, allein der Gesamtwiderstand der ganzen Leitung wächst dabei sehr viel weniger als die Verstärkung der Wirkung auf die Nadel, und so bedeutet der Multiplikator eine wesentliche Verbesserung unsres in Fig. 446 gegebenen primitiven Apparates.

Nach dem Gesagten ist uns der einfache Apparat von Cooke und Wheatstone leicht verständlich. Unsr Fig. 449 zeigt uns den Apparat in Vorderansicht, während Fig. 450 die Anbringung des Multiplikators sowie den Stromwender erkennen läßt. Die Magnetnadel, die in dem Hohlraume des flachen, mit den Drahtwindungen bedeckten Rahmens schwingt, liegt hier senkrecht, was an den früheren Ausführungen nichts ändert; ihre Achse ist durch die Vorderwand des Gehäuses geführt und trägt hier eine zweite größere Magnetnadel, deren Pole umgekehrt zu der inneren Nadel liegen; die Lage der Spule, welche zwischen beiden Nadeln liegt, wirkt auf diese vordere Nadel im gleichen Sinne, wie der ganze Multiplikator auf die von ihm umschlossene Nadel, so daß also hierdurch noch eine weitere Verstärkung der Wirkung erzielt wird. Die vordere Nadel, deren Bewegung durch zwei auf die Holzplatten gesetzte Elfenbeinstiftchen in ihrer Bewegung begrenzt wird, vermittelt als sichtbare Nadel die übermittelten Zeichen an den Telegraphstiften. Fig. 451 gibt eine Ansicht der Doppelnadel und der Anordnung der Multiplikatorspulen.

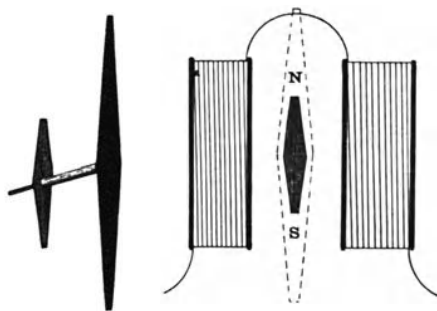


Fig. 451. Doppelnadel und Anordnung der Multiplikatorspulen im Nadeltelegraphen.

Wir wollen nun den Sender betrachten, welcher durch die Drehung des an der Vorderseite des Apparates sichtbaren Handgriffs bethätigt wird. Fragen wir uns vorerst, welche Arbeiten dieser Sender auszuführen hat. Es sollen durch ihn Ströme von der einen wie von der andern Richtung durch den Stromkreis geschickt werden, also soll man durch ihn die beiden Leitungen derart mit dem Stromerzeuger verbinden können, daß Leitung A mit dem positiven und B mit dem negativen Pole oder umgekehrt verbunden sind. In dieser Funktion ist der Sender ein Stromwender, und wir wollen das Prinzip eines solchen Stromwenders hier kurz erläutern.

Es seien vier Klemmschrauben (Fig. 452 u. 453) derart auf eine Grundplatte gesetzt, daß sie die Ecken eines Quadrates bezeichnen. Zwei von ihnen, die mit + und — bezeichnet sind, seien mit dem positiven und negativen Pole eines Stromerzeugers einer galvanischen Batterie verbunden. Die beiden andern Klemmschrauben seien mit den beiden Leitungen A und B in Verbindung. Wenn wir jetzt Klemme (+) mit der oberen Klemme durch einen Draht verbinden und die Klemme (—) mit der unteren, so geht der Strom über A nach der entfernten Stelle und kehrt durch B zurück. Wechseln wir jetzt die Verbindungen und verbinden Klemme (+) mit der unteren, Klemme (—) mit der oberen Klemmschraube, so läuft der Strom in umgekehrter Richtung durch die Leitungen. Nun ist leicht zu sehen, wie man diesen Wechsel der Verbindungen durch eine einfache mechanische Vorrichtung

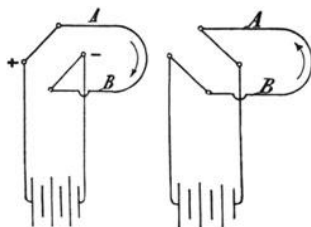


Fig. 452.

Fig. 453.

Prinzip des Stromwenders.

bewirken kann. Zu diesem Zwecke geben wir den vier Klemmenschrauben abgeflachte Köpfe, auf denen die vier Enden zweier gekrümmter Federn (Fig. 454) schleifen. Diese Federn seien auf einer Hartgummiplatte befestigt, welche um einen Dorn, der in der Mitte zwischen den vier Klemmen steht, gedreht werden kann. Sie verbindet, wie wir aus der Figur ersehen, je zwei nebeneinander liegende Klemmen, und wird die Holzscheibe um 90° gedreht, so wechselt die Verbindung der Leitungen mit den Polen, der Strom in denselben wird gewendet.

Der Sender des Nadeltelegraphen hat aber noch eine andre Aufgabe zu erfüllen. Solange er nämlich nicht Strom in die Leitungen schiebt, solange nicht telegraphiert wird, hat er die Verbindung der beiden Leitungen aufrecht zu erhalten, damit der von der

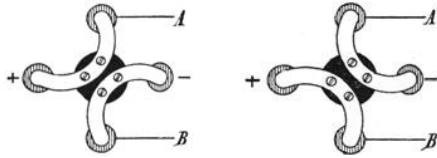


Fig. 454. Stromwender.

andern Stelle hervor kommende Strom seinen ununterbrochenen Stromweg findet. Diesen Zweck erreichen wir durch eine kleine Abänderung unserer in Fig. 454 dargestellten Vorrichtung. Wir befestigen auf einer mittels des Handgriffes drehbaren Holz- oder Hartgummiplatte (Fig. 455) einen Schleifring aus Kupfer, welcher in zwei voneinander isolierte Teile zerschnitten ist.

Die beiden Halbringe sind nicht gleich groß, vielmehr ist der eine etwas größer und reicht etwas über den Halbkreis, so daß er die in der Figur angedeuteten beiden (oben und unten stehenden) Kontaktfedern miteinander verbindet, während der andre nur mit der rechts stehenden Feder in Verbindung ist. Drehen wir nun (Fig. 457) unsre Scheibe im Sinne des Uhrzeigers um ein Stück, so wird der größere Halbring die untere Feder verlassen und verbindet nur noch Feder 1 mit 4, während der kleinere Halbring jetzt 2 und 3 miteinander in Verbindung bringt. Bei einer Drehung nach links (Fig. 456) werden 1 mit 2 und 3 mit 4 verbunden. Sind nun, wie gezeichnet, 2 und 4 mit den Polen einer Batterie verbunden, so sind in der ersten Stellung (Fig. 455) die beiden Federn 1 und 3 unter sich und mit dem positiven Pole der Batterie verbunden;

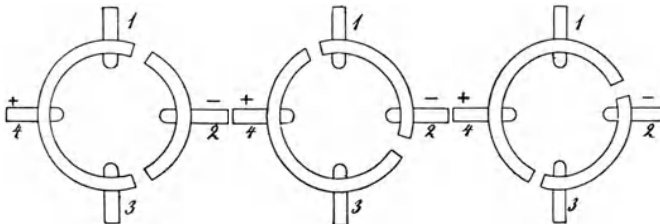


Fig. 455. Stufstellung Fig. 456. Linksstellung Fig. 457. Rechtsstellung
der Sender des Nadeltelegraphen.

dagegen ist der andre Pol isoliert, so daß die Batterie keinen Strom ausschicken kann. In Fig. 457 ist die Verbindung zwischen 1 und 3 aufgehoben, und 1 ist mit dem positiven, 3 mit dem negativen Pole verbunden, während in Fig. 456 diese Verbindung gewechselt erscheint.

Wir verbinden nun Feder 1 und 3 mit den Leitungen und erhalten nun das Leitungsschema (Fig. 458), welches uns erkennen läßt, wie die Stromsendungen von hüten und drüben vor sich gehen. In die Leitung sind die beiden Multiplikatoren derart eingeschaltet, daß sie durch einen durchfließenden Strom in gleichem Sinne abgelenkt werden. Station A hat den Stromwender derart gestellt, daß die Leitung mit dem positiven Pole der Batterie in A verbunden ist, während auf Station B der Umschalter so gestellt ist, wie Fig. 455 es zeigt, daß in B Erde und Leitung verbunden sind. Durch Drehungen des Handgriffes des Umschalters kann nun der Telegraphist in A die Rechts- und Links-

ablenkung der beiden Nadeln erzeugen, und in gleicher Weise vermag auch Station B aus seiner Batterie Ströme nach A zu schicken.

Der in unserer Fig. 450 abgebildete Sender hat eine etwas andre Einrichtung; wir haben aber die einfachere Anordnung hier beschrieben, weil sie die Thätigkeit des Wenders besser erkennen läßt und außerdem in unmittelbarer Beziehung mit dem sofort zu beschreibenden Tastensender steht. Statt eines Wenders mit Drehbewegung kann man nämlich auch einen Sender mit zwei Tasten anwenden, bei welchem durch den Druck auf die eine oder die andre Taste die Nadel nach der einen oder andern Seite hin abgelenkt wird. Ein derartiger

Tastensender ist in Fig. 459 abgebildet. Hier liegen zwei Kontaktschienen Z und C stufenförmig übereinander und sind mit den Polen der Batterie B verbunden. Zwischen ihnen hindurch führen die beiden Tasten U und V, welche mit den beiden Leitungen L und E verbunden sind. In der Ruhelage werden die beiden Tasten durch Federn gegen die obere Schiene Z gedrückt und dadurch ist E mit L und mit dem Zinkpole verbunden, während der positive Pol isoliert ist. Drückt man nun beispielsweise V nieder, so kommt Leitung E mit dem positiven Pole der Batterie in Verbindung, während U am negativen liegen bleibt. Demnach geht der Strom durch die Erdleitung nach der entfernten Stelle und kehrt durch L nach der Batterie zurück. Drückt man die andre Taste, so geht der Strom in umgekehrter Richtung über die Leitungen. Dieser einfachen Anordnung werden wir später bei den Untersee-telegraphen wiederbegegnen.

Die Nadeltelegraphen haben in England allgemeine Anwendung gefunden und sind dort noch in großer Anzahl in Gebrauch. In der That besitzt dieser Apparat auch große

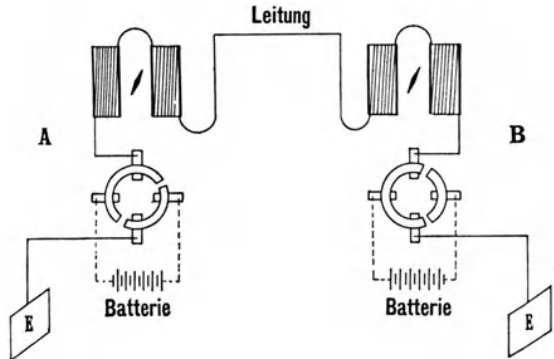


Fig. 458. Schaltung zweier Ein-Nadeltelegraphen.

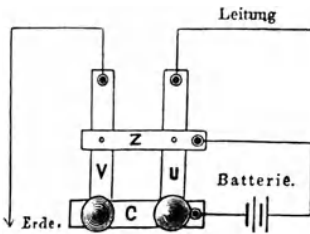


Fig. 459 a. Tastensender.

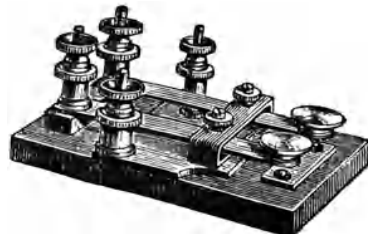


Fig. 459 b. Doppeltaster.

Vorteile, da er sich durch große Einfachheit auszeichnet und nur schwache Ströme, also kleine Batterien erfordert, auch was die Telegraphiergeschwindigkeit anbelangt, ziemlich gute Leistungen aufweist. Sein Hauptmangel besteht darin, daß seine Zeichen nicht bleibend sind.

Was die weiteren Formen und Verbesserungen dieses Apparates angeht, so dürfen wir dieselben übergehen, da sich dieselben nur auf nebensächliche Einzelheiten beziehen und prinzipielle Abänderungen nicht geschaffen worden sind. Auf seinen jüngeren Verwandten, das Spiegelgalvanometer, wie es für die Untersee-telegraphie benutzt wird, kommen wir später zu sprechen, da es als ein gesonderter Typus betrachtet werden kann.

Außer England nahm auch Oesterreich den Nadeltelegraphen in Gebrauch, während Deutschland und Frankreich einen andern Apparat für ihre Telegraphenanlagen wählten,

den Zeigertelegraph, der ebenfalls nur vergängliche Zeichen erzeugt, aber nicht als Kombinationszeichen, sondern in der unmittelbar erkennbaren Form der Schriftzeichen.

Die Zeigertelegraphen, soweit wie sie für uns in Betracht kommen, sind dadurch charakterisiert, daß bei ihnen durch die Wirkung des Stromes ein Zeiger über ein mit den Buchstaben des Alphabetes besetztes Zifferblatt läuft und an dem zu übermittelnden Buchstaben für eine kurze Zeit stehen bleibt, ihn auf diese Weise als den übersendeten kennzeichnend. Bei einem älteren Zeigertelegraphen von Breguet wurden statt des Hinweises auf den Buchstaben zwei umlaufende Zeiger in verschiedene Stellungen zu einander gebracht und kennzeichneten durch diese Kombinationsstellungen nach Art des optischen Telegraphen von Chappe das übermittelte Zeichen; allein wir können, wie gesagt, diese Art Zeigertelegraphen aus unsern Beschreibungen ausschließen, zumal sie nur geringe Verbreitung gefunden haben.

Um von einer Stelle aus einen Zeiger an einer entfernten Stelle auf eine bestimmte Stellung zu bringen, bleibt uns, sofern wir nicht für jede Stellung eine besondere Leitung

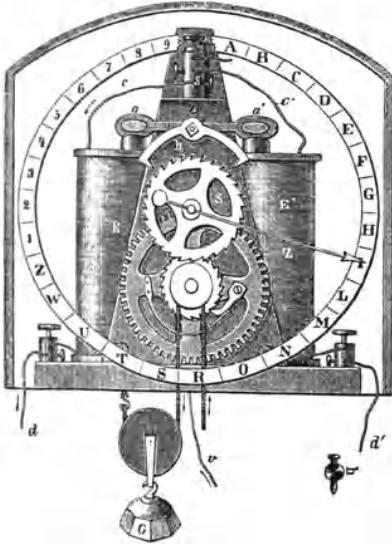


Fig. 460. Wheatstones Zeigertelegraph.

anwenden wollen, nur das Mittel übrig, den Zeiger durch aufeinander folgende Einwirkungen von seiner Anfangsstellung aus durch aufeinander folgende Zwischenstellungen zu der gewollten zu bringen. Diese Aufgabe ist nicht schwer zu lösen, denn die Uhrmachermechanik, welche ganz gleiche Zwecke zu erreichen hat, bietet hierfür genügende Mittel und läßt uns den beabsichtigten Zweck auf drei Wegen erreichen. Entweder lassen wir den Zeiger durch den Stromstoß um eine Stellung weiter treiben und werden dann durch die Anzahl der übersendeten Stromstöße den Zeiger aus seiner Anfangsstellung in die gewollte bringen, oder wir lassen den Zeiger durch eine Feder oder ein Gewicht angetrieben werden und benutzen den Stromstoß, um eine Sperrung des Zeigers auszulösen und denselben um einen Zahn vorrücken zu lassen, so daß also ebenfalls die Zahl der Sprünge des Zeigers derjenigen der Stromstöße gleichkommt; und endlich können wir das Verfahren anwenden, daß wir den Zeiger frei über das Zifferblatt laufen lassen und ihn durch den

Stromstoß in dem Augenblicke anhalten, wo er auf dem gewollten Buchstaben steht. Das letztere Prinzip werden wir bei den hier beschriebenen Zeigertelegraphen nicht angewendet finden, wir werden ihm aber beim Hughes-Telegraphen begegnen und dort die Schwierigkeiten kennen lernen, welche bei seiner Anwendung zu überwinden sind.

Der älteste Zeigertelegraph ist der von Wheatstone, welcher schon kurze Zeit nach der Gestaltung seines Nadeltelegraphen und zwar im Jahre 1839 einen Zeigertelegraphen konstruierte, welcher der zweiten der oben genannten Arten angehört. Der Empfänger dieses Zeigertelegraphen ist in Fig. 460 abgebildet und läßt erkennen, wie der Zeiger durch ein Zuggewicht umgetrieben wird. Auf der Achse des Zeigers sitzt ein Steigrad, in welches eine Hemmung eingreift. Diese letztere ist mit einem gleicharmigen Hebel verbunden, welcher durch die abwechselnde Anziehung der beiden Elektromagneten in schwingende Bewegung kommt, so daß jede Schwingung das Steigrad um einen Zahn weiter rücken läßt, gerade wie wir dies an unsrer Pendeluhr kennen. Da die beiden Elektromagnete besonders und abwechselnd erregt werden, so braucht jeder derselben eine besondere Zuleitung, so daß also für diesen Apparat einschließlich der Rückleitung drei Leitungen notwendig waren. Ersetzen wir aber einen der Elektromagnete durch eine Zugfeder, so wird diese die Zurücksührung des schwingenden Hebels besorgen, und wir brauchen dann nur zwei Leitungen.

Der Sender für diesen Apparat mit zwei Elektromagneten mußte derart eingerichtet sein, daß er den Strom abwechselnd über die eine und andre Leitung führte, und dies bewirkte Wheatstone in folgender Weise; er verband ein gezahntes Rad mit dem einen Pol der Batterie und ließ zwei Kontaktfedern derart auf den Zähnen schleifen, daß, wenn eine Feder mit einem Zahn in Verbindung stand, der andern eine Zahnücke gegenüberlag, also zwischen dieser Feder und dem Rade keine Berührung stattfand. Diese Anordnung zeigt unsre Fig. 461; wir erkennen aus derselben sofort, daß bei jeder Drehung des Rades von einem Zahn zum andern zwei Stromstöße erfolgen werden, von denen der eine über den einen, der andre über den andern Magneten geleitet, also der Zeiger um zwei Stellungen weiter bewegt wird. Setzen wir nun an jeden Zahn und jede Zahnücke Schriftzeichen, welche den Zeichen des Zifferblattes am Empfänger entsprechen, so wird, wenn die Stellungen des Zeigers am Empfänger und der Marke am Sender den gleichen Buchstaben bezeichnen, auch das Vorrücken an beiden Apparaten zu den gleichen Buchstaben erfolgen. Man hat also für die Übermittlung der Zeichen nur das Buchstabenrad des Senders so weit zu drehen, bis man den zu übermittelnden Buchstaben an der Marke stehen hat, und dann eine kurze Zeit mit der Drehung einzuhalten, damit der Telegraphist der Empfangsstation erkennt, daß dieser Buchstabe bezeichnet werden soll, worauf man im selben Sinne — denn der Empfänger kann sich nur in dem einen Sinne bewegen — bis zum nächsten Buchstaben weiter dreht.

Wesentlich für die richtige Übertragung ist, daß die Bewegung beim Sender und Empfänger von demselben Zeichen ausgeht, und um diese Übereinstimmung zu sichern, wurden die Apparate beim Beginn des Telegraphierens zunächst auf das Kreuz eingestellt.

Ein solcher Zeigertelegraph bietet den großen Vorteil, daß sowohl das Absenden wie das Aufnehmen des Telegrammes keine besondere und längere Übung voraussetzt, und dieser Vorteil bestimmte die deutschen und französischen Eisenbahnverwaltungen, den Zeigertelegraphen in Gebrauch zu nehmen, so daß dieser Apparat für die ersten Jahrzehnte der Telegraphie in diesen Ländern vorherrschte und erst später durch den Morse-Apparat ersetzt wurde.

In Deutschland wurde zuerst der Zeigertelegraph von Fardely in Mannheim angewendet, welcher im wesentlichen dem Wheatstoneschen gleicht, da auch hier die einzelnen Stromstöße, wie sie durch die Drehung des Senders hervorgebracht wurden, die Hemmung eines durch Gewichte oder Uhrfeder angetriebenen Zeigers in Bewegung setzten und den Zeiger bei jeder Bewegung dieser Hemmung um eine Stellung weiter springen ließen.

Auch der in Frankreich zu allgemeiner Anwendung gelangte Zeigertelegraph von Breguet bietet, was den Empfänger angeht, keine prinzipielle Neuerung dar. Wie unsre Fig. 462 erkennen läßt, ist auch hier der durch eine Feder bewegte Zeiger mit einem Steigrad verbunden, dessen Hemmung durch den Elektromagneten hin und her bewegt wird und mit jeder Bewegung den Zeiger um eine Stellung weiter rücken läßt. Eine zweckmäßige Einrichtung des Breguetschen Apparates war die Zurückführung des Zeigers auf die \dagger -Stellung; zu diesem Zwecke war die Hemmung auf einen Hebel C gesetzt, der für gewöhnlich durch eine Feder in einer Lage gehalten wurde, bei welcher die Hemmung in das Steigrad eingriff. Drückte man durch einen an der Stange befindlichen Knopf auf das freie Ende des Hebels, so trat die Hemmung aus dem Steigrad heraus, und der Zeiger bewegte sich unter Einwirkung der Feder frei, bis er durch einen Stift gefangen wurde, was bei seiner \dagger -Stellung erfolgte. Nach dieser Einstellung ließ man den Knopf wieder

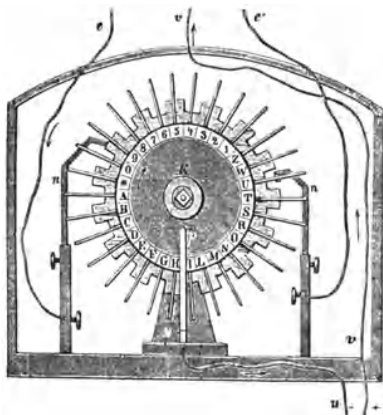


Fig. 461.
Sender für Wheatstones Zeigertelegraph.

los, und der Fangstift trat vom Steigrad zurück, während die bewegliche Hemmung wieder in dasselbe eintrat. Der Apparat in Vorderansicht ist in Fig. 463 abgebildet.

Der Sender zeigt von dem früher beschriebenen Wheatstoneschen einige konstruktive Abweichungen. Wie unsere Fig. 464 erkennen läßt, liegt unter der festen Buchstabenplatte,

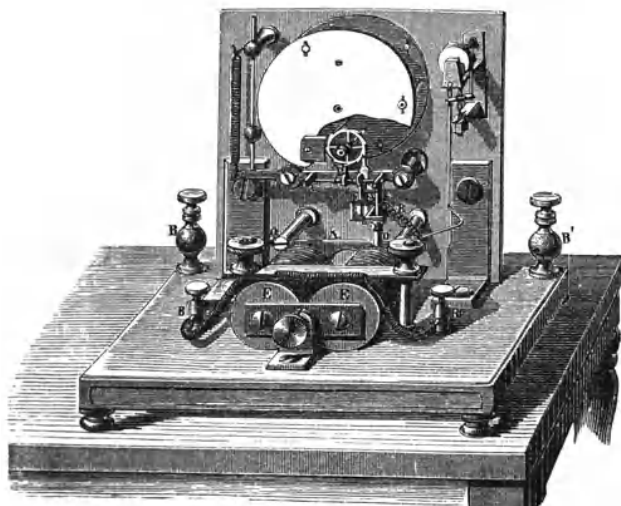


Fig. 462. Breguets Zeigertelegraph; Empfänger

daß bei einem vollen Umgang der Scheibe dreizehn Stromschlüsse bewirkt werden, und da jeder Stromschluß und jede Stromöffnung den Zeiger des Empfängers um eine Stellung weiter rücken lassen, so wird entsprechend den 26 Stellungen des Zeigers auf dem Zifferblatte jede sechsundzwanzigstel Drehung ihn um ein Zeichen weiter rücken lassen.

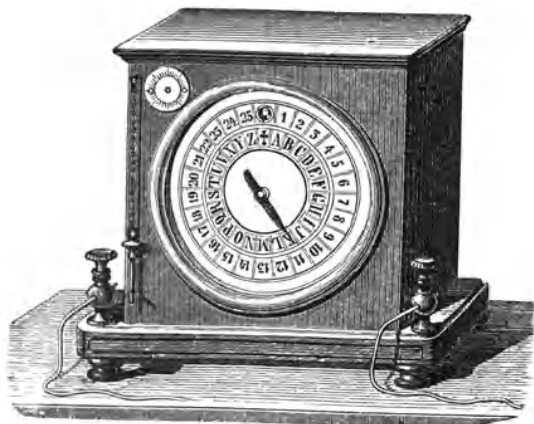


Fig. 463. Breguets Zeigertelegraph; Vorderseite.

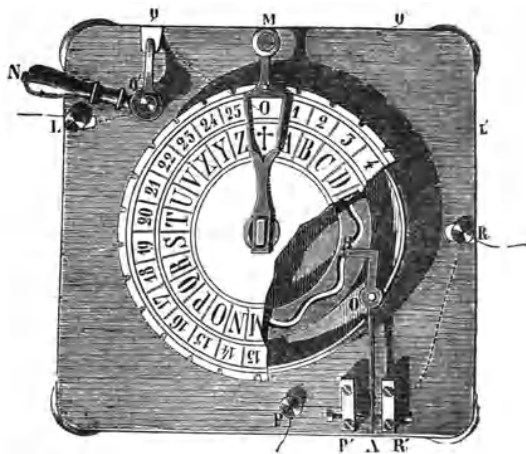


Fig. 464. Sender für Breguets Zeigertelegraph.

Ein ganz neues Prinzip für Zeigertelegraphen sehen wir in dem Anfang der vierziger Jahre von dem damaligen Artillerieleutnant Werner Siemens erfundenen Apparat verwirklicht, der im Jahre 1846 zum erstenmal gebaut, ein Jahr später in Preußen patentiert wurde und nachmals eine große Verbreitung in Deutschland, Rußland und andern Ländern gefunden hat. Bei diesem Zeigertelegraphen erhält der Strom die Zeiger der beiden auf der Aufgabe- und der Empfangsstation aufgestellten Zifferblätter in

dauerndem Umlauf und werden dieselben durch das Niederdrücken einer Zeichentaste auf einem der beiden Zifferblätter an dem der Taste zugehörigen Zeichen angehalten. Der Telegraphist hat also nur der Reihe nach die Tasten derjenigen Zeichen zu drücken, welche er übermitteln will, und die empfangende Stelle sieht aus dem kurzen Halt ihres umlaufenden Zeigers, welcher Buchstabe u. s. w. bezeichnet werden soll. Da der Zeiger in etwa zwei Sekunden einen Umlauf macht und in vielen Fällen eine Anzahl Zeichen bei einem Umlauf telegraphiert werden können, wenn sie im Alphabet bezw. auf dem Zifferblatt hintereinander liegen, so ermöglicht diese Einrichtung eine verhältnismäßig große Telegraphiergeschwindigkeit und gegen die früheren Einrichtungen eine Erleichterung der Handhabung.

Um diesen selbstthätigen Umlauf des Zeigers durch die Stromwirkung zu erzielen, benutzte Siemens eine Selbstunterbrechung, durch welche der Anker eines Elektromagneten in hin und her gehende Bewegung kommt. Wir erinnern den Leser an das, was wir auf S. 386 über Selbstunterbrechung gesagt haben, wo gezeigt worden ist, daß ein mit Selbstunterbrechung eingerichteter Elektromagnet einen Anker während der Dauer des Stromschlusses in schwingender Bewegung erhalten wird. Es bleibt nun noch zu zeigen übrig, wie eine solche hin und her gehende Bewegung dazu benutzt werden kann, einen Zeiger umlaufen zu machen. Dies erreichen wir in sehr einfacher Weise dadurch, daß wir auf das Ende des Ankers Fig. 465 eine Hakenfeder F setzen, welche in ein Steigrad eingreift.

Wird nun der Anker angezogen, so zieht die Hakenfeder den gefaßten Zahn des Steigrades mit nach unten und dreht dadurch das Rad um ein Stück, das gleich einer Zahnbreite bemessen wird. Beim Rückgang des Ankers, der unter der Einwirkung einer Feder erfolgt, wird die Hakenfeder über den nächsten Zahn des Steigrades zurückgeschoben und erfährt diesen, um ihn beim nächsten Anzuge wie den ersten weiter zu schieben. Die Einrichtung des Siemens'schen Zeigertelegraphen läßt unsre Fig. 466 erkennen. Der Anker A, der sich als zweiarmiger Hebel um die Achse X dreht, wird von den beiden Polen C und C' eines Elektromagneten, der unter der metallenen Grundplatte sitzt und in unsrer Figur nicht sichtbar ist, angezogen. Mit diesem Anker ist der Arm H verbunden, der an seinem Ende die auf das Steigrad R einwirkende Hakenfeder trägt und durch seine Bewegung den Zeiger umtreibt. Unter diesem Arm liegt das Schiffchen S, das drehbar gelagert ist und bei der Bewegung des Armes nach oben und unten geschoben wird. Dieses Schiffchen spielt zwischen zwei Schrauben, von denen die untere eine Kontaktschraube ist, die andre dagegen nur als Anschlag dient und gegen das Schiffchen isoliert ist. Der Strom geht nun durch die untere, die Kontaktschraube, nach dem Schiffchen und weiter dann zum Elektromagneten und in die Leitung. Wird das Schiffchen nach oben geschoben, was erst dann eintritt, wenn der Arm H schon den größeren

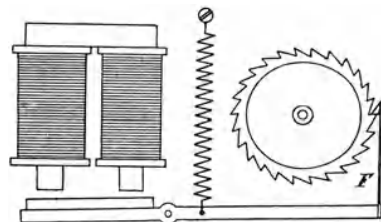


Fig. 465. Bewegung eines Steigrades durch einen hin und her gehenden Anker.

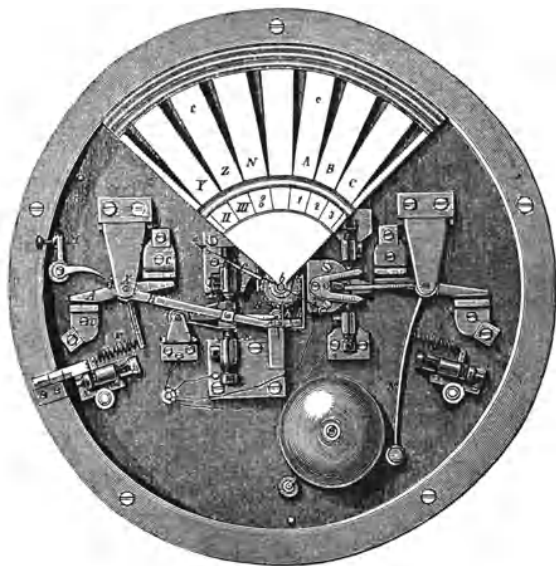


Fig. 466. Siemens' Zeigertelegraph.

der Arm H verbunden, der an seinem Ende die auf das Steigrad R einwirkende Hakenfeder trägt und durch seine Bewegung den Zeiger umtreibt. Unter diesem Arm liegt das Schiffchen S, das drehbar gelagert ist und bei der Bewegung des Armes nach oben und unten geschoben wird. Dieses Schiffchen spielt zwischen zwei Schrauben, von denen die untere eine Kontaktschraube ist, die andre dagegen nur als Anschlag dient und gegen das Schiffchen isoliert ist. Der Strom geht nun durch die untere, die Kontaktschraube, nach dem Schiffchen und weiter dann zum Elektromagneten und in die Leitung. Wird das Schiffchen nach oben geschoben, was erst dann eintritt, wenn der Arm H schon den größeren

Teil seines Weges zurückgelegt hat, so ist der Stromweg nach dem Magneten unterbrochen, und die Anziehung des letzteren hört auf. Die Abreißfeder F zieht den Arm H zurück und schiebt damit auch das Steigrad um einen Zahn weiter. Der zurückgehende Arm H schiebt das Schiffchen wieder nach der Kontaktschraube hin, schließt dadurch den Strom, und das Spiel beginnt von neuem, sich unaufhörlich wiederholend, solange der Strom nicht unterbrochen wird, und den Zeiger dabei umtreibend.

Sind nun zwei solche Apparate miteinander verbunden, so wird der Strom über die Elektromagneten beider geleitet. Solange bei beiden der Strom nicht unterbrochen ist, ziehen ihre Elektromagnete ihre Anker an und schieben die Hakenfedern über den betreffenden Zahn ihrer Steigräder. Sobald nun der sendende Apparat die Unterbrechung bewirkt hat, fallen beide Anker zurück und treiben ihre Zeiger um eine Stellung weiter. Macht nun der sendende Apparat an seinem Schiffchen früher Kontakt als der empfangende, so kann doch noch kein Stromschluß entstehen, weil zunächst noch am zweiten Apparat der Stromweg unterbrochen ist. Erst wenn auch das Schiffchen des zweiten Apparates in die Kontaktstellung zurückgeführt worden ist, kann ein neuer Stromstoß und eine neue Weiterbewegung der Zeiger erfolgen, so daß also die Anziehung in beiden Apparaten stets gleichzeitig beginnen wird und beide Apparate in Übereinstimmung miteinander bleiben.

Wird nun der Strom in dem Augenblicke unterbrochen, in welchem der Zeiger auf einen bestimmten Buchstaben gelangt ist, so bleiben die Zeiger beider Apparate auf diesem Buchstaben stehen, dadurch den Buchstaben als den zu übermittelnden kennzeichnend. Zu diesem Zwecke dienen die im Kreise um das Zeigerblatt gestellten Tasten, mittels welcher man kleine Haltstifte p, Fig. 467, welche beweglich in die Deckplatte eingesetzt sind, niederdrücken kann. Läßt man einen solchen Stift, von denen je einer zu jeder Taste gehört, durch Niederdrücken der zugehörigen Taste nach unten

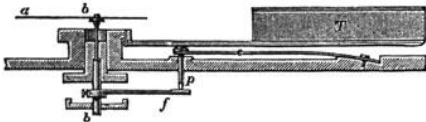


Fig. 467. Buchstastaste des Siemens'schen Zeigertelegraphen.

herbortreten, so hält derselbe einen an der Achse des Zeigers sitzenden Arm f auf, sobald derselbe beim Umlang des Zeigers bis an ihn herangekommen ist. Dadurch wird aber auch das Steigrädchen festgehalten und ebenso der Arm H (Fig. 466), und zwar in einer Stellung, bei welcher er das Schiffchen noch nicht bis in die Kontaktstellung gebracht hatte. Es kann also kein Kontakt stattfinden, der Strom ist dauernd unterbrochen, und die beiden Zeiger bleiben auf dem Buchstaben, welcher der niedergedrückten Taste entspricht, stehen. Der Arm H des Empfängers ist dabei allerdings bis zur Kontaktstellung zurückgegangen, aber der Strom bleibt so lange unterbrochen, bis auch der Arm f des Senders nach Aufhebung der Sperrung wieder bis zu seiner Kontaktstellung gekommen ist, worauf dann beide Anker wieder zu arbeiten anfangen.

In dieser Weise wird also erreicht, daß beide Zeiger sich in Übereinstimmung bewegen und durch das Niederdrücken einer Taste an einer bestimmten Stelle angehalten werden; es ist leicht zu ersehen, daß auch die empfangende Station die umlaufenden Zeiger zum Anhalten bringen und also ohne weiteres nach der andern Stelle telegraphieren kann.

Mit dem Apparate ist eine Anrufvorrichtung verbunden, welche mit einer gleichen Selbstunterbrechung ausgerüstet ist. Der Leser sieht in unsrer Fig. 466 auf der rechten Seite der Platte ein zweites Paar Polschuhe mit drehbarem Anker angebracht, welcher mit einem Klöppel verbunden ist und durch denselben bei seiner Bewegung auf die Glocke wirkt. Die Selbstunterbrechung ist hier die gleiche wie die eben beschriebene und funktioniert daher auch in gleicher Weise.

Ein andres Prinzip brachte Siemens in seinem Magnetinduktionstelegraphen zur Anwendung, bei welchem unter Anwendung des in Fig. 467 abgebildeten Magnetinduktors soviel Stromstöße mit wechselnder Richtung erzeugt werden, als der Zeiger seine Stellungen verändern soll. Zu diesem Zweck ist der Anker des Induktors derart mit der Kurbel verbunden, daß er eine halbe Umdrehung macht, wenn die Kurbel von einem Buchstaben zum andern gedreht wird. Im Empfänger (Fig. 470) geht der Strom durch

einen Elektromagneten, welcher aus einer Drahtspule besteht und einen beweglichen Eisenkern hat; dieser ist in Spitzen gelagert und kann sich um seine Achse drehen. An den Enden dieses Eisenkernes sind Lappen A aus Eisen angefügt, welche zwischen den Polen der Stahlmagneten B und B' spielen. Wird nun ein Strom durch die Spule geleitet, so wird der Kern magnetisch, und seine Pole, welche die Lappen A darstellen, werden, je nach der Stromrichtung entweder von B oder B', welche mit entgegengesetzten Polen einander gegenüberstehen, angezogen. Geht also ein Wechselstrom durch die Spule, so wird dies zur Folge haben, daß die Lappen abwechselnd von den beiden Magneten angezogen werden, daher auch der am vorderen Ende des Eisenkernes sitzende Arm D (Fig. 469) pendelnd hin und her bewegt wird. Dieser Arm trägt am Ende eine Gabel, an welcher die beiden Klinen σ und σ' befestigt sind; diese greifen in das mit dem Zeiger verbundene Steigrad ein, und es wird bei jeder Bewegung des Armes eine der Klinen beim Rückgang des Steigrades um den ersakten Zahn weiter bewegt, während die andre Klinke in ihrer Vorwärtsbewegung über den nächsten Zahn geht und diesen erfakst, um bei der entgegengesetzten Bewegung des Armes dann ihrerseits das Steigrad um einen Zahn weiter zu drehen. Die Bewegung des Armes hat also zur Folge, daß mit jedem Hin- und Her- gang der Zeiger um eine Stellung weiter getrieben wird, und da im Sender jede halbe

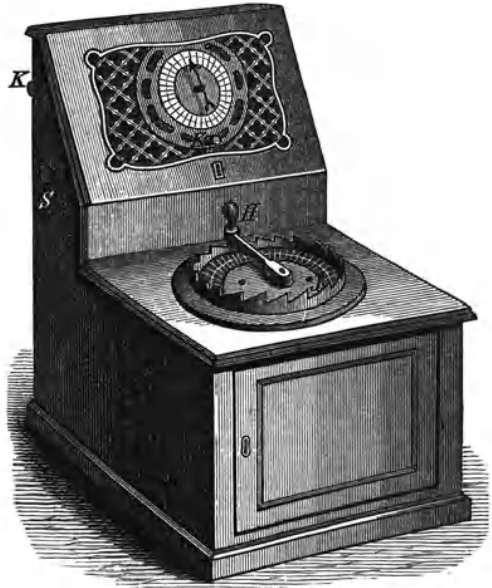


Fig. 468. Siemens' Magnetinduktionstelegraph.

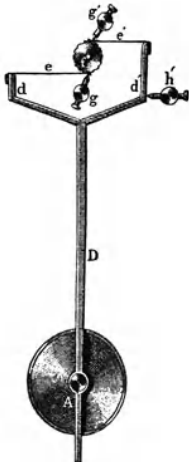


Fig. 469. Anter und Steigrad des Magnetinduktionstelegraphen.

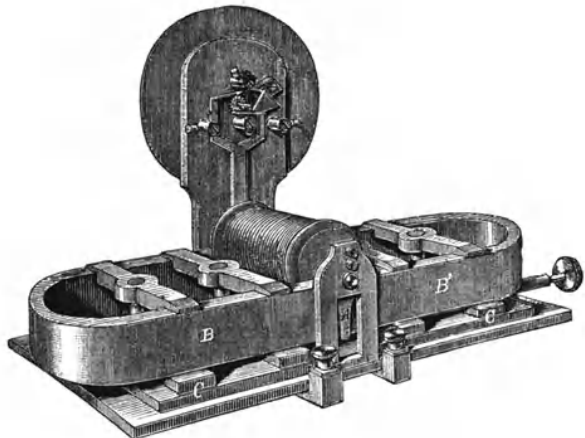


Fig. 470. Siemens' Magnetinduktionstelegraph. Inneres.

Drehung einen Stromstoß hervorruft, so wird entsprechend der Drehung der Kurbel auch der Zeiger im Empfänger weiter bewegt werden. Dieser Magnetinduktionsapparat, von welcher Fig. 468 eine Außenansicht gibt, zeichnet sich durch große Einfachheit der Handhabung aus, außerdem bietet er aber auch den Vorteil, die Anwendung von Batterien

überflüssig zu machen, da der Telegraphist die Betriebskraft selbst liefert, dessen Muskelarbeit durch den Magnetinduktor in elektrische umgewandelt wird. Da außerdem der Apparat ziemlich schnell arbeitet, so bedeutete er in damaliger Zeit einen unübertrefflichen Fortschritt und kam daher auch von der Mitte der fünfziger Jahre an in ausgedehnter Verwendung, wird auch heute noch als Polzeitelegraph und in Feuerwehrranlagen vielfach benutzt.

Wie jeder Telegraphentypus haben auch die Zeigertelegraphen vielfach Abänderungen erfahren, ohne daß jedoch wesentlich neue Prinzipien in diesen weiteren Konstruktionen verwirklicht worden wären; wir dürfen daher diese Modifikationen hier übergehen, deren Beschreibung über die hier gesteckten Ziele hinausführen würde. Zudem gehört der Zeigertelegraph trotz der großen Verbreitung, welche er in den ersten Jahrzehnten der Telegraphie auf dem Kontinente gefunden hat, der Vergangenheit an und ist jetzt fast vollständig verschwunden, da die Schreibtelegraphen ihn verdrängt haben. Immerhin hat er seine Spuren zurückgelassen, und wir werden später bei den elektrischen Uhren manche Anordnungen wieder finden, welche zuerst bei den Zeigertelegraphen, die den genannten Vorrichtungen verwandt sind, ihre Anwendung gefunden haben.

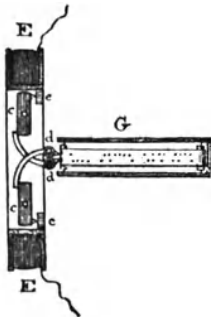


Fig. 471.
Die Schreibvorrichtung in
Steinheils Telegraphen.

Steinheils Telegraph. Wie wir früher gesagt, war Steinheil durch Gauß zur Verbesserung des Telegraphen angeregt worden und hatte mit dem ihm eignen praktischen Scharfblick sofort die Mängel der Gauß-Weberschen Einrichtung erkannt, welche er in dem von ihm konstruierten Apparate erfolgreich zu beseitigen wußte. Da Steinheil mit seiner Erfindung dem Morse-Apparat um ein Jahr vorangeht, so ist er als der Erfinder des Schreibtelegraphen zu betrachten, und dies um so mehr, als sein Apparat sofort eine für den Verkehr brauchbare Gestalt erhielt, was Morse bei seiner Erfindung erst einige Jahre später zu erreichen vermochte. Hätte Steinheil in Deutschland das Verständnis gefunden, wie Morse in Amerika und Cooke und Wheatstone in England, so hätte ein Streit um die Priorität des Telegraphen nie entstehen können, sie wäre Steinheil zugesprochen worden, welcher zuerst einen für die Verkehrstelegraphie verwendbaren Apparat geschaffen hat.

Steinheil hat sich bei seinem Telegraphen wie Schilling und Cooke und Wheatstone der Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom zur Erzeugung des Zeichens auf der empfangenden Station bedient. Er läßt aber die Bewegung der Nadel nicht durch das Auge aufnehmen, sondern dieselbe ein fixiertes Zeichen auf einem sich abrollenden Papierstreifen hervorbringen, so daß die erzeugten Zeichen bleibende werden und nach beliebiger Zeit abgelesen werden können.

Betrachten wir, wie Steinheil dies erreichte. Als Empfänger benutzte er eine flache Drahtspule, in welcher zwei Magnetnadeln *cc* drehbar gelagert waren (Fig. 471). An den Enden dieser Nadeln saßen kleine umgebogene Arme, welche kleine Farbgefäße trugen. Wurde nun ein Strom durch die Spule geschickt, so wurde je nach der Richtung des Stromes die eine oder andre Magnetnadel derart abgelenkt, daß ihr Arm mit dem Farbgefäß um einige Millimeter aus der Höhlung der Spule heraustrat und dabei auf einen Papierstreifen traf, auf welchem das Farbgefäß einen farbigen Punkt machte.

Die Punkte, welche die eine Nadel machte, fielen in eine andre Zeile als diejenigen der andern Nadel, und nun läßt sich leicht ersehen, wie sich durch die Bewegung der Nadeln auf dem vorübergleitenden Papierstreifen Gruppen von Punkten setzen lassen, welche unterschiedene Zeichen darstellen. Zu diesem Zweck hat man nun durch entsprechende Stromstöße die Nadeln in bestimmter Reihenfolge zu bewegen, und kann dadurch die verschiedenartigsten Zeichen auf den Papierstreifen bringen. Steinheil lehnte sich bei den von ihm gewählten Kombinationen an das lateinische Alphabet an und gruppierte die Punkte in folgender Weise zu Buchstaben:

••• A	•••• B	••• C, K	•• D	• E	••• F	•• G	•••• H	• I	••• L	•••• M
•• N	••• O	•••• P	•• R	••• S	•• T	••• U, V	•••• W	•••• Z		

Als Sender wurde ein Magnetinductor benutzt, welcher bei einer halben Umdrehung nach rechts oder links die eine oder die andre Nadel hervortreten, also einen Punkt auf der oberen oder unteren Zeile erzeugen ließ, so daß man beispielsweise das A durch halbe Drehung nach links, halbe nach rechts, halbe nach links hervorbrachte. Es ist leicht ersichtlich, daß diese Verwendung des Magnetinductors keine notwendige war, sondern daß Steinheil auch Batterien hätte verwenden können, und bei Einführung des Apparates in den Gebrauch wohl zweifellos zu der Verwendung derselben etwa in Verbindung mit der Doppeltaste (Fig. 459) geführt worden wäre.

Sender und Empfänger waren zu einem Apparate vereinigt, von welchem Fig. 472 einen Vertikalschnitt wiedergibt. Wir sehen links auf der Deckplatte die vorhin beschriebene Spule mit den Magnetnadeln und Schreibvorrichtungen stehen. An dieser vorbei bewegt sich durch ein Uhrwerk der Papierstreifen und nimmt die Zeichen auf. Rechts steht der Magnetinductor, der aus einem sehr kräftigen hufeisenförmigen Stahlmagneten und dem aus mehreren Spulen zusammengesetzten Anker, welcher in der Art des in Fig. 42 abgebildeten Apparates konstruiert ist, besteht. Zur Bewegung des Ankers, durch welche die Stromstöße in der einen oder andern Stromrichtung hervorgebracht werden, dient der über der Deckplatte liegende Handgriff.

Der Steinheil'sche Apparat war zweifellos ein ganz bedeutender Fortschritt gegen die früher erfundenen Apparate und überragte auch bei weitem die zuerst von Morse konstruierten Vorrichtungen. Seine Leistungsfähigkeit war keine unbedeutende, was aus der Einfachheit der Zeichen auch leicht zu erkennen ist; es ließen sich mit ihm sechs Worte in der Minute telegraphieren, eine Geschwindigkeit, welche von den ihm nachfolgenden Telegraphenapparaten erst erheblich später erreicht wurde.

Der Morse-Apparat. Morfes Idee war die hin und her gehende Bewegung eines von einem Elektromagneten angezogenen Ankers zur Erzeugung von fixierten Zeichen zu benutzen. Wenn wir nun einen Bleistift auf einem Blatt Papier hin und her führen, so erhalten wir zunächst nur gerade übereinander liegende Striche, welche unterschiedene Zeichen nicht darstellen können. Wesentlich anders wird aber die Sache, wenn wir unser Papierblatt sich senkrecht zur Bewegung des Bleistiftes verschieben lassen, denn alsdann werden die übereinander liegenden Striche zu einer zickzackförmigen Linie aneinander gezogen. Denken wir uns weiter die Abweichungen des Bleistiftes von der Mittelstellung, bei welcher er eine gerade fortlaufende Linie auf dem Papier ziehen würde, in Zahl und Dauer verschieden, so vermögen wir eine Reihe verschiedener Zeichen zu erzeugen. Hätten wir beispielsweise unsern Bleistift an der Stelle a (Fig. 473) auf dieses Blatt gesetzt, das sich mit dem Buche von rechts nach links verschiebt, so zieht der Stift eine gerade von links nach rechts gehende Linie. Nach kurzer Zeit lassen wir unsern Stift zweimal nach

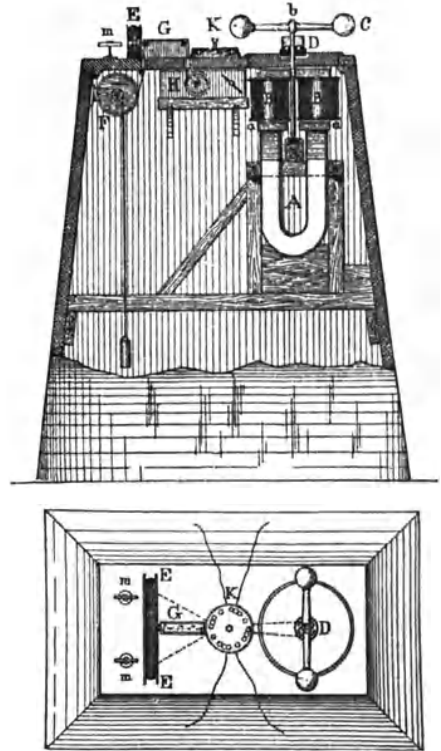


Fig. 472. Steinheil's Telegraph.

oben und wieder in seine erste Stellung zurückgehen, und erhalten dadurch die beiden kleinen nebeneinander stehenden Wellen; dann lassen wir ihn für längere Zeit nach unten und darauf wieder für kurze Zeit nach oben gehen, worauf wir ihn wieder in die Mittelstellung zurückbringen; wir erhalten dann eine nach unten liegende gestreckte und eine kleine



Fig. 473. Wellenschrift durch hin und her gehende transversale Bewegung eines Schreibstiftes auf einem sich bewegenden Papierstreifen.

nach oben gerichtete Welle. Bleibt dann der Stift für längere Zeit in der Mittelstellung, so zieht er eine längere gerade Mittellinie, welche andeuten mag, daß das Zeichen beendet ist. Auf diese Weise können wir, wie unsere Figur zeigt, verschiedenartige Zeichen erzeugen und dieselben durch eine längere Mittellinie trennen. Ist unser Bleistift an einem Anker befestigt, welcher von zwei Elektromagneten hin und her gezogen wird, so können wir seine

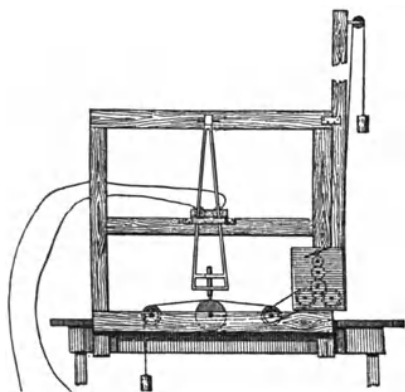


Fig. 474. Morse's erster Schreibtelegraph.

Bewegung, wie sie hier geschildert, mit Hilfe des Stromes erzeugen, indem wir nach unserm Willen den Strom für kürzere und längere Dauer über den einen oder andern Elektromagneten schicken. Die zwei Elektromagnete würden nun aber zwei Zuleitungen erfordern, aber man erkennt leicht, daß man auch schon deutlich unterscheidbare Zeichen erhalten kann, wenn man den gezeichneten Strich nur nach einer Seite hin abweichen läßt, und eine solche Schrift erzeugte Morse bei seinem ersten Telegraphen, den er unter Verwendung einer alten Malerstaffelei zusammengebastelt hatte. Unsere Fig. 474 zeigt diese primitive Vorrichtung, zu dessen Erläuterung wir nur zu bemerken haben, daß der Elektromagnet E E den Schreibhebel in der Richtung von dem Leser ab bewegt und dadurch entsprechende Zickzacklinien auf den Papier-

streifen schreibt. Morse wendete nun anfangs ein sehr unvollkommenes System für die Zeichengebung an, indem er nämlich aus der Zahl der aufgezeichneten Abweichungen Ziffern zusammenstellte und diese durch einen Schlüssel in Worte übersetzte. Ein Beispiel hierfür ist das erste Telegramm, das ihm auf seinem Apparate glückte. Wir geben es hier in der aufgezeichneten Schrift und nebenstehender Übertragung wieder (Fig. 475).

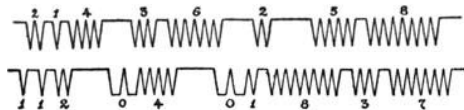


Fig. 475. Morse's erste Zickzackschrift.

214 successful (gelungener)
36 experiment (Versuch)
2 with (mit)
58 telegraph (dem Telegraph)
112 september
04 4
01837 1837.

Die Anwendung eines Schlüssels gab Morse bald auf und ersetzte die anfänglichen Zeichen, die nur durch ihren numerischen Wert ihre gesonderte Bedeutung erhielten, durch eigentliche Kombinationszeichen, indem er aus kürzeren und längeren Abweichungen in der gezeichneten Linie unterschiedene Zeichen für Buchstaben zusammenstellte. Außerdem formte er aber auch die Konstruktion des Apparates um und erzielte dadurch eine andre bessere Art Aufzeichnung. Diese Umgestaltung läßt sich an dem ersten Apparat leicht klar machen; denken wir uns, daß der Magnet den Schreibhebel nicht in der Wagerechten hin und her zieht, sondern derart angeordnet ist, daß er den an einer Feder hängenden Schreibstift, der vorerst etwas über dem Papier schweben soll, so weit nach unten zieht,

daß er mit dem Papier in Berührung kommt. Solange diese Berührung dauert, zieht der Schreibstift eine gerade Linie auf dem sich bewegenden Papier. Unterbrechen und schließen wir den Strom mehrmals, so wird auch die Linie aus verschiedenen, voneinander getrennten Stücken, die eine entsprechend der Schließungsdauer verschiedene Länge haben werden, bestehen, also etwa die Form zeigen:

Diesem Gedanken folgend, gestaltete Morse 1840 seinen Apparat um und gab ihm die geschickte Form, in welcher er eine so große Verbreitung erlangt hat. Um diese verbesserte Form erkennen zu lassen, geben wir die Abbildung eines einfachen Apparates, wie er heute noch vielfach als Demonstrationsapparat in den Schulen benutzt wird. Ein Uhrwerk, das durch ein Gewicht angetrieben wird, bewegt zwei kleine geriefelte Walzen (Fig. 476), welche durch ihre Bewegung den zwischen ihnen liegenden Papierstreifen fortbewegen. Die rechts liegende Walze hat in der Mitte eine Ringnut, in welche der Stahlstift, der am Ende des Hebels A sitzt, das Papier drückt. Es ist ersichtlich, daß durch dieses Eindringen des Stiftes in dem Papier eine reliefartige Linie entsteht, die sich sichtlich vom Papier abheben wird. Das weitere ist nun leicht zu ersehen. Der Elektromagnet zieht den am Schreibhebel sitzenden Anker an, dadurch wird der Schreibstift in das Papier gedrückt, und so muß sich jeder kürzer oder länger dauernde Strom, der dem Elektromagneten zugeführt wird, auf dem Papier als kürzerer oder längerer Strich markieren. Wir haben es nun in der Hand, durch Kombination von mehreren Strichen verschiedener Länge ein Alphabet zu bilden. Da aber die Bemessung der Striche eine unsichere Sache sein würde — jeder Telegraphist hat seine eigne „Handschrift“ und die geübten Beamten erkennen ihre Bekannten sofort an der Schrift — nahm Morse nur zwei Elementarzeichen an, den Punkt und den Strich, oder da der erstere immerhin eine gewisse Länge im Apparat erhält, den kurzen und den langen Strich. Mit diesen beiden Zeichen stellte Morse nun ein Alphabet zusammen, das mit Abänderungen allgemein angenommen worden und in

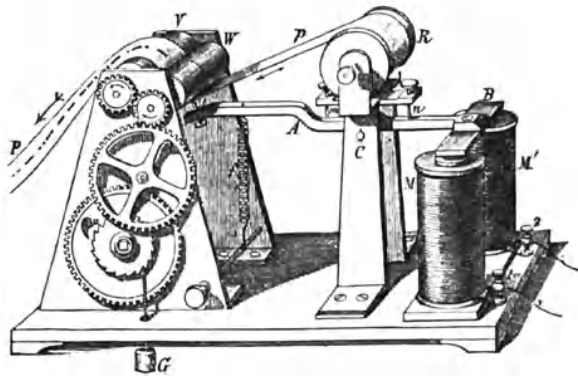


Fig. 476. Einfacher Morse-Schreiber.

haben es nun in der Hand, durch Kombination von mehreren Strichen verschiedener Länge ein Alphabet zu bilden. Da aber die Bemessung der Striche eine unsichere Sache sein würde — jeder Telegraphist hat seine eigne „Handschrift“ und die geübten Beamten erkennen ihre Bekannten sofort an der Schrift — nahm Morse nur zwei Elementarzeichen an, den Punkt und den Strich, oder da der erstere immerhin eine gewisse Länge im Apparat erhält, den kurzen und den langen Strich. Mit diesen beiden Zeichen stellte Morse nun ein Alphabet zusammen, das mit Abänderungen allgemein angenommen worden und in

A .—	G —.—	M ——	S...	Y —.---
B —....	H....	N —.	T —	Z —---
C —.---	I..	O —---	U..—	Ae. —.—
D —..	J. —---	P. —---	V...—	Oe —---
E.	K —.—	Q —.—.	W. ——	Ue..---
F...—	L. —---	R. —.	X —---	CH —---

Fig. 477. Das Morse-Alphabet.

bestehender Tafel (Fig. 477) wiedergegeben ist. Entsprechend sind aus fünf Elementen die Zahlzeichen, aus sechs Elementen die Interpunktionszeichen gebildet; außerdem sind noch verschiedene Siegel in Gebrauch, welche für die Betriebsbezeichnungen: Staats-telegramm, Dringend, Irrtum u. s. w. gelten.

Außerordentlich einfach muß sich bei diesem Telegraphenapparate der Sender gestalten, da er weiter keine Aufgabe hat, als den Strom für die gewollte Dauer zu öffnen und zu schließen, d. h. auf der sendenden Station die Leitung an den einen Pol der

Batterie zu legen, deren anderer an der Erde liegt. Da nun aber von jeder Stelle zur andern telegraphiert werden soll, so ist erforderlich, daß der Empfänger mit der Leitung und der Erde verbunden ist, um den ankommenden Strom aufzunehmen. Hierfür ist eine Umschaltung notwendig, welche mit dem Stromschlüssel in einfacher und geschickter Weise verbunden ist. Dieser Apparat ist nämlich als ein zweiarmiger Hebel gestaltet, dessen eines, kürzeres Ende durch eine Feder nach unten gedrückt wird (Fig. 478). Das längere

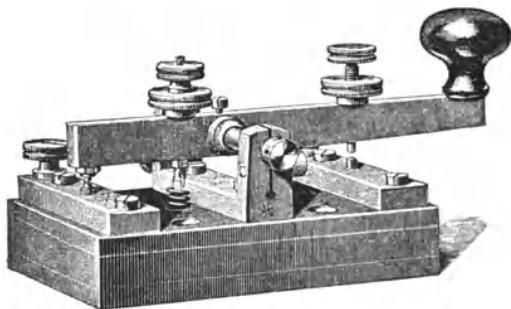


Fig. 478. Der Morse-Zaster

Ende trägt einen Knopf, so daß man durch einen Druck das kürzere Ende von seiner Unterlage abheben und den andern Arm in Berührung mit der Unterlage bringen kann.

Die Leitung ist nun mit dem Hock verbunden, in welchem der Hebel gelagert ist, und der Stromweg führt durch die Lagerzapfen bezw. durch die Feder nach dem Hebel. Dieser trägt an beiden Armen Kontaktplättchen aus Platin, denen ebensolche auf den Unterlagen entsprechen. Solange nun der Knopf nicht niedergedrückt wird, steht

die Leitung mit der links stehenden festen Kontaktplatte in Verbindung; diese aber ist mit dem Elektromagneten des Schreibapparates verbunden, und ein von der andern Station ankommender Strom wird also dem Elektromagneten und von da weiter der Erde zugeführt, durch die er zur Ausgangsstelle zurückgeht. Drückt man jetzt den Knopf nieder, so ist die Verbindung zwischen Leitung und der Erde durch den Empfänger aufgehoben; statt dessen wird die Leitung mit dem einen Pol der Batterie in Verbindung gebracht, deren anderer Pol an der Erde liegt. Es wird also ein Strom in die Leitung geschickt. Das

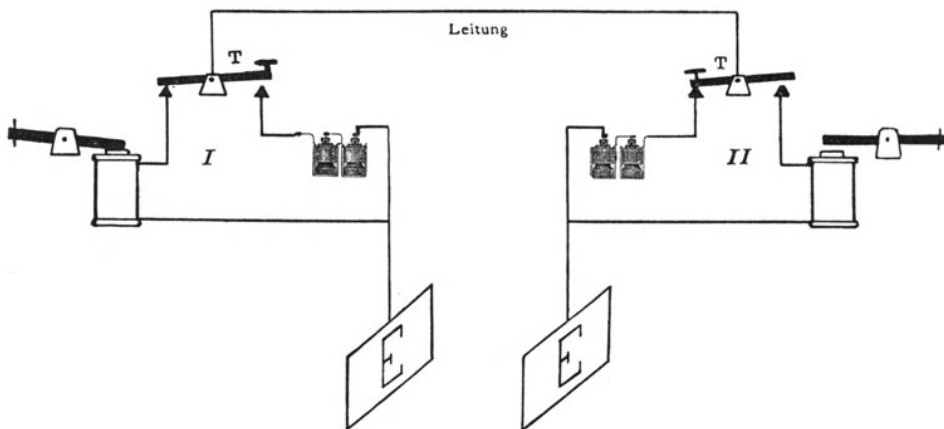


Fig. 479. Verbindung zweier Morse-Stationen.

Schema dieser Schaltung gibt uns Fig. 479. Wir sehen in demselben auf Station II den Zaster T niedergedrückt und mit der Batterie in Verbindung gebracht. Der Strom geht in die Leitung L und wird vom Zaster T der Station I dem Elektromagneten des Empfängers dieser Station zugeführt, von wo aus er zur Erdplatte E geht und nun durch die Erde und die Erdplatte der Station II zur Batterie zurückkehrt. Man erkennt leicht, daß Station I in gleicher Lage ist, einen Strom aus ihrer Batterie zum Empfänger II zu senden, wenn dort der Zaster nicht niedergedrückt ist.

Indem nun der Telegraphist den Zaster für kürzere und längere Dauer niederdrückt, erzeugt er an den andern Stationen die Anziehung des Ankers des Schreibhebels und

dadurch die Striche und Punkte, aus denen er die Buchstaben des zu übermittelnden Wortes zusammen setzt. Man sieht, daß diese Zeichengebung ein gewisses Maß Geschick und

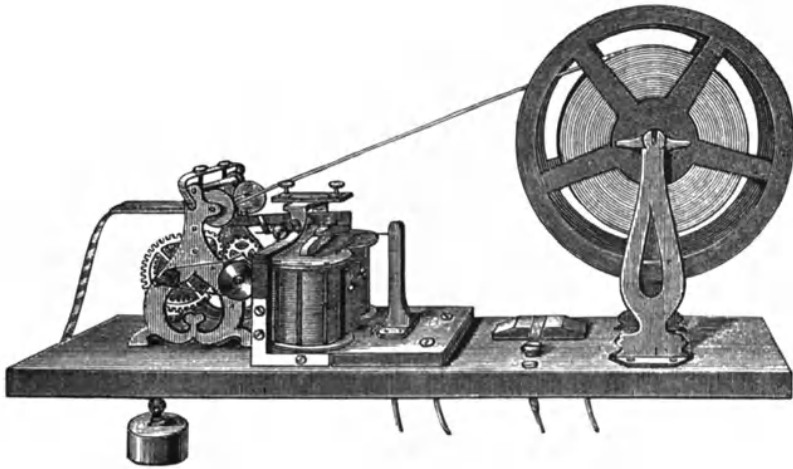


Fig. 480. Morse-Schreiber von 1843.

Übung bei dem Telegraphisten voraussetzt, damit die Zeichen in richtiger Weise und unter der unterscheidenden Bemessung der Punkte, Striche und ihrer Trennungen erscheinen.

Die anfangs noch ziemlich unfertige mechanische Form des Morse-Schreibers entwickelte sich an der Hand der Erfahrung, und es entstanden zahlreiche Konstruktionen, deren Abänderungen sich wesentlich auf Einzelheiten beziehen. Beistehend geben wir die Abbildungen zweier solcher Apparate wieder, von denen Fig. 480 den von Morse auf seiner ersten Linie Baltimore-Washington 1843 verwendeten Apparat darstellt. In dem in Fig. 481 abgebildeten Apparat sehen wir eine nicht unwesentliche Verbesserung in der Papierführung angebracht; die beiden Walzen, zwischen denen das Papier läuft, liegen außerhalb des Uhrwerkskastens, und diese Anordnung ermöglicht ein bequemeres Einlegen und Herausnehmen des Papierstreifens als bei den früheren Apparaten. Der Betrieb des Uhrwerkes erfolgt hier durch eine Feder; die Papierrolle steht auf dem Apparate selbst.

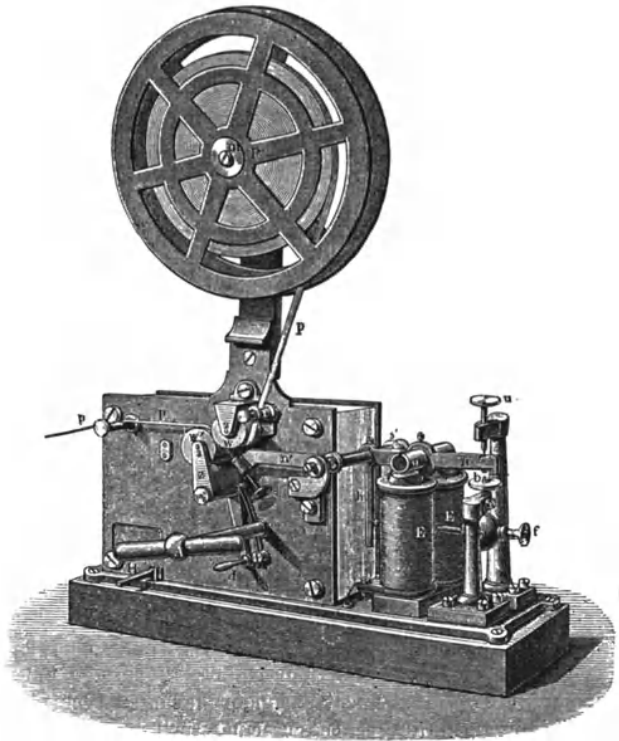


Fig. 481. Neuer Morse-Schreiber.

Die bisher erwähnten Morse-Schreiber ließen, wie gesagt, die Schrift in der Weise entstehen, daß sie die Zeichen in das Papier eindrückten, dieselben also reliefartig hervortraten. Solche Zeichen werden auf der weißen Papierfläche durch die verschiedene Beleuchtung des hervorstehenden Teiles sichtbar, bedingen deshalb eine richtige Beleuchtung, die namentlich bei künstlicher Beleuchtung nicht immer in ausreichender Weise vorhanden ist, und deshalb ermüden die Relieffschreiber das Auge des Telegraphisten. Außerdem erfordert das Eindringen des Stiftes in das Papier eine verhältnismäßig kräftige Wirkung des Elektromagneten. Beide Übelstände vermeidet der Farbschreiber, welcher die Punkte und Striche in blauer Farbe auf den Papierstreifen zeichnet. Zu diesem Zweck ist der Stahlstift, der die Eindrücke in das Papier hervorbringt, durch ein Farbrädchen ersetzt worden, das sich mit seinem Rand, der mit farbiger Tinte befeuchtet ist, an den Papierstreifen anlegt und auf diese Weise die Berührungsstelle farbig markiert.

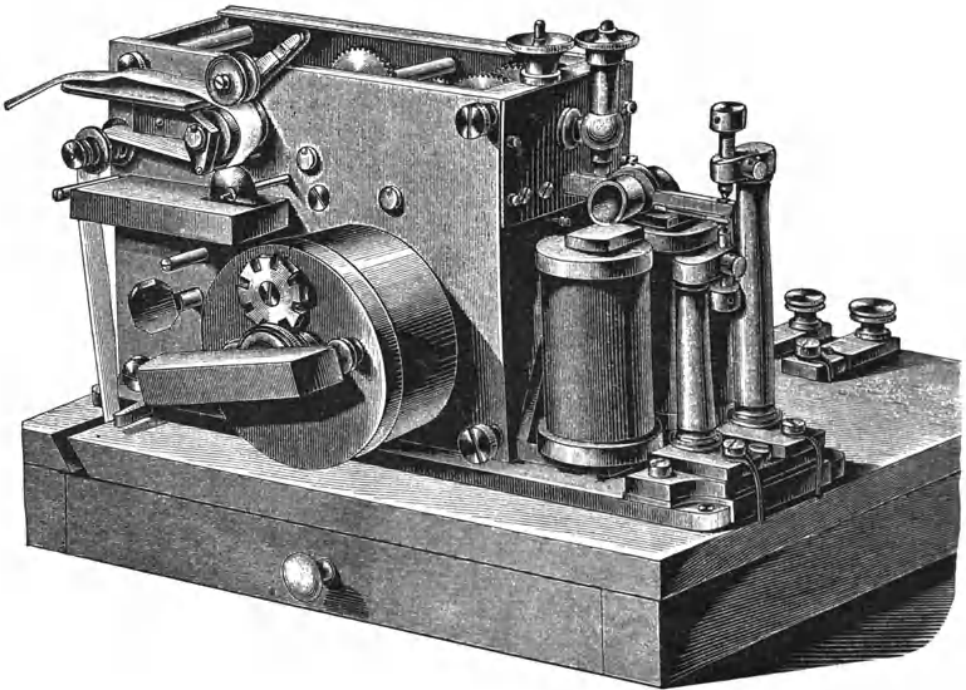


Fig. 482. Farbschreiber.

Wir geben hier die Beschreibung des Normalfarbschreibers der deutschen Telegraphenverwaltung, welcher in Fig. 482 abgebildet ist. Bei diesem Apparat ist das Farbrädchen auf eine Welle gesetzt, welche durch das Uhrwerk umgetrieben wird und sich in ihren Lager etwas nach oben bewegen kann. Durch die Bewegung des Schreibhebels, welche dieser Welle mit seinem hakenförmig gebogenen Ende faßt, kann dieselbe gehoben und gesenkt werden, wobei sie im ersten Falle an den Papierstreifen angedrückt wird. Die Papierrolle liegt im Tischkasten des Apparates und der Papierstreifen wird durch den Schütz und über eine Führungsrolle unter dem Stahlstift hindurch um die Stahlwalze geführt, durch welche er seine Fortbewegung erhält und auf der Platte weiter läuft. Das Farbrädchen taucht mit seinem unteren Teile in den mit flüssiger Anilinfarbe gefüllten Kasten und nimmt aus demselben an seinem Rande Farbe auf. Wird es nun in der Hebung durch den Schreibhebel gegen das Papier gedrückt, so zeichnet es auf denselben mit seinem Rande einen Strich, welcher der Dauer der Berührung entspricht. Auf diese Weise erhält man die Morse-Zeichen in blauer Schrift auf weißem

Grunde, so daß sie sich gut abheben und bei jeder Beleuchtung deutlich erkennbar erscheinen.

Das Relais. Würde man den Morse-Schreiber auf einer sehr langen Linie mit der Batterie der sendenden Station in Bewegung setzen wollen, so müßte man hierfür eine entsprechend starke Batterie anwenden, um bei dem großen Widerstand in der Leitung die für die genügende Anziehung des Schreibhebels erforderliche Stromstärke in den Windungen des Elektromagneten hervorzubringen. Diese mit der Länge der Leitung wachsende Vermehrung der Elemente der Batterie würde über eine gewisse Leitungslänge hinaus zu unbequemen und kostspieligen Batterien führen, und deshalb nimmt man eine Anordnung zu Hilfe, bei welcher der Leitungsstrom nicht zur Erregung der Elektromagnete des Schreibapparates, sondern zur Bethätigung eines Stromschlüssels benutzt wird. Dieser letztere verbindet nun Elektromagnetwindungen mit einer auf der Empfangsstation aufgestellten Batterie und im selben Augenblick und für dieselbe Dauer, während welcher er selbst aus der Leitung Strom erhält. Da dieser Stromschlüssel noch bei sehr viel schwächeren Strömen anspricht als der Schreibapparat, so dient er gewissermaßen als ein zweiter Taster, der auf der Empfangsstation steht und wie der auf der sendenden Station bewegte arbeitet; er telegraphiert also dem neben ihm stehenden Schreibapparat auf einem ganz kurzen Stromkreise die Depesche zu, die er selbst von der entfernten Station erhält. Dieser durch

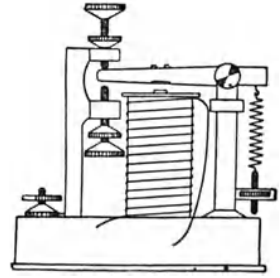


Fig. 483. Relais.

den Leitungsstrom bewegte Stromschlüssel heißt das Relais, der Vorspannwechsel, denn diese Bezeichnung aus der Zeit der Postkutschen hat den Namen für den Apparat hergegeben. Der Zweck der Stromschließung wird bei diesem Apparate, wie Fig. 483 lehrt, in sehr einfacher Weise erreicht. Der Elektromagnet, durch welchen der Leitungsstrom geht, zieht, sobald er erregt wird, einen drehbar gelagerten Hebelarm nieder und legt dessen Ende dadurch gegen eine Kontaktschraube. Da Hebel und Kontaktschraube die Teile eines sonst nicht unterbrochenen Stromkreises bilden, so wird dieser Stromkreis hierdurch geschlossen. Läßt der Elektromagnet seinen Anker los, so hebt die am andern Hebelarm wirkende Zugfeder den wagerechten Hebelarm in die Höhe und legt ihn an die obere Anschlagsschraube, gegen welche er durch eine isolierende Zwischenlage isoliert ist. Die Schaltung der Apparate und Batterien wird sich also in folgender Weise gestalten. Zunächst ist die Anordnung die gleiche wie bei der einfachen Schaltung (Fig. 484), nur daß statt des Schreibapparates der Elektromagnet des Relais eingeschaltet ist. Mit dem Hebel des Relais und der Kontaktschraube desselben sind nun aber die Pole einer zweiten Batterie, der Lokalbatterie, verbunden, und in diesen Stromkreis ist der Elektromagnet des Schreibapparates eingeschaltet. Wenn also die sendende Stelle ihren Taster niederdrückt und einen Strom in die Leitung schießt, wird auch das Relais seinen Anker anziehen, dadurch den Lokalstromkreis schließen und also dem Elektromagneten des Schreibapparates Strom aus der Lokalbatterie zuführen, so daß er so lange seinen Anker anzieht, als der Leitungsstrom den Anker im Relais angezogen hält.

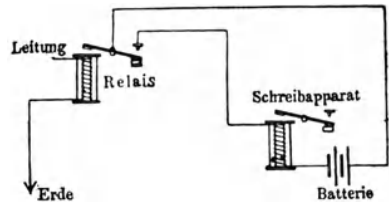


Fig. 484. Schaltung bei Anwendung des Relais.

Da das Relais sehr viel weniger Arbeit zu verrichten hat, als der Elektromagnet des Schreibapparates, so spricht es bei viel geringeren Stromstärken an, als der Apparat, und wir sehen somit, daß man bei seiner Anwendung mit schwächeren Strömen auskommt. Diese Verminderung ist so erheblich, daß man trotz der Anwendung einer zweiten Batterie doch an Elementen spart, und dieser Umstand hat schon Morse dazu geführt, diesen elektrisch betriebenen Taster an der Empfangsstelle anzuwenden.

Der Klopfer. Geübte Telegraphisten erkennen die Zeichen schon aus dem Klopfen des Hebels an seine Anschläge und bedürfen nicht der Aufzeichnung der Depesche auf den

Papierstreifen, um sie zu verstehen. Diese Möglichkeit wurde von den praktischen Amerikanern ausgenutzt, um den teureren und verwickelteren Schreibapparat entbehrlich zu machen, indem sie ihre Telegraphisten anlernten, die Zeichen mit dem Ohre aufzunehmen. Zu diesem Zwecke haben sie besondere Apparate konstruiert, in denen das Klopfzeichen möglichst laut und deutlich hervortritt, die sogenannten „Klopfer“, deren man sich in Amerika überwiegend bedient. Die Konstruktion dieses Apparates ist natürlich die denkbar einfachste, denn derselbe besteht nur aus einem Elektromagneten, der einen Hebel anzieht und diesen kräftig auf einen Anschlag aufschlagen macht. Eine Abreißfeder bringt nach dem Loslassen den Anker wieder in seine Anfangsstellung zurück. Diese Erläuterung zu unsrer Fig. 485, welche einen solchen amerikanischen Klopfer zeigt, dürfte genügen. Die Einfachheit dieses Apparates in Konstruktion und Betrieb wird dadurch aufgewogen, daß er nur vergängliche Zeichen erzeugen kann; außerdem setzt die Aufnahme einer Depesche mit dem Ohr ein ganz beträchtliches Maß Übung voraus, sehr viel mehr als zum Lesen der geschriebenen Morse-Zeichen erforderlich ist, und diese Gründe haben die meisten europäischen Telegraphenverwaltungen davon Abstand nehmen lassen, den Klopfer einzuführen.

Die Drucktelegraphen. Schon bald nach Erfindung der Zeigertelegraphen entstand die Idee, die in diesen Telegraphen bewirkte Einstellung auf einen Buchstaben mit dem

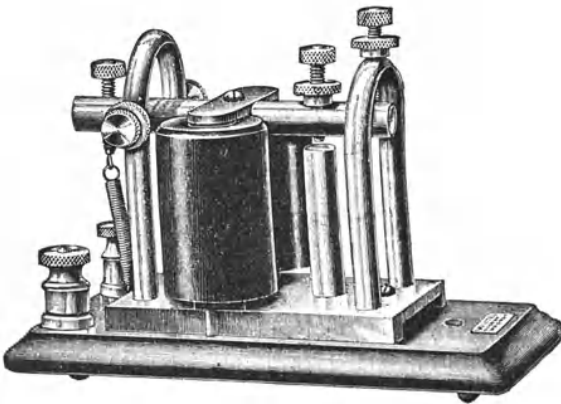


Fig. 485. Klopfer.

Druck desselben auf ein Papierblatt zu verbinden, um auf diese Weise das Telegramm nicht nur sichtbar in Buchstaben, sondern auch gleich in diesen fixiert zu erhalten. Denken wir uns einen Zeigertelegraphen, sagen wir den von Breguet (Fig. 462), derart umgestaltet, daß nicht der Zeiger, sondern das Zeigerblatt umläuft, während der Zeiger steht, was ja leicht zu erreichen ist, wenn man nicht den Zeiger, sondern das Blatt mit dem bewegten Steigrade verbindet; denken wir uns ferner dieses Zeigerblatt auf eine runde Scheibe gesetzt, deren Rand mit ebenso viel Buchstabenlettern besetzt ist, als das Blatt enthält, und diese Lettern mit einer Druckfarbe angefeuchtet, so können wir eine beliebige Letter an eine bestimmte Stelle, sagen wir auf die höchste bringen, und wenn dies erreicht ist, mit Hilfe eines zweiten, von der sendenden Station abgeschickten Stromes, einen Streifen Papier gegen die eingestellte Letter drücken und so den Buchstaben abdrucken. Wir müßten nun weiter die Einrichtung treffen, daß der Papierstreifen so weit vorgeschoben wird, um zur Aufnahme eines weiteren Buchstabens Raum zu geben, und könnten nun durch die jeweilige Einstellung des betreffenden Buchstabens die zu übermittelnden Worte telegraphiert auf den Papierstreifen drucken. Hierbei wäre nicht unbedingt die Anwendung eines besonderen Drahtes für den Strom notwendig, welcher den Papierstreifen an das Typencad drückt, vielmehr könnte man zur Bewegung der Scheibe Ströme der einen, für den Druck solche der andern Richtung benutzen, indem man polarisierte Vorrichtungen anwendet, bei denen Typenscheibe und Druckvorrichtung nach Belieben abwechselnd beeinflusst werden.

Bei einem solchen Apparate wird der Gang beider Apparate stets übereinstimmend sein, vorausgesetzt, daß bei der Typenscheibe Ausgangsstelle und Fortschreiten in Übereinstimmung sind. Man kann diese Übereinstimmung aber noch in anderer Weise erzielen, in dem man Sender und Empfänger sich unabhängig voneinander, aber in synchronem Gange bewegen läßt. Da für diese Bewegung ein Uhrwerk zu dienen hat, so entsteht die Frage, wie man den synchronen Gang aufrecht zu erhalten hat, und damit ist das Problem bezeichnet, welches für Typendruckapparate der zweiten Art zu lösen war. Auf

dem ersten Blick wird diese Lösung sehr schwierig erscheinen, und man wird geneigt sein, die Apparate der ersteren Art für die zweckmäßigeren zu halten, weil hier die Übereinstimmung zwischen Sender und Empfänger leichter zu erzielen und zu erhalten ist. Allein es hat sich bei diesen Apparaten herausgestellt, daß sie nur langsam arbeiten können, und es ist ja leicht zu verstehen, daß die Bewegung des verhältnismäßig schweren Apparates durch den Strom nicht rasch genug erfolgen kann, um auch nur eine Telegraphiegeschwindigkeit wie die der Zeigerapparate zu erzielen. Die Erfinder wendeten sich deswegen der Anwendung eines rasch durch ein Uhrwerk umgetriebenen Typenrades zu und übertrugen dem Strom nur die Aufgabe, in dem Augenblicke die Papierscheibe an das Rad zu drücken, in welchem der gewollte Buchstabe die Druckstellung erreicht hatte.

Wir können die zahlreichen Apparate, welche für diese Leistung erfunden worden sind, übergehen und uns mit der Beschreibung desjenigen Drucktelegraphen begnügen, welcher das Problem in vollkommener Weise gelöst hat und zu einer ausgedehnten Verwendung gekommen ist. Es ist dies der Typendruckapparat von Hughes (spr. Fußs), dessen Leistungen vielen Lesern in den aus bedruckten Papierstreifen zusammengesetzten Depeschen bekannt sein wird.

Zunächst haben wir die Vorrichtung zu beschreiben, durch welche der Strom in dem Augenblicke ausgeschickt wird, in welchem sich die synchron laufenden Wellen der beiden Apparate genau in der Stellung, welche dem gewollten Buchstaben entspricht, befinden. Es ist klar, daß diese Einschaltung und Ausschaltung nicht dadurch erfolgen kann, daß der sendende Telegraphist genau diesen Augenblick abpaßt, um den Strom zu schließen, sondern daß dies der Apparat thun muß, nachdem ihm durch mechanische Einwirkung sozusagen der Auftrag geworden ist, in der bestimmten Stellung den Stromstoß erfolgen zu lassen. Diesen Auftrag erhält er dadurch, daß der Beamte eine Taste, welche dem zu übermittelnden Zeichen entspricht, niederdrückt; der Apparat hat dann, wenn er bei seinem Umlauf die Taste niedergedrückt findet, in dem Augenblicke, wo er bei der entsprechenden Stellung anlangt, den Stromkreis zu schließen und nach Verlassen der Stellung wieder zu öffnen. Sehen wir zu, wie dies im Hughes-Apparat bewirkt ist.

Zu diesem Zwecke ist eine Klaviatur vorhanden (vergl. Fig. 489), welche für jedes zu übermittelnde Zeichen eine Taste enthält. Die Tasten sitzen an den Enden von zweiarmigen Hebeln, deren andre Enden unter eine Metallbüchse führen. In dieser Büchse stehen im Kreise ebensoviel Stahlstifte q (Fig. 486), als Tasten vorhanden sind, und jeder derselben ruht mit seinem unteren Ende auf dem Ende eines Hebels, so daß er durch Druck auf die betreffende Taste gehoben wird. Die Hebel der Tasten haben, um in dieser Weise die kreisförmig gestellten zugehörigen Stifte erreichen zu können, besondere Formen annehmen müssen, welche Fig. 487 erkennen läßt.

Über der Deckplatte der Stiftbüchse läuft der Schlitten, welcher durch die vom Uhrwerk bewegte Achse X_6 umgetrieben wird. Derselbe besteht aus einem gabelförmigen Messingstück G , das mit der Achse fest verbunden ist und an einem mittleren Teile S den

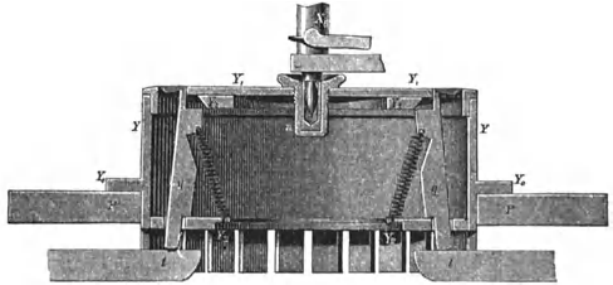


Fig. 486. Die Stiftbüchse des Hughes-Apparates.

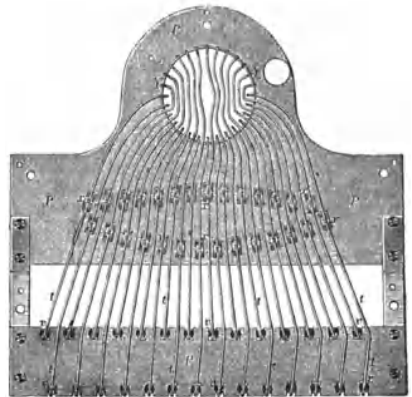


Fig. 487. Anordnung der Tastenhebel im Hughes-Apparate.

Stößer $S_1 S_2$, eine Stahlplatte mit besonders gestalteter Handkurve trägt. In den beiden Außenarmen des Teiles G ist eine Hebelvorrichtung drehbar gelagert, deren einer Arm J_1 mit seinem Ende auf die verschiebbar auf die Achse X_6 gesetzte Hülse H wirkt; der andre Arm, der dem Kreis der Stifte zugekehrt ist, trägt ein dreieckiges Stahlplättchen, dessen Spitze nach unten weist.

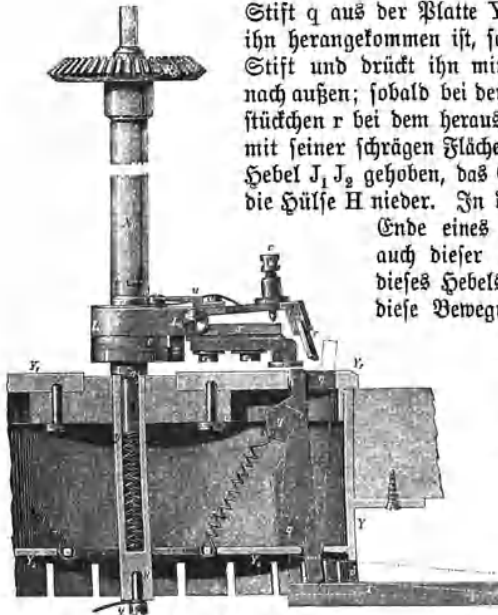


Fig. 488 A. Der Schlitten des Hughes-Apparates.

Wird nun eine Taste gedrückt, so hebt sich der zugehörige Stift q aus der Platte Y, heraus. Wenn nun der Schlitten an ihn herangekommen ist, so stößt zunächst der Stößer gegen diesen Stift und drückt ihn mit seinem gebogenen Rande noch weiter nach außen; sobald bei der weiteren Drehung das dreieckige Stahlstückchen r bei dem herausgehobenen Stift ankommt, schiebt es sich mit seiner schrägen Fläche über ihn hinweg und dadurch wird der Hebel $J_1 J_2$ gehoben, das Ende J, senkt sich infolgedessen und zieht die Hülse H nieder. In dieser Hülse läuft aber ein Stift, der im Ende eines andern Hebelarmes, C_1 , sitzt, so daß auch dieser niedergedrückt wird. Das andre Ende dieses Hebels trägt eine Kontaktfeder, welche durch diese Bewegung an einen Kontakstift gelegt wird und dadurch den Stromschluß bewirkt, wie dies aus (Fig. 488) zu ersehen ist.

Auf diese Weise wird also der Stromschluß in dem Augenblick, in welchem der Schlitten an dem gehobenen Stift q vorbeigeht, bewirkt. Durch eine weitere Einrichtung fühlt der Telegraphist, daß der Schlitten den Stift der von ihm niedergedrückten Taste passiert hat, und läßt nun dieselbe los.

Wir wollen nun betrachten, wie der Stromschluß an der betreffenden Stelle des Umlaufes im Geber ver-

wendet wird, um im Empfänger an derselben Umlaufstelle den Druck eines Buchstabens zu bewirken. Zu diesem Zweck enthält der Empfänger ein Typenrad, welches ebenfalls durch ein Uhrwerk umgetrieben wird und genau in der gleichen Zeit wie der Schlitten einen Umlauf vollendet. Der Rand des Typenrades trägt die Lettern, welche bei ihrem Vorbeigehen an einer Farbbrolle eingefärbt werden.

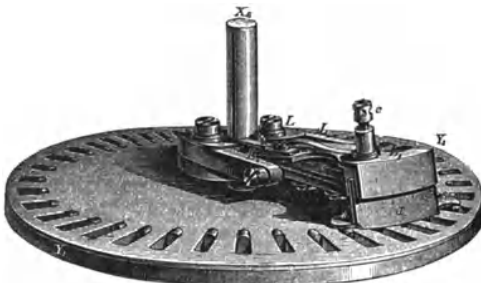


Fig. 488 B. Der Schlitten des Hughes-Apparates.

Sobald der Stromstoß aus der sendenden Station im Empfänger ankommt, löst er einen Mechanismus aus, durch welchen der Papierstreifen gegen die unterste Stelle des Randes der Typenscheibe gedrückt wird und dadurch die an dieser Stelle stehende Type aufgedruckt erhält. Damit er bei dieser Druckwirkung das Typenrad in seiner Bewegung nicht aufhält, wird er selbst beim Abdruck der Type nur so viel vorwärts geschoben, als die Type sich weiter bewegt.

Ist nun die Bewegung des Schlittens im Sender und die des Typenrades im Empfänger genau synchron, und sind beide bewegliche Teile so eingestellt, daß sich beim Anfang der Bewegung irgend eine Type des Typenrades gerade genau in der untersten Stellung befand, als der Schlitten an dem Stahlstifte, welcher dem gleichen Buchstaben im Sender zugehörte, Kontakt macht, so wird diese Übereinstimmung auch fernerhin erhalten bleiben und sich auch für die andern Buchstaben vorfinden.

Drücken wir also eine Taste im Sender, so wird der Strom genau in dem Augenblicke geschlossen werden, in welchem sich die zugehörige Type des Typenrades im Empfänger in der untersten Stellung befand, und da durch den Stromschluß das Andrücken des Papierstreifens an das Typenrad erfolgt, wird auch gerade diese Type zum Abdruck gelangen.

Sender und Empfänger sind nun zu einem Apparate vereinigt, dessen perspektivische Ansicht Fig. 489 gibt, und es werden der Schlitten und das Typenrad gemeinsam durch ein Uhrwerk bewegt. Durch dasselbe Uhrwerk wird auch der Papierstreifen gegen das Typenrad gedrückt, sobald der ihn bewegende Mechanismus durch die Wirkung des Elektromagneten mit einer vom Uhrwerk getriebenen Achse gekuppelt wird.

Auf die Einzelheiten des Mechanismus können wir hier nicht eingehen, weil sie zu zahlreich sind und ihre Beschreibung für das Verständnis des Prinzipes des Apparates entbehrlich ist. Wir wollen nur noch zwei Vorrichtungen des Apparates erwähnen, welche mit seinem Prinzipie zusammenhängen.

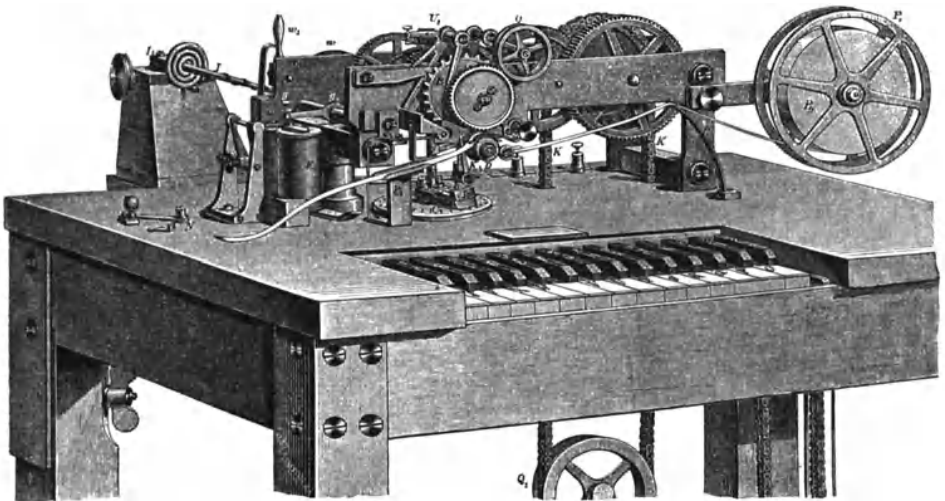


Fig. 489. Der Hughes-Apparat; perspektivische Ansicht.

Wir sagten vorhin, und aus dem Prinzipie des Apparates geht es hervor, daß der Stromschließer und das Typenrad sowohl genau synchron als auch von derselben Ausgangsstelle ausgehend laufen muß. Es ist also notwendig, daß eine Vorrichtung vorhanden sei, durch welche diese Übereinstimmungen erzielt werden können. Zunächst ist ersichtlich, daß ein Fehler im synchronen Gange leicht erkannt werden kann. Wenn nämlich der sendende Beamte zu Beginn des Telegraphierens mehrmals denselben Buchstaben drückt, so werden bei mangelndem Synchronismus im Empfänger verschiedene Buchstaben zum Abdruck kommen und der empfangende Beamte, der zunächst eine Reihe gleicher Buchstaben erwartet, ersieht, daß sein Apparat nicht synchron mit dem gebenden läuft. Ist außerdem festgesetzt, daß dieses mehrfach wiederholte Zeichen stets dasselbe sein soll, so erkennt der empfangende Beamte auch, ob bei vorhandenem Synchronismus die Einstellung richtig ist. Denn wenn er weiß, daß die sendende Station zu Beginn des Telegraphierens zunächst eine Reihe a a a a a . . . sendet, bei ihm dagegen eine Reihe b b b . . . ankommen, so erkennt er, daß zwar die Werke synchron laufen, daß er aber sein Typenrad derart zu verstellen hat, daß an Stelle der Type b die Type a kommt, um auf diese Weise entsprechend den gesendeten a auch solche zu erhalten.

Zur Regulierung der Umlaufgeschwindigkeit dient ein Schwingpendel mit verstellbarer Linse, welches wir in Fig. 489 in der links auf der hinteren Seite des Apparates angebrachten Spiralfeder mit daranhängender wagerechter Pendelstange erkennen. Durch

die Verschiebung der kugelförmigen Linse wird die Umlaufgeschwindigkeit des Apparates geändert und durch die Regulierung erzielt der Beamte den genauen Synchronismus im Gange des Apparates.

Die Leistungsfähigkeit des Hughes-Apparates ist eine ganz bedeutende und derjenigen der bisher beschriebenen Telegraphenapparate erheblich überlegen, da ein geschickter Beamte mit ihm bis zu vierzig Worten in der Minute senden kann.

Die Kopiertelegraphen. Das Ideal der Telegraphie ist die formgetreue Übertragung des Telegrammes, so daß es am Empfangsorte in der gleichen Handschrift wieder erscheint, in welcher es am Orte der Absendung aufgegeben worden ist. Freilich kann dieses Ideal nur dann als erreicht gelten, wenn eine solche Übertragung nicht mehr Leitungen in Anspruch nimmt als die heute in Gebrauch befindlichen Apparate und mindestens die gleiche Telegraphiergeschwindigkeit zuläßt wie der Hughes- oder Morse-Apparat. Die Anwendung eines solchen Telegraphen würde es ermöglichen, daß die Depesche auf Karten

von vorgeschriebener Größe geschrieben aufgegeben werden könnte, diese Karten in den sendenden Apparat gebracht würden und dieser den Empfangsapparat ihren Inhalt auf gleich große Karten formgetreu niederschreiben ließe, so daß die Empfangsstation die beschriebene Karte nur noch in einen Umschlag zu stecken und dem Adressaten zuzuschicken hätte.

Der eine Teil des hier bezeichneten Problems ist nun zwar gelöst, wir können Schriftzeichen formgetreu telegraphisch übertragen, aber diese Übertragung nimmt vorerst noch zuviel Zeit in Anspruch, und es stehen die Kopiertelegraphen, wie diese Apparate genannt werden, an Telegraphiergeschwindigkeit den zur Zeit benutzten Telegraphenapparaten weit nach, was

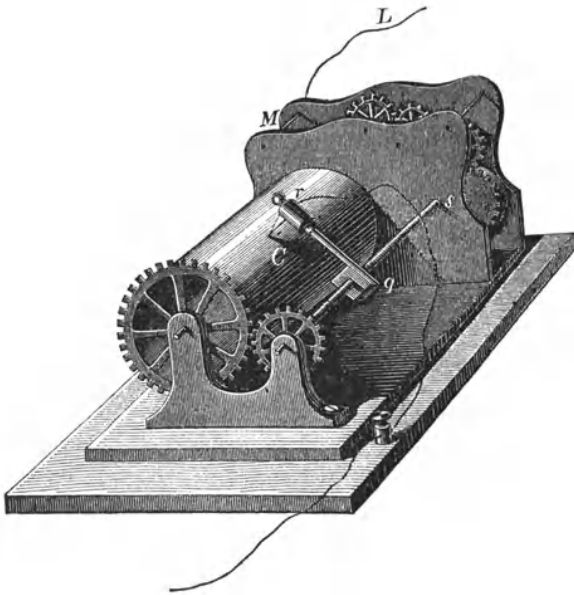


Fig. 490. Bakewells Kopiertelegraph.

ihre Verwendung für den praktischen Betrieb vorerst verbietet. Immerhin verdienen die Kopiertelegraphen auch in ihrer heutigen Unvollkommenheit unser Interesse, weil sie uns zeigen, wie es ermöglicht worden ist, Schriftzüge und Zeichnungen durch den elektrischen Strom in weite Entfernung zu schicken.

Die Kopiertelegraphen zerfallen in zwei Arten, von denen die eine die chemische Wirkung des Stromes zur Erzeugung der Schrift benutzt, während bei der andern die Schrift durch mechanische Wirkung hervorgebracht wird. Die ersteren beruhen darauf, daß gewisse farblose Chemikalien durch den Strom zu farbigen Stoffen zerlegt werden. Wir erinnern daran, daß wir auf S. 114 von dem Polreagenzpapier gesprochen haben, welches sich bei Durchgang des Stromes durch das angefeuchtete Papier am negativen Pole rot färbt. Ähnliche elektrochemische Reaktionen lassen sich mit vielen chemischen Verbindungen erzielen, so mit Eisenverbindungen, mit Anilinsalzen u. s. w. Wenn wir nun in einem Morse-Apparat den Schreibstift feststellen, so daß er den fortgleitenden Papierstreifen leicht berührt, und ihn mit dem einen Pole der Batterie, die Walze, auf welcher das Papier läuft, mit dem andern Pole verbinden, so wird, wenn das Papier mit einem farbenerzeugenden Stoff getränkt und durch Anfeuchtung leitend gemacht ist, jeder Stromschluß einen farbigen Punkt an der Berührungsstelle des Stiftes und Papieres

erzeugen, und wenn die Stromwirkung länger dauert, wird ein farbiger Strich entstehen. Auf diese Weise könnte man den Elektromagneten des Morse-Schreibers beseitigen und die Schrift durch die zeretzende Wirkung des Stromes erzeugen; derartige Schreibapparate sind auch mehrfach gebaut und versucht worden, haben sich aber aus verschiedenen Gründen nicht bewährt.

Auf einem gleichen Vorgange beruhen nun die mechanischen Kopiertelegraphen, deren Prinzip wir an einer älteren Konstruktion, an dem Apparate von Watwell erläutern wollen. In Fig. 490 sehen wir eine metallene Trommel, welche durch ein Uhrwerk in langsame Umdrehung gesetzt wird. Auf dieser Trommel ruht eine metallene Spitze, die in einen Arm eingesezt ist und durch die Mitwirkung der durch den Fuß des Armes geführten Schraubenspindel langsam verschoben wird. Wenn die Spitze ihre Spur auf der Trommel aufzeichnet, so wird sie auf derselben eine feine Schraubenlinie mit sehr engstehenden Windungen einschreiben. Ist ein solcher Apparat ist nun auf der absendenden und empfangenden Station aufgestellt und die Trommeln laufen so genau gleichförmig, daß sich die aufliegenden Spitzen stets auf identischen Punkten der Trommeln befinden. Um die Trommel des Senders ist ein dünnes Metallblatt gelegt, auf welches die zu übermittelnden Zeichen mit einer isolierenden Tinte geschrieben sind. Auf der Trommel des Empfängers liegt ein angefeuchtetes Papierblatt, welches mit der farbenerzeugenden Lösung getränkt ist. Sind nur beide Apparate dergestalt in einen Stromkreis ein-

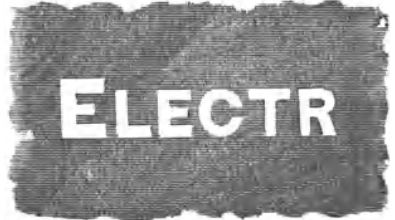


Fig. 491. Die Schrift des Watwellschen Kopiertelegraphen.

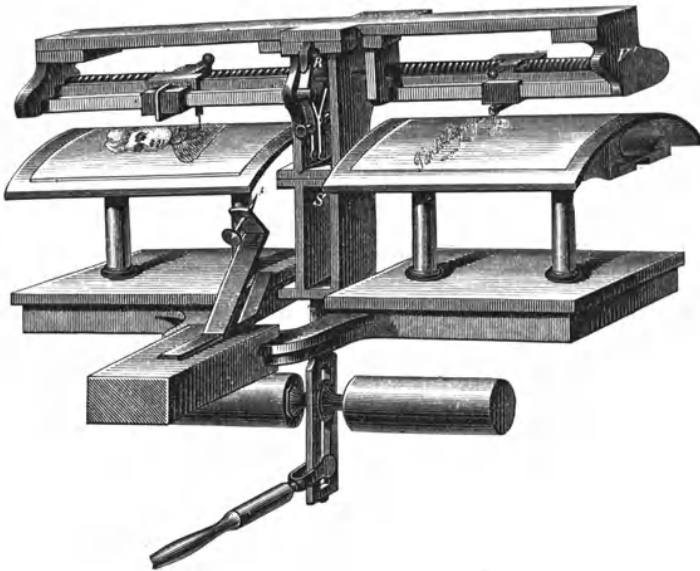


Fig. 492. Casellis Kopiertelegraph.

geschaltet, daß der Batteriestrom zunächst nach der Schreibspitze geführt ist und von dort, solange leitende Berührung vorhanden, zur Trommel geht, von welcher er weiter durch die Leitung nach der Schreibspitze des Empfängers, durch das angefeuchtete Papier zur Trommel und von hier zur Erde geleitet wird, von welcher er zur Batterie zurückkehren kann, so wird, solange die Verbindung nicht unterbrochen ist, der Schreibstift des Empfängers die farbige Spirallinie auf dem Papier erzeugen. Sobald nun aber der Schreibstift des Senders auf einen mit der isolierenden Tinte bedeckten Punkt seiner Trommel

tritt, ist der Strom unterbrochen, und im Empfänger wird an der identischen Stelle keine Verzögerung stattfinden, also ein weißer Punkt entstehen. Auf diese Weise werden alle Stellen, bei denen der Schreibstift des Senders über die Schriftzüge geht, im Empfänger weiß bleiben und die Schriftzüge daher weiß auf blau wiedergegeben werden, wie es Fig. 491 zeigt. Man erkennt sofort, daß bei diesem Apparat die Schwierigkeit besteht, die beiden Walzen in genau synchronem Gange zu halten. Wird dieser gleiche Gang gestört, so wird der weiße Punkt im Empfänger nicht auf der Stelle der Walze erscheinen, an welcher im Sender der zugehörige Punkt des Schriftzuges steht und der nächste Nachbarpunkt auf der folgenden Windung der Spirallinie wird wiederum gegen den ersteren verschoben erscheinen, so daß also die Schrift verzerrt wird. Es entsteht daher für solche Kopiertelegraphen die Aufgabe, die Bewegungen der Stifte auf den Walzen bezw. dieser gegen die Stifte genau synchron zu machen.

Der Abbé Giovanni Caselli in Paris suchte dies in den fünfziger Jahren auf folgendem Wege zu erreichen. Er übertrug die Bewegung der Stifte zwei Meter langen,

Panteligraphe Caselli.

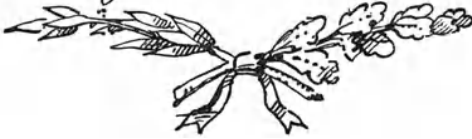


Fig. 493. Original der Schrift im Casellischen Telegraphen.

Panteligraphe Caselli.



Fig. 494. Wiedergabe der Schrift im Casellischen Telegraphen.

schweren Pendeln, an deren oberem Teil diese Stifte befestigt waren und über entsprechend gebogenen Platten hin und hergingen. Unsere Fig. 492 zeigt diesen Apparat unter Fortlassung der langen Pendelstangen. Wie wir aus derselben ersehen, enthält der Apparat zwei Schreibstifte, um gleichzeitig zwei Telegramme in der einen oder andern Richtung senden zu können, wofür ein Draht genügt, da jeder Stift nur bei der Bewegung nach einer Richtung hin in Thätigkeit tritt, die beiden Stifte also während der Pendelschwingungen abwechselnd arbeiten.

Die Stifte sitzen auf Schlitten, welche ihrerseits

durch eine Schraubenspindel bewegt und bei jedem Hin- und Hergange um ein kleines Stück verschoben werden. Der Gang der Pendel, welcher schon durch Verstellung der Pendellinsen ziemlich genau in Übereinstimmung gebracht werden kann, wird dadurch genau synchron gemacht, daß bei jedem Pendel an beiden Enden des Schwingungsbogens Elektromagnete aufgestellt sind, welche das Pendel in seiner größten Ausschlagung so lange festhalten, bis ein Chronometer, mit welchem die Pendel synchron zu gehen haben, den Stromkreis unterbricht. Die Pendel beginnen daher jede Schwingung gleichzeitig und können somit nicht zu einer störenden Gangverschiedenheit kommen.

Durch eine besondere Schaltung gelingt es, die Schriftzüge blau auf weiß erscheinen zu lassen, was jedenfalls vorteilhafter ist als die Schreibweise des vorgenannten Kopiertelegraphen. Selbstverständlich kann der Casellische Apparat die Zeichen nicht in fortlaufenden Zügen, sondern in kurzen parallelen Stricheln wiedergeben, wie dies aus dem Prinzipie des Apparates hervorgeht. Die in Fig. 493 dargestellte Originalschrift wird also in der Weise im Empfänger wiedergegeben werden, wie sie Fig. 494 zeigt.

Der Casellische Telegraph ist Anfang der sechziger Jahre in Frankreich zur Übermittlung von Depeschen benutzt worden, allein die verhältnismäßig geringe Leistungs-

fähigkeit in bezug auf Telegraphiergeschwindigkeit hat die Telegraphenverwaltung veranlaßt, ihn wieder außer Dienst zu stellen. Als der geistvolle Versuch zur Lösung eines hochinteressanten Problems hat die Erfindung des französischen Abbés auch jetzt noch Bedeutung, und man kann nicht sagen, ob nicht der Apparat in Zukunft für die eine oder andre Verwendung in verbesserter Gestalt wieder erstehen wird.

In neuerer Zeit sind mehrfach Versuche gemacht worden, die Kopiertelegraphen zu verbessern, mit Erfolg namentlich von einem französischen Telegraphentechniker Meyer, einem geborenen Elsässer, welcher die chemische Wirkung des Stromes für die Schriftgebung durch eine mechanische Druckvorrichtung ersetzte. Auch dieser Apparat ist mehrfach praktisch erprobt worden, ohne daß er die Leistungsfähigkeit, welche eine allgemeine Einführung bedingt, erreicht hätte.

In allerneuester Zeit hat man die Telephotographie für die formgetreue Übertragung von Schriftzeichen zu Hilfe zu nehmen gesucht; da aber diese Kunst mehr der Zukunft als der Gegenwart angehört, so wollen wir die darauf abzielenden Versuche gelegentlich später in einem andern Kapitel erwähnen.

Die Unterseelegraphie.

Die Telegraphenapparate, welche wir bisher kennen gelernt haben, dienen in der Hauptsache der Telegraphie auf Landlinien, können allerdings auch auf kürzeren unterseeischen und auf unterirdischen Leitungen benutzt werden, eignen sich aber nicht für die langen Seekabel, welche sich durch die Meere von Festland zu Festland ziehen und müssen durch andre Apparate von weit größerer Empfindlichkeit ersetzt werden. Es sind aber nicht die Telegraphenapparate allein, welche die Landtelegraphie von der Seetelegraphie unterscheiden, ein größerer Unterschied findet sich noch bei den Leitungsanlagen, und deswegen wollen wir die Marinetelegraphie in einem besonderen Abschnitte zusammenfassen. Gehen wir über die Grenzen der Technik hinaus, so tritt uns ein weiterer Unterschied entgegen, den man nicht außer acht lassen kann; er findet sich in der wirtschaftlichen und geschäftlichen Bedeutung der großen Seeverbindung. Die Landlinien verbinden Orte, zwischen denen — wenn wir die großen transkontinentalen Verbindungen außer acht lassen — auch durch andre Mittel ein Verkehr mit genügender Übertragungsgeschwindigkeit aufrecht erhalten werden kann, so daß, um ein Beispiel herauszugreifen, auch ohne den Telegraphen die europäischen Märkte untereinander in enger Beziehung stehen würden. Gewiß, durch den Telegraphen sind diese Beziehungen verhundertfacht worden, und die Bewegung eines Marktes pflanzt sich in wenigen Stunden über ganz Europa fort. Aber diese fördernde Wirkung des Telegraphen tritt bei den großen Kontinentverbindungen viel intensiver zu Tage, denn durch dieselben werden die großen überseeischen Märkte, welche sonst durch Zeiträume von Wochen- und Monatslänge getrennt waren, in unmittelbaren, in momentanen Verkehr gebracht. Welche Rolle dies nur bei der Ernährung der Menschheit spielt, das brauchen wir nicht zu sagen. Eine ähnliche Wirkung können wir im politischen Leben beobachten. Die Geschehnisse in China oder Peru oder in Afrika bewirken durch die elektrische Übertragung, die das Kabel vermittelt, sofort auch Vorgänge in den Zentren des politischen und damit auch des geschäftlichen Lebens, und so könnte man sie als große Nervenstränge im Körper der Menschheit bezeichnen.

In geschäftlicher Beziehung betrachtet — wir meinen sie als gewinnbringende Unternehmen, nicht in ihrer Wirkung auf das geschäftliche Leben — weisen die Seekabel dadurch einen erheblichen Unterschied gegen die Landlinien auf, daß sie gegen Landleitungen von gleicher Länge und gleicher Leistung unverhältnismäßig viel teurer sind und daher eine sehr viel intensivere Ausnutzung notwendig machen. Berücksichtigen wir, daß die zehn Leitungen, welche zwischen Europa und Amerika liegen, mehr gekostet haben, als das ganze deutsche Telegraphennetz, daß also die auf ihnen alltäglich übermittelten Worte in der Zahl gegen die auf deutschen Linien gewechselten verschwinden, so wird man erkennen, daß ein Seekabel sich geschäftlich von einer Landlinie sehr wesentlich unterscheidet.

Für uns sind allerdings diese Unterschiede, so groß ihre anderweitige Bedeutung ist, nur nebensächliche, aber zusammen mit den großen technischen Verschiedenheiten, welche die Seefabel gegen die Landlinien auszeichnen, lassen sie die Unterseelinien als eine gesonderte Klasse in der Telegraphie erscheinen, und so seien sie hier auch besonders behandelt.

Die erste Idee für eine Untersee-Verbindung ist von Wheatstone ausgegangen, der bereits 1837, kurz nachdem er sich mit Cooke zusammengesetzt, den Plan faßte, England und Frankreich telegraphisch zu verbinden. Er gedachte hierfür ein Seil, das aus sieben mit geteertem Hanf umwickelten Kupferdrähten zusammengedreht war, zu benutzen und machte im Jahre 1844 mehrfache Versuche über die Ausführbarkeit dieser Idee. Zu einem ganz ähnlichen Gedanken wurde ein anderer Erfinder der Telegraphie, Morse, angeregt, welcher im Jahre 1843 dem Schatzamt der Vereinigten Staaten den Vorschlag machte, eine telegraphische Verbindung zwischen England und Amerika herzustellen. Die damaligen Isolationsmittel waren aber wohl noch kaum hinreichend, um die Isolation eines im Wasser liegenden Kabels dauernd aufrecht zu erhalten, und erst als Anfang der vierziger Jahre der Kautschuk und die Guttapercha nach Europa kamen, gewann man einen Stoff, der eine zuverlässige Schutzhülle für Leitungen, die im Wasser liegen, abgeben kann. Die vortrefflichen elektrischen Eigenschaften dieser Harze wurden von den Elektrikern rasch erkannt, und es war unser Werner Siemens, der zuerst auf die Verwendbarkeit der Guttapercha als Isolationsmittel hinwies und Maschinen konstruierte, isolierende Hüllen aus diesem Stoff auf Leitungsdrähte zu bringen. Im Jahre 1848 legte er selbst Unterwasserleitungen, die mit Guttapercha isoliert waren, im Hafen von Kiel, wo sie zur Entzündung von Seeminen dienen sollten. Ein ähnlicher Versuch mit der Versenkung von solchen Leitungen in Wasser wurde im selben Jahre von Armstrong in Amerika gemacht und mit so gutem Erfolge, daß Armstrong sofort die Herstellung einer telegraphischen Verbindung zwischen Amerika und Europa in Vorschlag brachte.

Ein Jahr vorher hatte John W. Brett von der französischen Regierung die Konzession zu einer telegraphischen Verbindung Frankreichs mit England erhalten, ging derselben aber verlustig, da er innerhalb der festgesetzten Frist die Anlage nicht fertig gestellt hatte; sie wurde ihm 1849 erneuert, jedoch unter der Bedingung, daß die Verbindung bis zum 1. September 1850 hergestellt sein müsse. Es bildete sich nun die „Compagnie du télégraphe sous-marin de la Manche“, welche ein Kabel für die Unterseeleitung anfertigen ließ. Dasselbe bestand aus einem zwei Millimeter dicken Kupferdraht, auf den man eine dicke Guttaperchahülle von 12,5 Millimeter äußerem Durchmesser gelegt hatte. Die Technik der Guttaperchabedeckungen war damals noch sehr in der Kindheit, und man mußte das Kabel in Stücken von hundert Meter Länge herstellen, welche man auf dem Kabelschiff zu einem Strange vereinigte. Die Meßmethoden zur Prüfung der Isolation waren noch sehr primitive, und so bot dieses erste Unterseekabel von vornherein wenig Aussicht auf dauernde Leistung. Sein größter Fehler aber war, daß die isolierende Hülle ohne Schutz gegen mechanische Einwirkungen gelassen wurde, und an diesem Mangel ging es auch alsbald zu Grunde, seine Unternehmer und die Telegraphentechnik um eine wertvolle Erfahrung bereichernd, welche im weiteren auch genügende Anerkennung fand.

Am 23. August 1850 ging ein kleines Geschwader bei Dover in See, der „Goliath“, der das Kabel trug, und ein Dampfer, um das Kabelschiff zu schleppen; voran fuhr das Kriegsschiff „Wigdeon“, das den vorher sorgfältig bestimmten Weg zu weisen hatte. Ehe noch die Sonne sank, war der „Goliath“ an der Boje von Calais angekommen, welche das Ende des bereits gelegten Küstentabels trug. Vom Schiff aus sprach man noch am Abend nach der englischen Küste und verband am andern Morgen die beiden Kabel, um nun die Verbindung mit einem Nadeltelegraphen zu versuchen. Aber leider antwortete die englische Seite nicht, und es blieb kein Zweifel, daß das Kabel untauglich geworden war, ehe es noch in Betrieb kam.

Es gelang Brett, eine neue Konzession zu erhalten, aber fast wäre ihm auch diese ohne Nutzen geblieben, da er die nötigen Kapitalien für das Unternehmen nicht aufzutreiben vermochte; da trat aber ein energischer Mann, Crampton, an seine Seite, der

nicht nur das Geld beschaffte, sondern auch dem neuen Kabel eine Konstruktion gab, welche für alle späteren Kabel als Muster angenommen worden ist. Am 25. September 1851 wurde das Kabel gelegt und es arbeitet noch heute, wenngleich es auch manche Verbesserung und stückweise Ersetzung nötig gemacht hat.

Wie unsre Fig. 1 auf der Tafel X erkennen läßt, besteht das Kabel, welches den gleichen Durchmesser wie auf dem Bilde hat, aus vier Kupferdrähten, deren jeder mit einer etwa sechs Millimeter dicken Guttaperchahülle umgeben ist. Diese vier Adern sind mit fünf runden geteerten Hanfschnüren zu einem Seil zusammengedreht, das mit einer geteerten Hanfschnur übersponnen ist. Um dieses Seil ist eine weitere Hanflage gelegt und das Ganze dann mit zehn verzinkten Eisendrähten von je sieben Millimeter Durchmesser umspinnen.

Der gute Erfolg, den endlich die Verbindung England-Frankreich erreicht hatte, gab den Anstoß zu weiteren Unternehmen, und es entstanden nun rasch neue Verbindungen, so zwischen England und Irland, welche erst nach drei Fehlunternehmen zustandekam, zwischen England und Holland, Schweden und Norwegen, zwischen Italien, Sardinien und Corsica. Wir können es uns versagen, diese für die Entwicklung der Seetelegraphie gewiß interessanten Anlagen zu beschreiben, und wenden uns dem bedeutungsvollsten Unternehmen zu, der transatlantischen Verbindung, welche uns Gelegenheit geben wird, die Verlegung der Kabel mit den hierzu benötigten Einrichtungen und den zu überwindenden Schwierigkeiten bekannt zu machen.

Daß diese Verbindung trotz aller Widerwärtigkeiten und Fehlschläge zustande gekommen ist, verbannt die Welt der Energie und Fähigkeit eines Amerikaners, Cyrus Field, den alle Widerwärtigkeiten, welche der transatlantische Telegraph in seiner Kindheit erfahren mußte, nicht abschrecken und nicht ermüden konnten, und welcher sich durch den Mißerfolg nicht abhalten ließ, die Sache immer wieder aufs neue aufzunehmen, und das Geschick hatte, das ängstliche Volk der Kapitalisten für das Unternehmen zu gewinnen. Cyrus Field hatte die Konzession zur telegraphischen Verbindung zwischen Amerika und Neufundland von seinem Vorgänger erworben, welcher sie aus Mangel an Mitteln nicht halten konnte; diese Verbindung hatte Field im Jahre 1855 fertig gestellt. Er begab sich nun im folgenden Jahre nach England und fand dort bei Brett und andern Unterstützung für sein großes Projekt, Irland und Neufundland zu verbinden. Bei den vorläufigen Versuchen, welche für das Unternehmen durch Whitehouse angestellt wurden, bemerkte man zum erstenmal die Verzögerung in der Übermittlung der Zeichen, eine Erscheinung, welche man sich damals noch nicht zu erklären wußte; gleichzeitig beobachtete Whitehouse auch, daß diese Verzögerung vermindert wurde, wenn man Wechselströme anwendete. Die hier zu Grunde liegende Erscheinung, welche durch die Ladung des Kabels bedingt ist, wurde erst später in ihrer vollen Bedeutung für die Seetelegraphie gewürdigt.

Die transatlantische Verbindung. Im Februar 1857 begann man mit der Herstellung des Kabels, welches aus einer siebendrähtigen Kupferseele mit einer Guttaperchahülle von etwa fünfzehn Millimeter äußerem Durchmesser bestand; um die Ader war ein Mantel aus geteertem Hanf gelegt und dieses Kabel dann mit achtzehn siebendrähtigen Eisendrahtlitzen umspinnen. Für die Küstenenden hatte man stärker bewehrte Kabel genommen. Die unglücklicherweise zu sehr beschleunigte Fabrikation des Kabels, das in vier Monaten fertig gestellt wurde, gab Anlaß zur Entstehung von fehlerhaften Stellen, welche später dem Kabel zum Verderben gereichen sollten.

Für die Verlegung des Kabels war eine große Hochebene im Meeresgrunde, die sich zwischen Irland und Neufundland hinzieht und jetzt als Lagerstätte vieler Kabel die Telegraphenhochebene heißt, auserselben worden. Der Grund derselben besteht aus grauem Sand, welcher ein gutes Bett für die Kabel abgibt und ihrer Erhaltung sehr förderlich ist. Am 6. August 1857 lief die kleine Flotte, welche die Legung zu bewerkstelligen hatte, von Valentia in Irland aus; sie bestand aus zwei Schiffen, welche je eine Hälfte des Kabels trugen, einem Leitschiff, das den Weg anzuzeigen hatte, einer amerikanischen und einer englischen Korvette und zwei kleineren Dampfern für flaches Gewässer. Das Küstenkabel war schon tags vorher gelegt worden und wurde nun mit dem Tiefseekabel

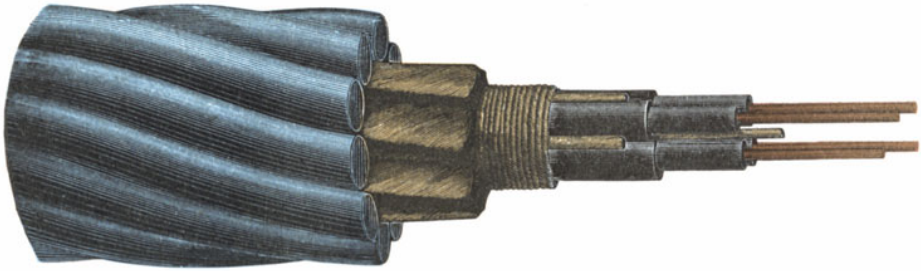
verbunden, worauf der Auslauf des Kabels mit einer Geschwindigkeit von zwei Seemeilen in der Stunde begann. Nach dreiviertel Stunden sprang das Kabel aus einer Leitrolle der Auslaufvorrichtung und zerriß, und erst am Abend des andern Tages war die Verbindung wiederhergestellt. Die Reise ging nun einige Tage ohne Zwischenfälle von statten, aber am 11. August wurde die See unruhig, und die ungeschickte Handhabung der Auslaufbremse durch einen Arbeiter veranlaßte einen Bruch des Kabels, von welchem bereits über 300 Meilen gelegt waren. Da man das abgerissene Ende nicht heraufzuholen vermochte, kehrten die Schiffe um, und die Kabel wurden aus den Schiffen wieder herausgenommen, um nachgesehen zu werden. Die fehlerhaften Stellen wurden herausgeschnitten und ein neues Stück von 750 Seemeilen hergestellt.

Im Frühling 1858 begaben sich die beiden Kabelschiffe auf die Mitte des Ozeans, vereinigten ihre Kabelenden und begannen nun, das eine gegen Neufundland, das andre gegen England hin, das Kabel auszulegen. Dreimal verunglückte das Unternehmen durch Kabelbruch, und erst als zum vierten Male die Kabel auf dem Ozean verbunden worden waren, gelang es beiden Schiffen, am 5. August die Enden glücklich an die Ufer der Alten und Neuen Welt zu bringen. Als bald flogen die Glückwünsche der Königin von England und des Präsidenten der Vereinigten Staaten von Land zu Land, die großen Städte illuminierten und Amerika schwamm in Freude. Aber während die Wogen der Begeisterung noch hoch gingen, begann das Kabel zu versagen, und wenn es auch gelang, die Verbindung noch einige Tage aufrecht zu erhalten, so war das Kabel doch bereits am 1. September vollständig tot. Es hat im ganzen nur zwanzig Tage gearbeitet und ist dem allgemeinen Verkehr nicht übergeben worden. Die wertvollste Leistung, die es vollbracht hat, ist eine Depesche der englischen Regierung an die kanarische gewesen, welche die anbefohlene Zurückberufung zweier Regimenter beizeiten widerrief und der englischen Regierung eine unnötige Ausgabe von einigen Millionen Mark erspart hat.

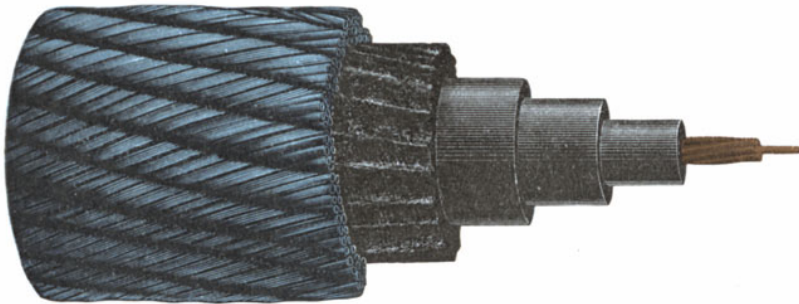
Welches der Grund des Versagens gewesen ist, hat man nicht ermitteln können. Es gelang nicht, das Kabel wieder aufzunehmen, und so ruht es thatenlos, aber historisch berühmt auf dem Grunde des Meeres; denn eine große, folgenreiche That hat es vollbracht, es hat bewiesen, daß man von England durch den Ozean nach Amerika telegraphieren kann, und dieser thatsächliche Beweis hat den kühnen Unternehmern wieder Mut gegeben, das Werk aufs neue zu unternehmen und es schließlich zu einem glücklichen Ende zu führen.

Dem großen Mißerfolg bei der transatlantischen Linie folgte unverweilt ein zweiter bei dem 1857 gelegten Kabel von Suez nach Indien, dessen Gesamtlänge 3000 Seemeilen betrug. Auch hier war man genötigt, das verlegte Kabel schon nach kurzer Zeit als verloren aufzugeben. Beide Unternehmen, das transatlantische und das indische, hatten über 24 Millionen Mark verschlungen, von denen so gut wie nichts gerettet wurde — außer den wertvollen Erfahrungen, welche man aus den Mißerfolgen gewonnen hatte. Nun war an diesen Verlusten die englische Regierung stark beteiligt, da sie eine Zinsgewährleistung übernommen hatte, und sie entschloß sich deshalb, zunächst die Angelegenheit der Fabrikation, Verlegung und des Betriebes unterseeischer Telegraphen durch einen sachkundigen Ausschuß gründlich prüfen zu lassen, bevor sie weitere Konzeptionen für derartige Anlagen erteilte. Vom Handelsamt (Board of Trade) und der „Transatlantischen Telegraphengesellschaft“ wurden je vier Mitglieder in diesen Ausschuß geschickt, welche in weitgehenden Beratungen und durch die Befragung von Autoritäten auf dem Gebiete der Telegraphie- und der Elektrizitätslehre die Prinzipien feststellten, nach denen die Anlagen auszuführen seien. Eine Reihe von Versuchen wurden von dem Ausschuß wie auch von Gelehrten und Sachmännern unternommen, um alle bei den Untersee-kabeln in Frage kommenden Einwirkungen festzustellen, und so konnte der Ausschuß in Zusammenfassung aller dieser Arbeiten im April 1861 in seinem Berichte erklären, daß seiner Meinung nach die entstandenen Mißerfolge Fehlern zuzuschreiben seien, die man vermeiden könne, daß also eine vollständige Sicherheit bei der Anlage und dem Betriebe der Unterseekabel zu erreichen sei. Diese großartige Arbeit ist der Grundstein gewesen, auf welchem die heutige Untersee-Telegraphie aufgebaut ist.

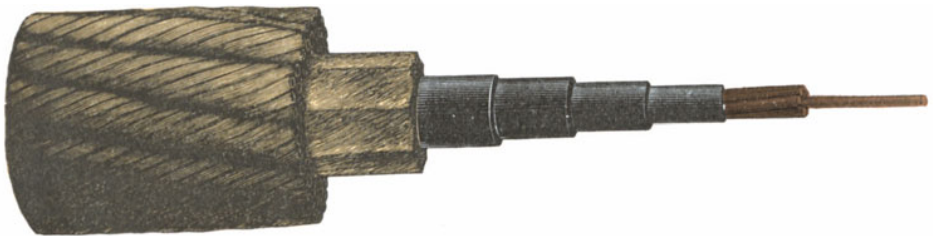
Kabel-Konstruktionen.



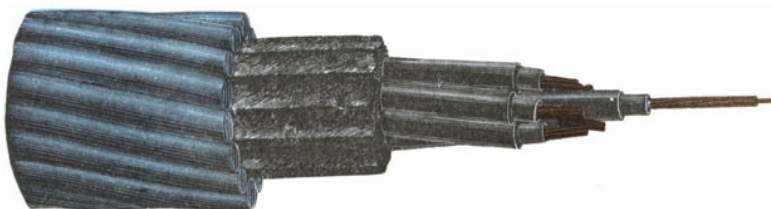
I. Das Kabel Dover-Calais vom Jahre 1851.



II. Das erste transatlantische Kabel vom Jahre 1857.



III. Das zweite transatlantische Kabel vom Jahre 1865.



IV. Das unterirdische Kabel Berlin-Halle vom Jahre 1876

Der unerfrockene Cyrus Field nahm seine Arbeit wieder auf, und da die Untersuchungen des eben genannten Ausschusses die theoretische Möglichkeit für die transatlantische telegraphische Verbindung ausgesprochen, zudem auch die geglückte Ausführung mehrerer kleinerer Verbindungen mittlerweile diese Ansicht bestätigt hatten, so wurde das große Werk aufs neue unternommen, nachdem man durch eine genaue Erforschung des Meeresgrundes die beste Linie für die Verlegung festgestellt hatte. Das neue Kabel bestand aus einer siebendrähtigen Litze, welche durch vier Guttaperchalagen isoliert war (Fig. 3 der Tafel IX); zwischen Draht und innerer Guttaperchahülle wie zwischen den Guttaperchahüllen selbst war eine Schicht Chattertoncompound gebracht, welche Draht und Hüllen innig miteinander verband und das Entstehen von Luftblasen verhinderte. Die Kupferseele selbst war gegen die Kabels von 1858 erheblich stärker und aus besserem Material hergestellt, so daß der Widerstand des neuen Kabels bedeutend gegen den des früheren vermindert war. Um die Guttaperchaeder war eine Lage von geteertem Hanf und auf diese zehn Stahldrähte, die für den eignen Schutz mit geteertem Manillahanf umspinnen waren, gelegt. Der Gesamtdurchmesser des Kabels war 27 Millimeter; für die Küstenden war das Kabel noch mit einer zweiten Umspinnung von zwölf Eisendrahtlitzen versehen, von denen jede drei Drähte von 6,5 Millimeter Durchmesser enthielt.

Die früheren Mißstände, welche sich bei der Verwendung zweier Schiffe für die Verlegung ergeben hatten, bestimmten die Unternehmer, diesmal das Kabel aus einem Schiff auszulegen, und hierfür wurde das Riesenschiff „Great Eastern“ bestimmt.

Am 22. Juli 1865 begann die Legung des Küstenkabels, die ohne irgend welchen Unfall glücklich von statten ging, und am andern Tage verband der „Great Eastern“, dessen Kommando Kapitän Anderson übernommen hatte, sein großes Kabel mit dem verlegten Küstende, um dann in die hohe See hinauszudampfen und das kostbare Gut dem Meere anzuvertrauen. Zwei Schiffe der englischen Marine, „Sphinx“ und „Terrible“, begleiteten es auf seiner Fahrt. Die Legungsarbeiten leitete Canning, während Sir Thomson, damals noch William Thomson, und J. Warley als Elektriker das Kabel begleiteten. Bereits am andern Tage zeigte das Kabel einen Fehler, und man war genötigt, mehr als zehn Meilen Kabel wieder aufzuwinden, um den Fehler zu entdecken, welcher dadurch entstanden war, daß ein Drahtstück das Kabel durchbohrt und Seele und Eisenschutzhülle in Kontakt gebracht hatte. Das beschädigte Stück wurde ausgeschnitten, die Enden wieder zusammengespleißt und der „Great Eastern“ nahm die Fahrt wieder auf. Schon nach fünf Tagen, am 29. Juli, nachdem 716 Meilen verlegt worden waren, zeigte sich ein neuer Fehler; wiederum mußte das Kabel aufgewunden und der Fehler, der ein ganz gleicher wie der erste war, beseitigt werden. Dieses auffällige Erscheinen zweier ganz gleichartiger Fehler verursachte bei den Beteiligten eine lebhafteste und erklärliche Unruhe, und man sprach schon von gedungenen Kabelmördern, die sich als Arbeiter auf das Schiff eingeschlichen hätten. Welche Mühe die Auffindung eines solchen Fehlers macht, wird man ermessen können, wenn man erfährt, daß manche Meile Kabel Zoll um Zoll durchgesehen werden muß, wie unsre Fig. 495 dies veranschaulichen mag.

Am 2. August trat ein neuer Fehler auf, nachdem bereits nahezu 1200 Meilen gelegt worden waren. Das Kabel mußte aus der außerordentlichen Tiefe von 2000 Faden aufgewunden werden, und dabei geriet die Maschinerie für das Aufwinden in Unordnung, so daß der „Great Eastern“ stoppen mußte. So dem Wind und Wellenschlag preisgegeben, kam das Schiff in starke Bewegung, welche das Kabel in Mitleidenschaft zog und es an zwei Stellen beschädigte. Ehe noch die beschädigten Partien eingezogen waren, riß das Kabel und versank in die Tiefe.

Canning ließ sich nicht entmutigen und entschloß sich sofort, das verlorene Kabel aufzufinden, ein Unternehmen, das für solche Seetiefen vorher noch nicht ausgeführt war. Ein Greifanker wurde an einem Drahtseil befestigt und quer zur Verlegungsrichtung vom Schiff über den Meeresgrund geschleppt. Nach 15 Stunden zeigte das Dynamometer eine höhere Spannung im Drahtseil an, das Kabel war gefaßt worden. Nun begann man das Kabel aufzuwinden, und schon waren 700 Faden des Drahtseiles ins Schiff gebracht, als plötzlich das Seil riß und Kabel und abgerissenes Seil in die Tiefe versanken.

Unverweilt wurde die Hebearbeit wieder aufgenommen und das Kabel aufs neue gefaßt. Schon war es bis auf 500 Faden an das Schiff gehoben, da riß wiederum das Seil, und wieder sank der kostbare Schatz in die Tiefe. Noch zwei Versuche wurden gemacht, das Kabel zu heben; auch diesmal ent schlüpfte das Kabel, und nun war das Material an Anker und Seilen erschöpft. Die Legung war mißglückt, und die Schiffe kehrten nach England zurück. Was erreicht war, bestand in der Erkenntnis der begangenen Fehler und der Möglichkeit, ein Kabel in 2000 Faden Tiefe zu fassen und aus derselben hochzuheben.

Dieser ideale Wert war aber auch vorerst das einzige, was aus dem Unternehmen übrig blieb, denn die Geldmittel der Gesellschaft waren erschöpft, und die „Atlantic Cable Co.“ verkaufte ihre Rechte an eine neue Gesellschaft, die „Anglo-American Co.“, welche unverweilt ein neues 3000 Kilometer langes Kabel bei Glas, Elliot & Co. in Auftrag gab. Mut haben die Unternehmer des großen Werkes bewiesen.

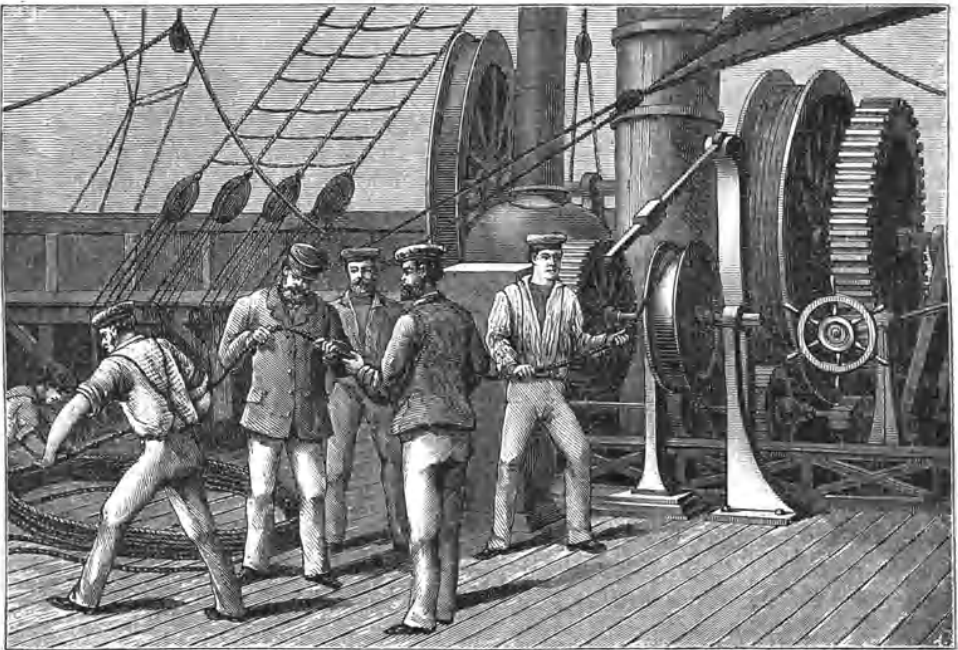


Fig. 495. Auffindung eines Fehlers im aufgewundenen Kabel. Nach „La Lumière électrique“.

Das neue Kabel hatte die gleiche Konstruktion wie das vorige, nur hatte man die umspinnenden Drähte der Bewehrung nicht mit Teer getränkt. Sein Gewicht betrug 1600 Kilogramm für die Seemeile in der Luft, also rund 1 Kilo für den Meter, und nur 740 Kilo im Wasser; der Durchmesser war 27 Millimeter.

Die Auslegemaschine des „Great Eastern“ war mit großer Sorgfalt nach den Angaben Cannings und Cliffons hergestellt worden und bestand aus sechs hintereinander gestellten vertikalen Rädern mit Nuten, von denen jede mit einer Vorrichtung zum Andrücken des Kabels an das Rad und mit Bremsen versehen war. Das aus dem Behälter auslaufende Kabel hatte über diese Räder zu gehen und wurde dabei durch die Preßrollen der erwähnten Vorrichtung an dieselben angepreßt. Dann lief es in vier Windungen über eine Trommel von zwei Meter Durchmesser und darauf gleich über eine zweite derartige Trommel, ging dann durch das Dynamometer und wurde nun in das Meer geleitet. Die beiden großen Trommeln dienten zur Bremsung des Kabels, deren Zweck wir weiter unten erläutern wollen, und waren deswegen mit zwei Bremsen

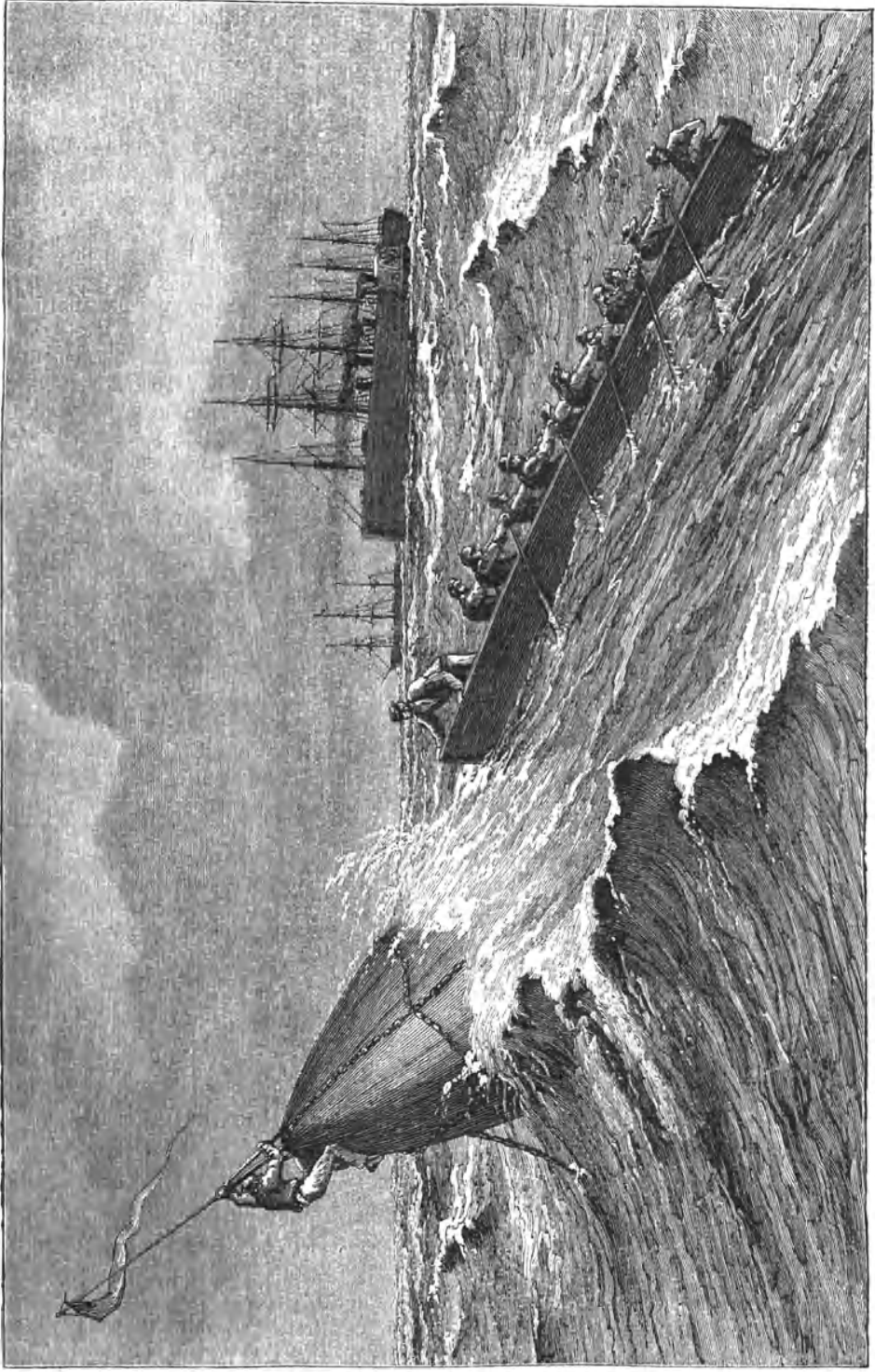


Fig. 496. Boje, das gebogene Ende des Kabels tragend. Nach „La Lumiere électrique“.

besonderer Konstruktion versehen. Das Dynamometer, das ebenfalls später beschrieben werden soll, diente dazu, den jeweils am Kabel wirkenden Zug erkennen zu lassen.

Für diese Auslegemaschine war nun weiter noch eine siebzigpferdige Dampfmaschine aufgestellt worden, welche die beiden großen Trommeln bewegen konnte und die Auslegemaschine auch als Hebungsmaschine benutzen ließ. Außerdem wurde noch eine besondere Hebemaschinerie mit einer Dampfmaschine von siebenzig Pferdekraften eingerichtet und so hoffte man, für alle Möglichkeiten gesichert zu sein, nachdem auch noch ein 20 Meilen langes Drahtseil für die etwaige Hebung des Kabels besorgt worden war. Außerdem hatte man noch die Maschine des Schiffes umgestaltet, so daß jedes Rad für sich betrieben werden konnte und man im Stande war, das Schiff schnell zu wenden.

Am 7. Juli 1866 wurde das Werk der Verlegung des neuen Kabels begonnen und nach glücklicher Verlegung des Küstenendes das große Kabel am 13. Juli angeschlossen, worauf die Auslegung sofort begann. Der Leitungsweg war parallel dem vom vorigen Jahre mit einer Entfernung von 27 Seemeilen gewählt.

Dieses Mal wurden der Mut und die Fähigkeit der Unternehmer mit einem vollen und verdienten Erfolge belohnt, denn am 27. Juli 1866 lief das Schiff, ohne eine bedeutende Störung erfahren zu haben, in Heart's Content auf Neufundland mit dem Kabel ein und brachte das Ende desselben unter unbeschreiblichem Jubel der Bevölkerung, der in Europa und Amerika seinen begeistertsten Widerhall fand, auf das feste Land. Der Menschengestalt hatte über die Mächte der Tiefe gesiegt, zwei große Kontinente waren auf Minutenrufsweite zusammengedrückt worden, und alsbald flogen die Begrüßungsworte von Land zu Land.

Ermutigt durch diesen Sieg, gingen die Unternehmer daran, die Scharte vom vorigen Jahre auszuweichen und das versunkene Kabel, das sich mit Gewalt und Tücke seiner Pflicht hatte entziehen wollen, aufs neue in den Dienst zu zwingen. Gemehrt hat es sich in diesem Kampfe bis aufs äußerste, aber es hat sich schließlich doch fügen müssen.

Das abgerissene Ende des Kabels lag etwa 600 Meilen von der Küste Neufundland entfernt; aber da das Meer keine Merkzeichen hat und die Bojen, welche man an der Bruchstelle verankert hatte, längst weggespült waren, auch keine genauen Ortsbestimmungen hatten gemacht werden können, so war man darauf angewiesen, ein wenig aufs Geratewohl zu fischen. Allein die Leiter des Unternehmens waren voll Vertrauen und gingen unverweilt daran, das Kabel aufzunehmen und mit dem schon bereit liegenden Zusatzstücke bis nach der Küste zu führen.

Am 9. August 1866 ging der „Great Eastern“ wieder in See, nachdem von zwei andern Schiffen schon vorher der im vorigen Jahre befahrene Weg durch ausgelegte Bojen markiert worden war. Cannings Plan war es, das Kabel möglichst nahe an seinem Ende zu fassen und auf eine gewisse Höhe zu heben, um es dann durch ein andres Schiff von seinem kürzeren Ende abzuschneiden zu lassen und darauf vollends zu heben. Als der „Great Eastern“ ankam, hatte die „Albany“ das Kabel bereits gefaßt und mit einer Boje verbunden; allein ein Sturm hatte diese fortgespült und das Kabel war wieder zurückgefallen.

Der „Great Eastern“ begann sofort zu fischen und faßte auch bald das Kabel wieder; aber als man es um 1300 Faden gehoben hatte und mit einer Boje verbinden wollte, entschlüpfte das Hebeseil und fiel mit dem Kabel ins Meer. Der „Great Eastern“ nahm seine Arbeit wieder auf, faßte das Kabel und um 11 Uhr abends stieg der Greifanker aus dem Wasser, das Kabel in seinen Armen. Das Aussehen des Kabels war vorzüglich, und es zeigte sich auf seiner oberen Hälfte noch glänzend schwarz, während die untere durch den Meeresschlamm, auf welchem es gelegen hatte, weiß gefärbt erschien.

Während man nun in aller Hast bemüht war, das Kabel festzulegen, schlüpfte es aus dem Anker und fiel in das Meer zurück. Am 19. August war es wieder gefaßt und auf 1000 Faden gehoben worden, aber da die See unruhig war, konnte man es nicht an eine Boje legen, und wieder sank es in den Schoß des Meeres zurück. Nun verging eine Woche, ohne daß es gelang, das Kabel hoch zu bringen, sei es, daß es nicht gefaßt wurde, sei es, daß es, wenn gefaßt, im entscheidenden Moment wieder entschlüpfte.

Am 27. August hatte eines der Schiffe das Kabel gefaßt und an eine Boje gelegt, aber die Freude war eine kurze, denn es erwies sich, daß man das unrichtige Ende, ein abgeschchnittenes Stück erwischte hatte.

Da die günstige Zeit nahezu verstrichen war, so entschloß sich Canning, das Operationsgebiet 80 Meilen weiter nach Osten zu verlegen, wo das Kabel nur 1900 Faden tief lag. Am 31. August war es wieder gefaßt und auf 800 Faden unter Meeresoberfläche gehoben; es wurde an eine Boje gelegt (Fig. 496), und nun gingen der „Great Eastern“ und ein zweites Schiff einige Meilen nach Osten, um das Kabel an zwei weiteren Punkten zu fassen. Das gelang bald, und nun wurde das Kabel vom zweiten Schiff mittels eines messerartig geschärften Ankers zerschnitten, wodurch der Zug desselben auf nahezu den halben Betrag sank. Jetzt begann die letzte Hebung.

Endlich am 2. September morgens 1 Uhr erschien das Kabel an der Oberfläche und wurde glücklich eingeholt, eine schwierige Arbeit, welche unsre Fig. 497 veranschaulichen mag. Wir sehen, wie die beiden Enden des zerschnittenen Kabels an Seilen befestigt werden, um aufgezogen werden zu können. Denn vorerst weiß man noch nicht, welches Ende das richtige ist. Die Freude an Bord der „Great Eastern“ war groß, größer aber noch die Spannung, ob denn alle die unsäglichen Mühen und Arbeiten belohnt werden würden, ob das Kabel noch sprechfähig sei. Die Seele des Kabels wurde bloßgelegt und mit dem Spiegelgalvanometer verbunden; mit verhaltenem Atem schauten die Leute, die sich in der Kabine des Elektrikers dicht drängten, nach dem schmalen Lichtstreif, ob er ein Zeichen gebe, ob er den Ruf nach England beantworten würde.

Das erste Zeichen flog vom Schiff in das Kabel. Ob es die Küste erreichte oder sich in das Meer verlor? Mit gespannter Aufmerksamkeit schauten alle auf den Lichtstreif, der wohl unruhig auf seiner Stala hin und her wanderte, aber kein Zeichen gab, welches die erwartete Antwort andeutete. Fünf bange Minuten verstrichen; zum zweitenmal rief der Elektriker hinüber, aber wieder kam keine Antwort, und manchem sank wohl die Hoffnung, daß der stumme und doch so berebte Lichtstreifen sprechen würde. Und zum drittenmal ging die Botschaft vom Schiffe ins Unbekannte und plötzlich flog der Lichtstrahl mit energischer Bewegung seitwärts. Valentia antwortete! das Kabel sprach! Mit donnerndem Hurra begrüßte die Mannschaft des „Great Eastern“ die frohe Kunde, und jetzt flog die erste Depesche vom Schiff nach England, welche dem Fabrikanten des Kabels die frohe Nachricht übermittelte.

Was nun weiter folgte, war nur noch ein Kinderspiel. Das wiedergewonnene Ende des Kabels wurde an das vom Schiff mitgenommene Verlängerungskabel angepleißt, und der „Great Eastern“ dampfte Neufundland zu. Ein Fehlerchen, das entstehen wollte, wurde noch beizeiten entdeckt, ehe es ins Meer gelangt war, und gebührend mit Ausschluß bestraft. Am 8. September war endlich auch das Kabel von 1865, dessen Legung so reich an Mißerfolgen gewesen war und doch der Technik der Seekabel durch die bei ihm gewonnenen Erfahrungen so sehr genützt hatte, an Land gebracht und damit eine zweite Verbindung durch den Atlantischen Ozean geschaffen worden. Daß sich dieser letzte Teil einer Kabellegung nicht so leicht gestaltet, da man in den seichten Wassern der Küste das Kabel nicht durch ein Schiff legen kann, sondern mühsam das Ende ans Land schleppen muß, wird unsre Fig. 498 lehren, welche die Verlegung des Küstenendes des indischen Kabels im Schatt el Arab zeigt.

Die Gesamtlänge dieses Kabels beträgt 1896 Seemeilen, während das zweite Kabel, welches früher zu einer glücklichen Verlegung kam, nur 1852 Meilen lang ist.

Mit der Verlegung dieser beiden Kabel war für die Verlegung der großen Seekabel ein festes System gewonnen, und auf dieser Unterlage hat sich diese Technik jetzt zu einer solchen Sicherheit entwickelt, daß die Herstellung der telegraphischen Verbindungen durch die Meere wesentliche Schwierigkeiten nicht mehr bietet.

Ein gleich erfreuliches Ergebnis hatte das Unternehmen auch nach der finanziellen Seite hin, denn die Gesellschaft konnte ihren Aktionären von Anbeginn sehr erhebliche Dividenden zahlen, obwohl die Depeschen anfangs sehr teuer waren und das Wort in den ersten Jahren 16 Mark kostete. Dieser Tarif ist allerdings dann bald

ermäßigt worden, und heute kostet das Wort von Deutschland nach New York nur noch 1,05 Mark.

Das technische und geschäftliche Gelingen der transatlantischen Verbindung gab den Anstoß zu einer mächtigen Entwicklung der Seetelegraphenanlagen. Zwischen Europa

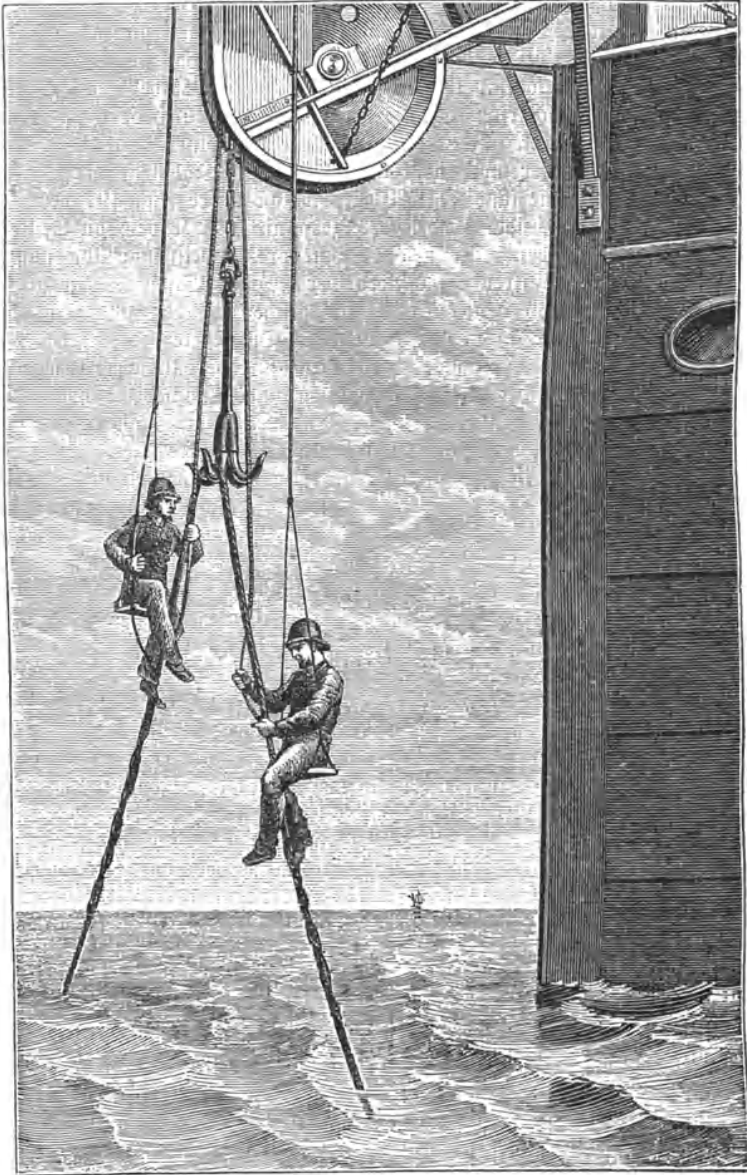


Fig. 497. Herausholen des Kabels. Nach „La Lumière électrique“.

und Amerika entstanden rasch neue Linien, so daß wir bereits 20 Jahre später zehn solcher Linien zählen, die beiden ersten von 1865 und 1866 nicht mitgerechnet, welche wegen entstandener Fehler im Jahre 1873 bzw. 1877 aufgegeben wurden. In gleicher Weise wie Nordamerika ist auch die südliche Hälfte des Kontinents mit Europa verbunden

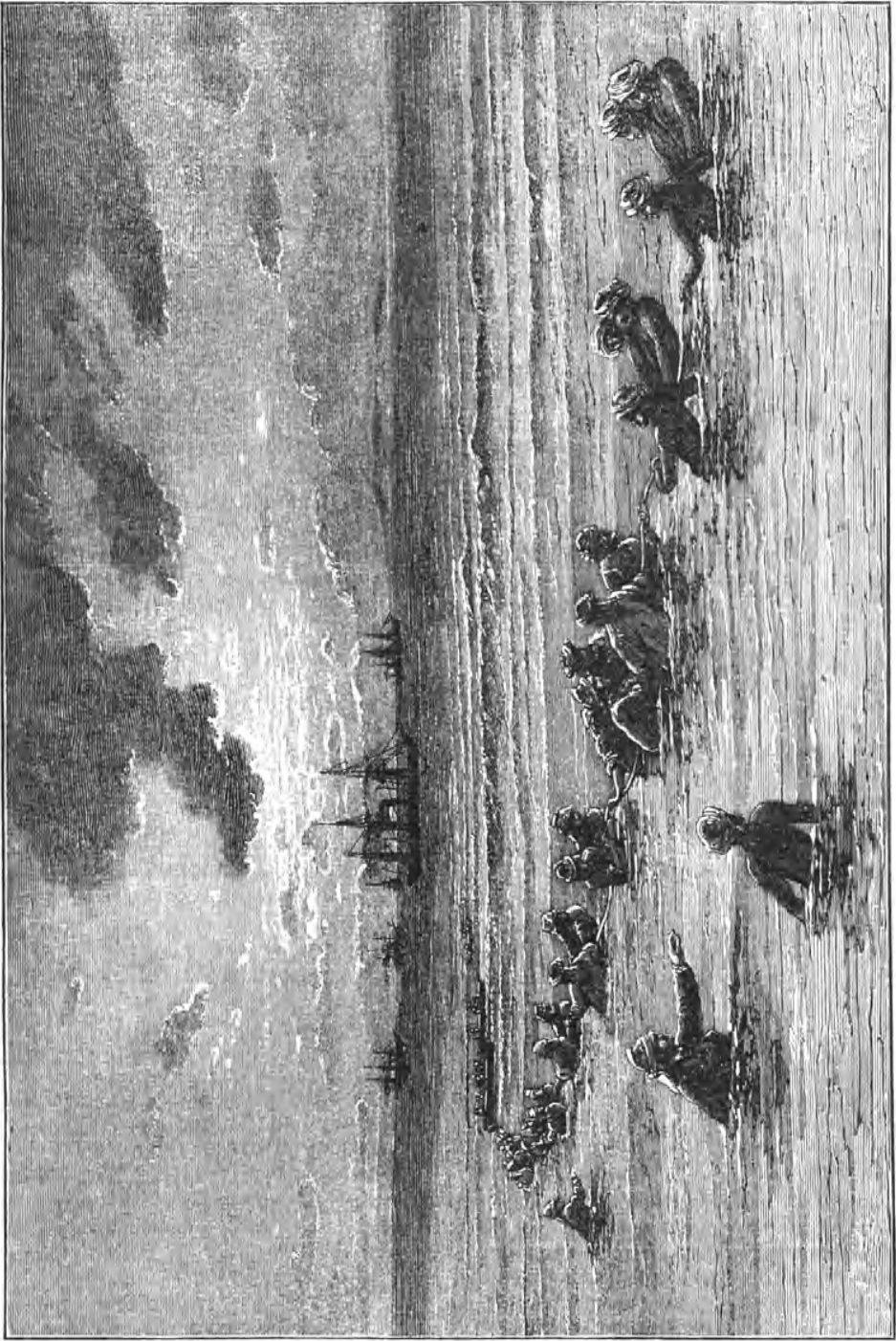


Fig. 498. Regung des Schiffenbodens eines Raub, „La Lumière électrique“.

worden, und die große Linie nach Ostindien ist bis nach China und Japan einerseits und Australien anderseits verlängert worden. Neben diesen großen Verbindungen sind zahlreiche kleinere hergestellt worden, so daß jetzt ein riesiges Leitungsnetz, welches 130 000 Seemeilen Kabel enthält und rund 800 Millionen Mark gekostet hat, alle Orte der Erde, welche an dem Weltverkehr teilnehmen, miteinander verbunden hat. Das einzige Meer, das noch nicht von einem Kabel durchquert wird, ist der Stille Ozean, aber schon formt man Projekte, auch diesen Riesen zu besiegen, China mit der Westküste Amerikas zu verbinden und so den umgürtenden Ring um den Erdball zu vollenden.

Der größere Teil dieser Kabel ist in den Händen von Privatgesellschaften, deren es 24 gibt. Dieselben betreiben 277 Kabel mit einer Leitungslänge von rund 118 000 Seemeilen und arbeiten mit einem Gesamtkapital von über 700 Millionen Mark. Die Zahl der staatlichen Kabel ist größer und beträgt 820 mit einer Gesamtlänge von rund 12500 Seemeilen.

An diese kurze Darstellung der Geschichte der großen Seekabel wollen wir eine Beschreibung der bei der Verlegung angewendeten Verfahren und benötigten Maschinen anreihen.

Die Apparate der Unterseeleitungen. Bei den unterseeischen Leitungen hat sich die Notwendigkeit ergeben, ganz besonders konstruierte Telegraphierapparate anzuwenden. Der Grund hierfür ist zunächst in der großen Länge der Leitung und dem dadurch bedingten Widerstande zu suchen, welcher

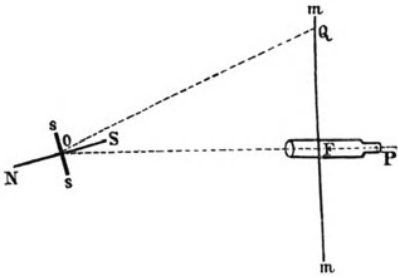


Fig. 499. Prinzip der Spiegelableitung.

machen würde, wenn man die gewöhnlichen Empfangsapparate anwenden wollte. Nun würde die Aufstellung solcher großer Batterien weiter keine Schwierigkeiten machen und ihre Kosten kämen gegen die des Kabels gar nicht in Betracht, zumal heute nicht mehr, wo wir uns mit der Dynamomaschine und den Akkumulatoren helfen können. Aber es tritt uns hier ein anderer Umstand entgegen, welcher die Anwendung von hochgespannten Strömen, wie sie zur Erzielung der benötigten Stromstärke auf den langen Leitungen benutzt werden müßten, schlechthin verbietet. Ein

solches langes Seekabel hat nämlich die Eigenschaft, nicht nur die elektrische Energie fortzuleiten, sondern auch eine ganz beträchtliche Menge davon aufzunehmen, sich zu laden. Es stellt einen großen Ansammlungsapparat für Elektrizität dar, so daß es einer Leidener Flasche gleich, in welcher die Kupferseele die innere, das Wasser, welches das Kabel umgibt, die äußere Belegung darstellt.

Wird nun dieser große Ansammlungsapparat mit den Polen eines hochgespannten Elektrizitätserzeugers verbunden, so ladet er sich zunächst mit elektrischer Energie, und diese Ladung vollzieht sich nicht augenblicklich, sondern braucht eine gewisse Zeit, wie dies auch für die Entladung der Fall ist. Infolgedessen können die an der sendenden Stelle vollzogenen Schließungen und Öffnungen des Stromes nicht sofort an der empfangenden wirksam werden, und man hätte für jede solche Änderung erst die vollständige Ladung und Entladung des Kabels abzuwarten, andernfalls werden die Zeichen der sendenden Stelle an der Empfangsstelle verwaschen und undeutlich auftreten. Die Ladung des Kabels bedingt also eine Verzögerung der Telegraphiergeschwindigkeit, welche bei dem teuren Kabel und der Notwendigkeit, die Zeit bestens auszunutzen, sehr unangenehm empfunden würde. Allein dieser Umstand ist nicht der einzige, welcher der Anwendung hochgespannter Ströme widerspricht; die Anwesenheit einer hochgespannten Ladung im Kabel gibt nämlich zur Entstehung von Fehlern Anlaß und gefährdet dadurch die Erhaltung des Kabels, so daß es geboten erscheint, nur schwächere Spannungen und daher auch sehr schwache Ströme anzuwenden; dies wiederum hat den Vorteil, daß sich die Ladungen und Entladungen des Kabels schneller vollziehen, da die Ladung nur eine geringe Höhe annimmt, und so wird die Kabeltelegraphie auf die Benutzung solcher schwachen Telegraphierströme angewiesen. Nun vermögen aber die bisher angewendeten Empfangs-

apparate bei solchen schwachen Strömen nicht zu arbeiten, und man hat deshalb andre Apparate anzuwenden, deren Empfindlichkeit eine weit höhere ist.

In der Beschreibung dieser Apparate wollen wir mit dem Spiegelgalvanometer, der sinnreichen Erfindung von Gauß und Weber, beginnen, welches den Ausgangspunkt für die Unterseelelektrodenapparate bildet.

Bei der Messung sehr schwacher Ströme kann die Winkelablenkung der Magnetnadel, durch welche diese Maßbestimmungen erzielt werden, eine so kleine werden, daß wir sie kaum bemerken, geschweige denn genau messen können, wenn die Nadel nicht sehr lang ist. Wir müßten deshalb einen sehr langen Zeiger an der Nadel anbringen, um den Weg der Spitze so zu vergrößern, daß er eine sicher meßbare Größe erhält. Bei größerer Länge würde dieser Zeiger aber zu schwer und die Bewegung der Nadel beeinträchtigt, und so können wir dieses Auskunftsmittel nicht anwenden. Da kam nun Gauß auf den glücklichen Gedanken, für einen solchen Zeiger einen Lichtstrahl zu wählen, der, ob lang oder kurz, die Nadel weder belastet, noch auch ihre Bewegung hemmt oder ändert. Zu diesem Zwecke verband er die Nadel mit einem kleinen leichten Spiegel s , welcher in der Drehungs-

achse mit seiner Fläche senkrecht zur Achse der Nadel NS (Fig. 499) auf der letzteren befestigt ist. Dem Spiegel gegenüber steht ein Fernrohr, unter welchem eine geteilte Skala liegt. Die drei Teile sind nun derart angeordnet, daß man durch das Fernrohr im Spiegel die Skala sieht. Ist nun die Magnetnadel nicht abgelenkt, so wird man im Fernrohr einen bestimmten Teilstrich der Skala sehen. Tritt aber eine Ablenkung der Nadel ein, wie unsere

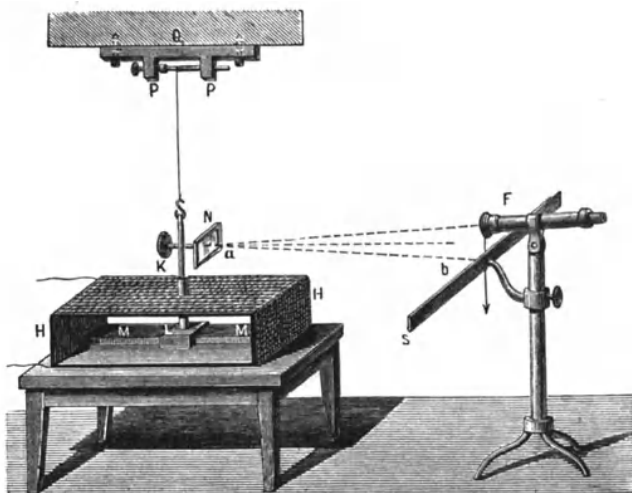


Fig. 500. Das Spiegelgalvanometer von Gauß und Weber.

Figur es zeigt, so dreht sich mit ihr auch der Spiegel und reflektiert nun das Bild eines andern Teilstrichs in das Fernrohr, und der Unterschied zwischen dem Teilstrich bei Ruhelage der Nadel und demjenigen bei der Ablenkung wird um so größer sein, je weiter die Skala vom Spiegel entfernt ist. Da die Teilstriche mit Zahlen bezeichnet sind, so vermögen wir leicht zu erkennen, um wie viele Teilstriche sich das Bild im Fernrohr bei der Ablenkung verschoben hat. Denken wir uns an Stelle des Fernrohres eine Lampe gesetzt, welche einen schmalen konzentrierten Lichtstrahl auf den Spiegel und von dort auf die Skala wirft, so haben wir im Prinzip dieselbe Einrichtung, nur tritt hierbei besser hervor, wie der Lichtstrahl als ein langer und gewichtloser Zeiger wirkt, und wir erkennen sofort, wie diese Einrichtung das genaue Messen sehr kleiner Ablenkungen der Magnetnadel ermöglicht.

Gauß und Weber benutzten diese Spiegelablesung für ihr Spiegelgalvanometer, indem sie um eine Magnetnadel, welche in gedachter Weise mit einem Spiegel verbunden war, einen Rahmen mit Drahtwindungen legten und durch diese den zu messenden Strom schickten. Es zeigte sich, daß ein solches Instrument für die Wahrnehmung und Messung der schwächsten Ströme verwendet werden konnte, und die Wissenschaft gewann in demselben eines der feinsten und genauesten Meßinstrumente.

Unsre Fig. 500 läßt die im Spiegelgalvanometer angewendete Anordnung erkennen, und ein derartiger Apparat wurde von Gauß und Weber bei ihrer früher erwähnten Telegraphenanlage angewendet. Wir sehen hier den Magnetstab an einem feinen

Metalldraht aufgehängt in der Mitte einer Drahtspule schweben. An dem Stabe, an welchem der Magnet an dem Drahte hängt, ist der kleine Spiegel befestigt, der das Bild des Maßstabes in das Fernrohr wirft.

Ein solches Spiegelgalvanometer, freilich in seiner mechanischen Ausführung und Konstruktion verfeinert, findet nun auch in der Untersee-Telegraphie Anwendung, da es noch sehr schwache Stromwirkungen deutlich wahrnehmbar zu machen im Stande ist. Man bedient sich jedoch nicht des Fernrohres zu Beobachtungen der Ablenkungen, sondern läßt, wie vorhin angedeutet, den Strahl einer Lampe auf den Spiegel fallen, der ihn auf eine

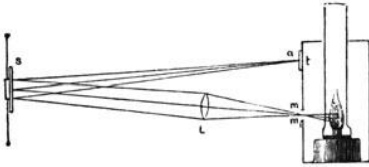


Fig. 501. Anordnung des Beleuchtungsapparates und des Spiegelgalvanometers.

welcher sie nicht direkt vom Auge beobachtet werden, sondern zur Ablenkung der auf die Skala reflektierten Lichtlinie dienen, hat den Vorteil, den Telegraphisten nicht übermäßig anzustrengen, und dies ist notwendig, denn die Aufnahme der Kabeldepeschen erheischt nicht nur ein sehr großes Maß von Übung, sondern ermüdet die Beamten sehr rasch, so daß sie nur wenige Stunden hintereinander thätig sein können. Bei der intensiven Zeitausnutzung, welche die teuren Kabel erfordern, ist es erklärlich, daß keine Minute verloren gehen darf, und daher alle Maßregeln angewendet werden müssen, die sofortige richtige Aufnahme der Depesche zu sichern. Daß dies nicht so leicht ist, wird sich der Leser vorstellen können, wenn er bedenkt, daß die Lichtlinie nicht in scharf unterschiedener und

prompter Weise nach rechts und links geht, sondern mit zitternden Bewegungen hin und her schwankt und die Zeichen ununterbrochen in rascher Folge auftreten, um ebenso rasch wieder zu verschwinden. Es gehört deswegen ein großes Maß Übung und eine scharfe und andauernde Aufmerksamkeit dazu, aus diesem unsicheren Flackern die Zeichen im Moment herauszulesen.

Die Anordnung des Apparates lassen unsre Fig. 501 und 502 erkennen. Wir sehen hier das Spiegelgalvanometer, das wir sofort beschreiben

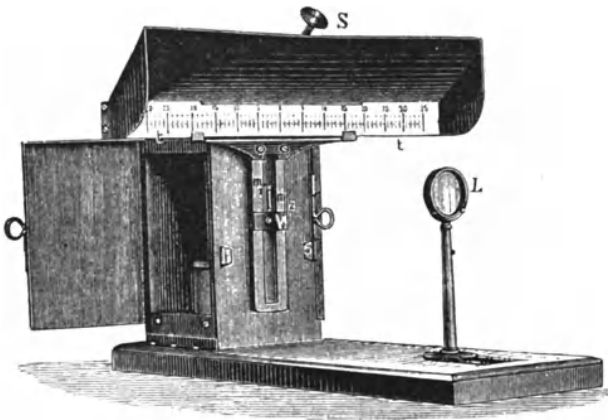


Fig. 502. Der Beleuchtungsapparat mit Skala.

wollen, der Lampe gegenüber aufgestellt, welche ihr Licht in einem durch eine Linse konzentrierten Strahl auf den Spiegel des Apparates wirft. Von hier aus wird er auf den seitwärts von der Lampe aufgestellten Schirm reflektiert und erscheint dort als eine Lichtlinie. Damit die Lichtzeichen deutlich sichtbar werden, befindet sich der Telegraphist mit seinen Apparaten in einem verdunkelten Zimmer.

Das Galvanometer ist in Fig. 503 a abgebildet. Es besteht aus einer Drahtspule, in welcher ein sehr feiner überspannener Draht in mehreren tausend Windungen aufgewickelt ist. In die Hölhlung der Spule wird eine Kupferröhre eingeschoben, welche an dem einen Ende den Spiegel und die Magnetnadel trägt. Dieser Spiegel, den wir in Vorderansicht rechts oben auf demilde sehen, ist mit zwei ganz kurzen Kotonfäden

an der Röhre befestigt und kann sich also in der Mitte der Röhre nach beiden Seiten hin etwas drehen. Auf die Rückseite des Spiegelchens ist ein feines Stückchen Stahl, das magnetisch ist, angeklebt und auf diese Weise ist Spiegel und Magnet in einfacher und sicherster Weise zu einem festen System verbunden. Der durch den Strom abgelenkte Magnet würde nun aber bei Aufhören der Einwirkung des Stromes noch längere Zeit hin und her vibrieren, und der Telegraphist könnte dadurch in Zweifel kommen, ob diese Bewegungen Zeichen sind oder nicht. Um diese Schwankungen thunlichst abzukürzen, hat die Firma Siemens Brothers — die bekannte englische Firma, die von Werner und William Siemens gegründet worden ist — die Kupferröhre mit verdünntem Glycerin gefüllt, welches die Bewegungen der Nadel in kurzer Zeit zur Ruhe bringt und den Apparat zur Aufnahme eines neuen Zeichens fähig macht. Diese Glycerinfüllung gibt für den Lichtstrahl kein wesentliches Hindernis ab (Fig. 503 b).

Die Abgabe der Ströme verschiedener Richtung, durch welche die Zeichen an der Empfangsstelle hervorgebracht werden soll, erfolgt durch zwei Tasten, von denen die eine die Lichtlinie an der entfernten Stelle nach links, die andre nach rechts abzulenken bestimmt ist. Wie man mittels zweier solcher Tasten Ströme von entgegengesetzter Richtung aus einer Batterie entsenden kann, haben wir bereits in Fig. 459 gezeigt. Eine ganz ähnliche Einrichtung haben die Sender der Unterseekabel, nur daß man hier zur größeren Sicherung der Berührung die Kontaktstellen verdoppelt hat. Unsere Fig. 504 zeigt einen solchen Doppeltaster für die Unterseekablen. Derselbe kann auch benutzt werden, um die abgegebenen Zeichen gleichzeitig in einem zweiten Stromkreise zu einem auf der sendenden Station aufgestellten Schreibapparat zu schicken, so daß die abgeforderte Depesche zur Kontrolle fixiert wird (Fig. 505).

Die Verbindung der beiden Stationen und ihrer Apparate erläutert das Schema Fig. 506. Die Verbindung der Taster mit der Batterie ist die gleiche wie in der früheren Fig. 501. Die Umschaltung der Leitung vom Empfänger auf den Sender erfolgt durch einen mit der Hand bethätigten Umschalter I_1 und I_2 . Dem Leser wird nun auffallen, daß beide Stationen scheinbar vom Kabel an Stellen C_1 und C_2 getrennt sind, und er wird fragen, wie man den Strom durch eine solche getrennte Leitung schicken kann.

Zur Erklärung dieser Einrichtung erinnern wir den Leser an die bekannte Leidener Flasche. Verbinden wir die eine Belegung derselben mit dem positiven Pole einer Batterie, so wird sich dieselbe mit positiver Elektrizität laden, während sich auf der andern Belegung negative Elektrizität anhäuft und positive fortgestoßen wird. Denken wir uns nun die beiden Vorrichtungen C_1 und C_2 als zwei Leidener Flaschen, deren innere Belegungen durch die Enden des Kabels verbunden sind, während die äußeren mit dem Sender bezw. dem Empfänger in Verbindung stehen. Ladet nun die links auf dem Bilde befindliche Station durch Druck auf die betreffende Taste die äußere Belegung ihrer Flasche mit positiver Elektrizität, so wird sich auf der inneren Belegung negative Elektrizität anhäufen, dagegen wird positive abgestoßen, geht durch das Kabel zu der andern Station und ladet

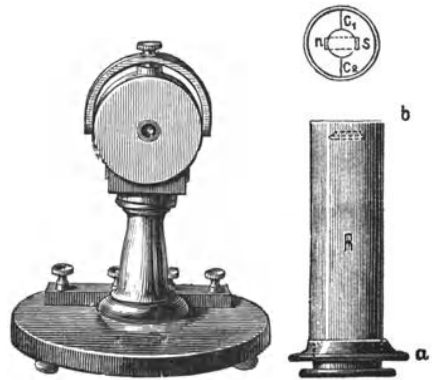


Fig. 503 a. Spiegelgalvanometer für Unterseekablen.

Fig. 503 b. Einfaßröhre mit Spiegel und Magnetnadel für das Spiegelgalvanometer.

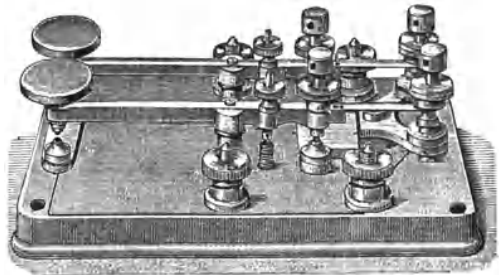


Fig. 504. Doppeltaster für Unterseekablen.

dort die innere Belegung der dort aufgestellten Flasche. Von der äußeren Belegung dieser Flasche wird aber in analoger Weise positive Elektrizität abgestoßen, geht durch den Empfänger derselben zur Erde und findet nun mit der von der ersten Station gleichfalls in die Erde geschickten negativen Elektrizität ihren Ausgleich.

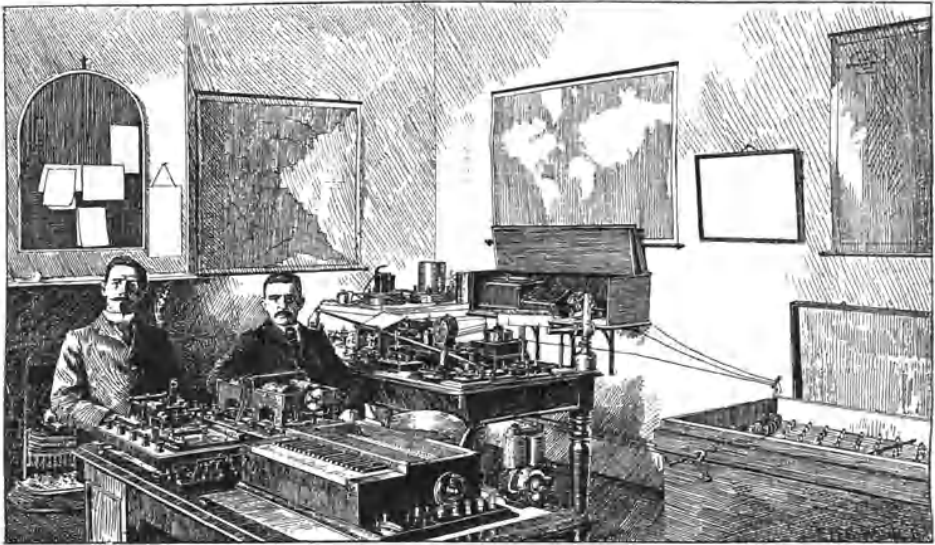


Fig. 505. Telegraphenamt für eine Unterseeklinie.

Wir sehen also, daß die Leidener Flaschen den einzelnen Stromstoß fortleiten, und da die einzelnen Telegraphierströme der Kabellegraphie aus solchen einzelnen Stromstößen, nicht aus länger dauernden Strömen bestehen, so hindert die Einschaltung der Flaschen nicht die Übertragung der abgesendeten Ströme. Welchen Vorteil erreichen wir aber durch diese Anordnung? Wir hatten schon früher davon gesprochen, daß ein Kabel



Fig. 506. Die Schaltung bei den Untersee-Telegraphen.

Ladung aufnimmt. Würden wir es nun unmittelbar mit einem Pol einer Batterie verbinden, so würde sich das ganze Kabel mit der Elektrizität des Poles laden. Bei der hier gewählten Anordnung sehen wir aber im Kabel zwei Ladungen verschiedener Art an den Enden des Kabels angehäuft. Und wenn wir nun unsre Flasche an der sendenden Stelle entladen, wird bei dieser wie bei der andern Flasche die festgehaltene Ladung freigegeben; da nun beide Ladungen verschiedener Art sind, so gleichen sie sich rasch gegeneinander aus, und wir haben nicht erst, wie bei der unmittelbaren Verbindung des Kabels mit dem

Apparat, die ganze gleichartige Ladung des Kabels abfließen oder durch eine Ladung im entgegengesetzten Sinne vernichten zu lassen, sondern der Ausgleich erfolgt ohne weiteres Zuthun im Kabel selbst. Die Anwendung der Flaschen beschleunigt also die Vernichtung der Ladung und damit die Telegraphiergeschwindigkeit, und das ist der Zweck dieser Anordnung; außerdem hat sie aber noch den Vorteil, daß sie auch bei längerem Druck auf die Taste keinen andauernden Strom, sondern nur einer kurzen Stromstoß zuläßt, so daß die Nadel, wenn durch diesen Impuls abgelenkt, sofort wieder in die Ruhelage zurückkehrt.

Man wendet nun nicht, wie wir bisher zur Verdeutlichung sagten, Leidener Flaschen, sondern Ansammlungsapparate von viel größerer Ladungsfähigkeit, sogenannte Kondensatoren an. Dieselben bestehen aus dünnen Blättern von einem isolierenden Stoff, welche auf beiden Seiten mit Stanniol belegt sind; solche Blätter werden in entsprechender Anzahl mit Zwischenlagen von isolierenden Blättern übereinander gelegt und sowohl die geradzähligen, als ungeradzähligen Stanniolbelegungen unter sich verbunden, so daß der ganze Apparat zwei voneinander durch die isolierende Zwischenlage getrennte Metallbelegungen darstellt.

Zur Übermittlung der Zeichen ist nur eine schwache Stromquelle notwendig; es genügen hierfür zehn Zink-Kupferelemente; man kann daraus entnehmen, wie außerordentlich empfindlich die Spiegelgalvanometer sind, und es muß bewundernswert erscheinen, wie sicher der Mensch diese winzigsten Wirkungen zur Übertragung seiner Worte hat beherrschen lernen.

Es sei hier noch bemerkt, daß die Anwendung der Kondensatoren einen weiteren nicht unwichtigen Vorteil bietet. Die Erde ist selbst elektrisch geladen, und die Spannung auf derselben ist nicht an allen Orten die gleiche; dadurch entstehen Ausgleiche, die sogenannten Erdströme, welche die Oberfläche der Erde durchziehen und am besten mit den Bewegungen der Atmosphäre, mit den Winden, verglichen werden können, die ja auch eine Folge von Druckverschiedenheiten, nämlich in der Luft sind. Nun kommt es vor, daß der elektrische Druck in Amerika ein wesentlich höherer oder niedriger ist als in England, und in solchen Fällen würde die Elektrizität bei ihrem Ausgleich den für sie überaus bequemem Weg durch das Kabel benutzen, wenn ihr dieser Weg nicht durch die Kondensatoren versperrt wäre, sie würde dann die Nadel des Spiegelgalvanometers in Bewegung setzen und die telegraphierten Zeichen stören. Diese unbefugte Einmischung ist ihr nun bei der gedachten Einrichtung, wie billig, verwehrt worden.

Schreibtelegraph für Unterseekabel. Die Anwendung des Spiegelgalvanometers für die Übertragung der Zeichen bedeutet nicht nur eine große Anstrengung für die Beamten, sondern hat auch alle Nachteile, welche den Telegraphenapparaten mit vergänglichen Zeichen anhaften. Man war deswegen bestrebt, die übermittelten Ströme zur Herstellung von fixierten Zeichen zu benutzen, was angesichts der außerordentlichen schwachen Wirkung derselben, gegen welche sozusagen das Tappen eines Fliegenbeines ein wichtiger Schlag ist, eine schwierige Aufgabe erscheinen muß. Dem genialen englischen Physiker Thomson, später Sir William Thomson, welchem die Seetelegraphie so viel verdankt,

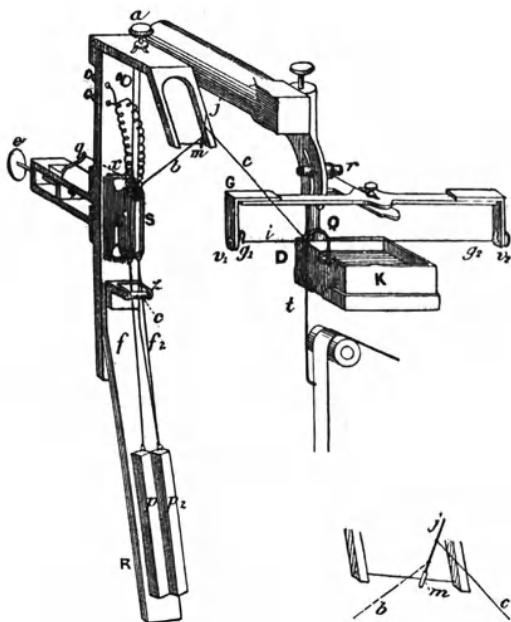


Fig. 507. Hebenschreiber; die Verbindung des Hebels mit der beweglichen Spule.

gelang es, einen sinnreichen Apparat zu konstruieren, welcher die in Amerika aufgegebene Depesche in England niederschreibt, so daß der Beamte sie in aller Ruhe ablesen und in gewöhnliche Schrift übertragen kann.

Es ist dies der Heberschreiber (Siphon Recorder), so genannt nach einem seiner Teile, mit welchem wir die Beschreibung des Apparates beginnen wollen. Auf einem Papierstreifen, der wie beim Morse-Apparat durch ein Uhrwerk vorwärts getrieben wird, liegt mit ganz geringem Abstände die Spitze eines äußerst feinen Glasröhrchens (Fig. 507), welches wie ein Heber gebogen ist und mit seinem kürzeren Ende in ein Gefäß mit blauer Farbe (Anilinlösung) taucht.

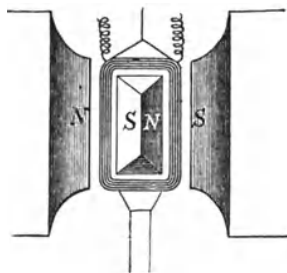


Fig. 508. Die bewegliche Spule zwischen den Polen des Magneten.

Wird nun der Heber senkrecht zur Laufrichtung des Papiers bewegt, so wird er, wenn die blaue Farbe durch das Röhrchen in angemessener Menge ausläuft, auf dem Papier eine geschlängelte Linie schreiben. Lassen wir ihn so bewegt werden, daß er für einen aus dem Kabel ankommenden Stromstoß der einen Richtung nach rechts, für einen andern von entgegengesetzter Richtung nach links bewegt wird, so werden sich aus den Bewegungen des Hebers in gleicher Weise Zeichen zusammensetzen lassen, wie mit den Nadelbewegungen des Spiegelgalvanometers. Da aber der Heber seine Bewegungen aufzeichnet, so werden seine Bewegungen in der geschlängelten Linie, die er auf den Papierstreifen schreibt, in den Ausbuchtungen nach der einen und der andern Seite fixiert werden. Nun kommt es aber noch darauf an, die überaus schwachen Stromstöße, die vom Kabel her ankommen, zur Bewegung des Hebers zu benutzen und zweitens die blaue Farbe zum Fließen durch das Röhrchen zu bringen, denn freiwillig geht sie durch das feine Haarohr nicht.

Was die Erzeugung und Übertragung der Bewegung durch die Telegraphierströme angeht, so dient hierfür folgende Einrichtung. Zwischen den Polen NS eines sehr kräftigen Magneten (Fig. 508) hängt ein rechteckiges Rähmchen, das mit vielen Windungen eines sehr dünnen Drahtes bewickelt ist. Da es an einem feinen Seidenfaden aufgehängt ist, kann es sich leicht drehen; zwei unten angebrachte Fäden, an denen kleine Gewichte hängen, führen es in seine Ruhelage zurück. In den Hohlraum des Ankers tritt ein fester, mit dem Rahmen nicht verbundener Eisenkern ein, welcher den Zweck hat, den von Magnetpol zu Magnetpol gehenden Kraftlinien einen besseren Weg zu geben. Wird nun durch die Windungen des Rähmchens ein Strom geleitet, so wird die Spule selbst wie ein Magnet wirken und sich je nach der Stromrichtung mit der vorderen Seite dem einen oder andern Pole, mit der hinteren dem entgegengesetzten zuzuwenden suchen, das Rähmchen wird eine drehende Bewegung machen. Nun ist der Draht der Windungen in die Leitung eingeschaltet, zu welchem Zwecke die beiden oben am Rahmen sichtbaren Zuleitungen dienen.

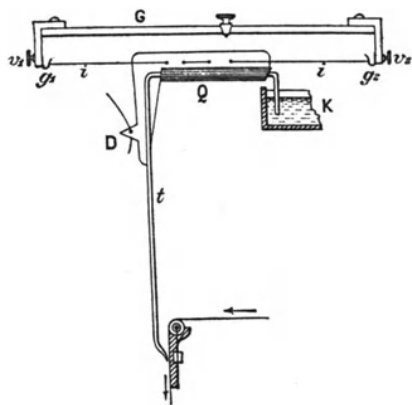


Fig. 509. Die Aufhängung des Hebers.

Jeder aus dem Kabel ankommende Stromstoß wird also dem Rähmchen eine Ablenkung erteilen, und die Einrichtung ist empfindlich genug, daß die schwachen Stromwirkungen, wie sie das Kabel übermittelte, eine genügende Bewegung des Rähmchens erzeugen können. Wir wollen nun sehen, wie die Bewegung der Spule auf den Heber übertragen wird. Zu diesem Zwecke ist derselbe in einen Sattel Q (Fig. 507) aus Aluminium gelegt, und dieser hängt an einem wagerecht ausgepannten Metalldrähtchen *i*. Indem man diesem Drahte *i* mit Hilfe des Knopfes *v* eine schwache Drehung gibt, erhält der Heber eine Ablenkung nach der einen Seite hin und wird in diese Stellung zurück-

kehren, wenn er nach der andern Seite hin bewegt war und wieder freigegeben wird. An dem beweglichen Nähnchen ist nun ein Seidenfädchen *b* befestigt, welches an das kleine, auf einem Metallbrätchen drehbare Hebelchen *J* gebunden ist. Von diesem Hebel führt ein zweiter Faden *c* an den Heber. Dreht sich nun die Spule nach der einen Seite, so wird der Faden *b* angezogen und dadurch die Spitze des Hebers auf dem Papier verschoben werden. Läßt der Faden nach, so wird die Spitze des Hebers durch die federnde Wirkung des Drahtes *ii* (Fig. 509) nach der andern Seite des Papierstreifens geschoben. Damit nun bei Ruhelage des Rahmens die Spitze des Hebers in der Mitte des Papiers steht, wirkt auf den Rahmen ein ganz feines Zugfederchen *q*, dessen Wirkung der Federkraft des Drahtes *ii* entgegengesetzt und gleich ist.

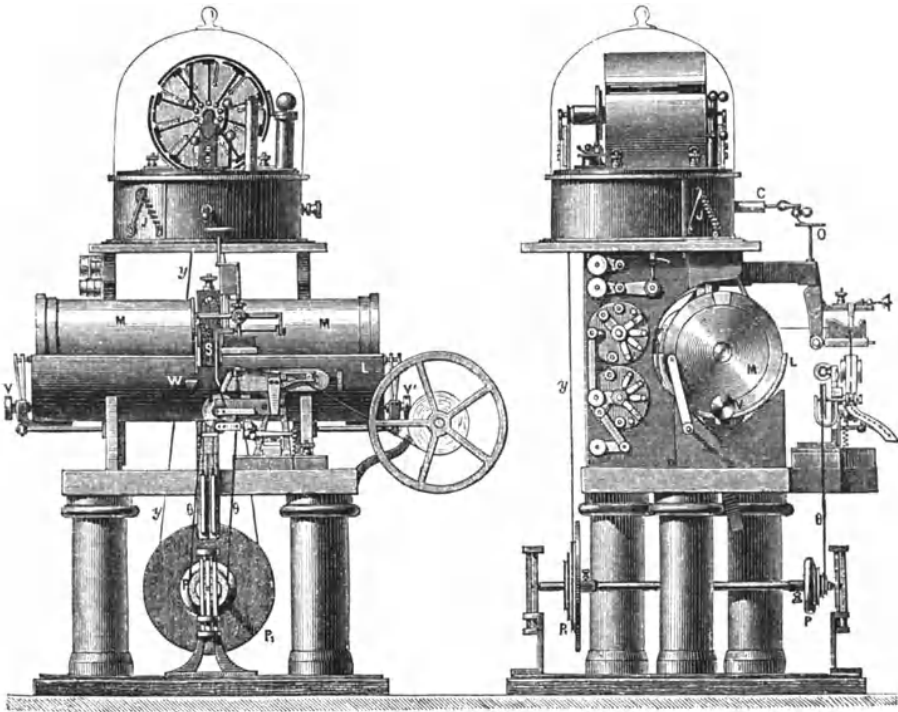


Fig 510. Der Heberschreiber; Außenansicht.

Durch diese Einrichtungen, in welcher alle Reibungen bei den Bewegungen thunlichst vermieden sind, ist es ermöglicht worden, die schwache Stromwirkung für eine mechanische Wirkung auf den Heber anwendbar zu machen und diesem letzteren einen nach links oder rechts gehenden Ausschlag zu erteilen.

Nunmehr handelt es sich, die zweite Aufgabe zu lösen, die flüssige Farbe zum Ausfließen aus dem Haarröhrchen zu bringen, und diese Aufgabe hat Thomson in sehr genialer Weise gelöst. Zu diesem Zwecke ist das Farbgefäß mit dem Pole einer kleinen Elektrifiziermaschine verbunden, und indem die Elektrizität derselben durch den Flüssigkeitsfaden im Heber zum Papier und weiter zum andern Pol der Elektrifiziermaschine geht, treibt sie nach einer bekannten Erscheinung die Flüssigkeit durch das Röhrchen.

Die Elektrifiziermaschine ist ein Influenzmaschinchen von besonderer Konstruktion, auf welche wir an dieser Stelle nicht eingehen wollen. Sie wird durch einen elektrischen Motor angetrieben, und Motor und Elektrifiziermaschine sind in geschickter Weise zu einer Maschine vereinigt, welche man mit der drolligen Bezeichnung „Mausmühle“ benannt hat. In unsrer Fig. 510, welche eine Ganzansicht des Heberschreibers gibt, sehen wir die

Mausmühle auf der Spitze des Apparates stehen. Zur weiteren Erklärung unserer Figur bemerken wir noch, daß der mit MM bezeichnete Cylinder den Elektromagneten enthält und zwischen den Polen das Röhmchen (Fig. 508) mit den stromdurchflossenen Windungen liegt. In Fig. 511 geben wir noch ein Bild der Wellenschrift des Apparates,

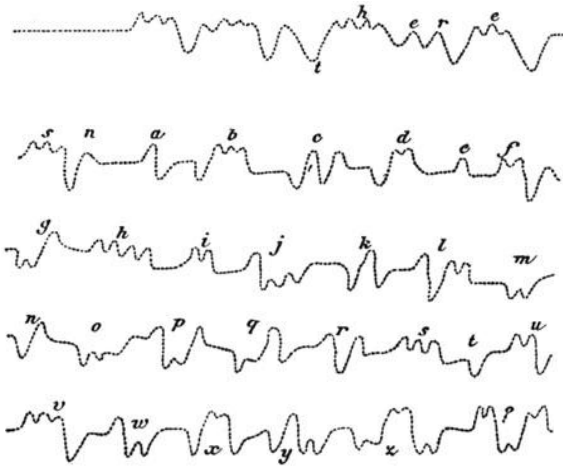


Fig. 511. Die Wellenschrift des Heberschreibers.

erreicht wird, wollen wir weiter unten darthun, nachdem wir den Empfangsapparat beschrieben haben, für welchen wir den Undulator von Laurikens wählen. Dieser Apparat wird von der „Großen Nordischen Telegraphengesellschaft“ angewendet, welche Kabel von Skandinavien nach England und Dänemark und ausgedehnte Linien nach Ostasien besitzt. Auf den Seekabeln arbeitet der Undulator bis auf 1300 Kilometer Länge,

hat also nicht die Tragweite des Heberschreibers, ist diesem aber auf Linien mittlerer Länge durch seine größere Einfachheit und Leistungsfähigkeit überlegen.

Wie unsere Fig. 512 erkennen läßt, besteht der Undulator aus einem Uhrwerk, welches wie im Morse-Apparat einen Papierstreifen fortbewegt.

Auf diesem Streifen schreibt nun ein Farbröhrchen, welches sich senkrecht zur Fortbewegungsrichtung des Papierstreifens auf diesem hin und her bewegt, eine Wellen-

linie, welche eine gleiche Schrift wie der Heberschreiber erzeugt und mit ihren Ausbuchtungen nach der einen Seite hin die Striche, mit denen nach der andern Seite die Punkte des Morse-Alphabets darstellt.

Der Schreibapparat ist nun derart eingerichtet, daß er bei Stromstößen der einen Stromrichtung die Schreibspitze nach der einen, bei denen der andern Stromrichtung nach

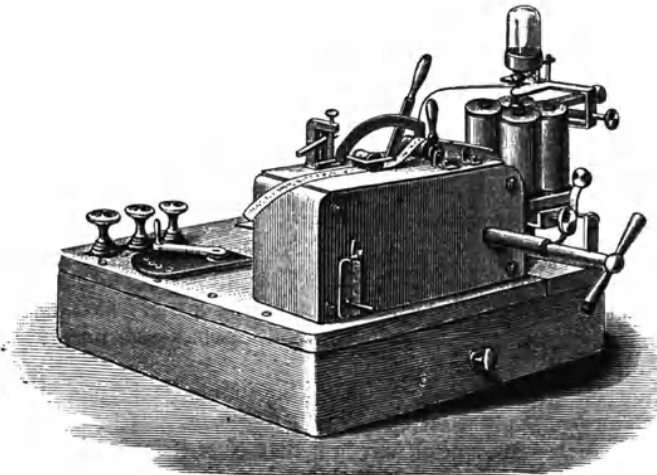


Fig. 512 a. Laurikens Undulator.

der andern Seite hin ablenkt, so daß also vom Geber für jeden Punkt des Morse-Alphabets ein Stromstoß in dem einen Sinne, für jeden Strich im andern Sinne abgesendet werden muß.

Die verschiedene Ablenkung des Schreibröhrchens wird in folgender Weise erzielt. Auf einer Messingplatte stehen im Viereck vier Elektromagnete, zwischen denen der polarisierte Anker spielt. Derselbe besteht aus zwei gebogenen und zu einem $\text{)} (=$ förmigen Körper verbundenen Stahlplättchen, welche stark magnetisiert sind und unten die gleichen Pole haben. Die Polarität der Elektromagnete ist so gewählt, daß beispielsweise bei einer Stromrichtung der linksstehende Elektromagnet (Fig. 512) das zugehörige Stahlplättchen anzieht, während der hinter ihm stehende, im Bilde nicht sichtbare Elektromagnet dasselbe abstößt. Gleicherweise wird das zweite Stahlplättchen von seinen Elektromagneten derart bewegt, daß es nach hinten geht, also mit dem ersteren Plättchen in der gleichen Drehrichtung wirkt. Es wirken demnach alle acht Pole der Elektromagnete im gleichen Sinne auf den polarisierten Anker, die Stahlplättchen. Dieser Anker sitzt auf einer vertikalen Welle, an welcher das Schreibröhrchen befestigt ist. Dieses letztere steht durch eine Dichtung mit dem Farbengefäß in Verbindung und führt die Anilintinte des letzteren aus demselben auf den Papierstreifen. An der Spitze des Röhrchens tritt die Farbe in einer Halbkugel aus und wird durch die Berührung derselben auf den Papierstreifen gebracht.

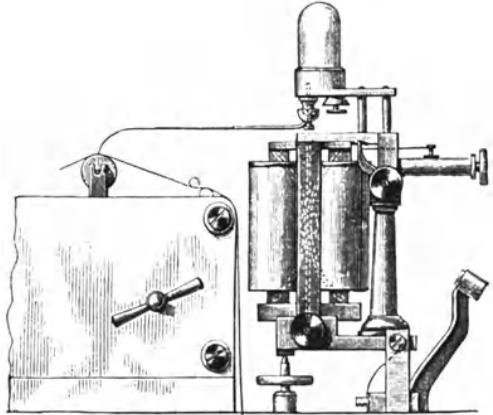


Fig. 512 b. Lauritzens Undulator.

Man sieht nun, daß die verschiedene Erregung der Elektromagnete, welche durch den sie in dem einen oder andern Sinne durchfließenden Telegraphierstrom hervorgebracht wird, zur Ablenkung der Schreibspitze nach der einen oder andern Seite des Papierstreifens führen und auf diese Weise die Wellenschrift auf demselben erzeugen wird.

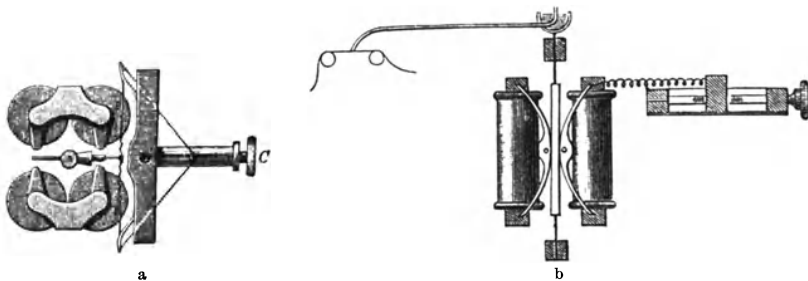


Fig. 513. Anordnung des polarisierten Ankers und der Elektromagnete im Undulator.

Betrachten wir nun, wie die Absendung der verschieden gerichteten Stromstöße bewirkt wird. Zu diesem Zwecke läßt man einen Papierstreifen durch ein Uhrwerk bewegen, ähnlich wie im Morse-Apparat. Der Streifen ist in zwei Reihen gelocht, und für jedes Loch der einen Reihe sendet der Apparat einen Strom in die eine Richtung, für jedes der andern in die andre. Zu diesem Zwecke liegen auf dem Streifen zwei Kontakthebel, je einer für die beiden Linien der Lochreihen. Kommt nun bei der Fortbewegung des Streifens durch das Uhrwerk ein Loch einer Reihe an die Spitze des betreffenden Kontakthebels, so tritt dieser durch das Loch und macht dadurch Stromschluß. Die Verbindung

der beiden Hebel mit der Batterie ist nun derart gewählt, daß der eine Kontakthebel einen Strom der einen Richtung in die Leitung sendet, der andre einen solchen der andern. In Fig. 514 geben wir die Abbildung eines solchen selbstthätigen Senders für den mit dem Undulator verwandten Wheatstone'schen Apparat in der Konstruktion der bekannten englischen Firma Elliot Brothers.

Um also die verschieden gerichteten Stromstöße, welche den Punkten und Strichen des Morse-Alphabetes entsprechen, zu erzeugen, haben wir nur die Löcher in der Folge und in der Stellung, wie sie die Zeichenfolge erfordert, in den Papierstreifen einzustanzen und diesen so ausgestanzten Streifen in den Sender zu bringen, welcher dann den Streifen durch sein Uhrwerk fortschiebend die Stromstöße in aufgegebenen Reihenfolge absendet.

Da diese Absendung sehr viel rascher erfolgt, als bei Handarbeit und der Empfänger dem raschen Wechsel zu folgen vermag, so wird eine erheblich schnellere Übertragung erzielt.

Nun muß allerdings erst der Papierstreifen durch Handarbeit entsprechend gelocht werden, und man könnte meinen, daß diese Arbeit ebensoviel Zeit in Anspruch nimmt,

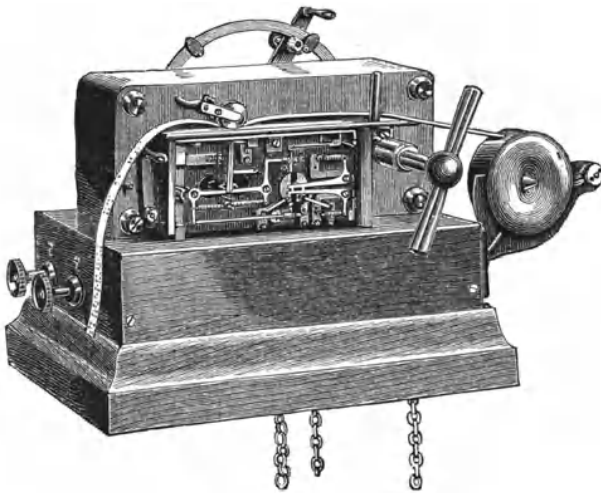


Fig. 514. Der selbstthätige Sender von Wheatstone.

als die Bewegung des Morse-Tasters. Dies ist auch zweifellos der Fall. Allein da der selbstthätige Telegraph viel rascher arbeitet als die Handtelegraphie, so vermag er in einer bestimmten Zeit die Locharbeit, welche von zwei, vier, sechs und mehr Telegraphisten während der gleichen Zeit geleistet worden ist, abzutelegraphieren. Während also bei der Übertragung mit Hand nur die Arbeit eines Telegraphisten durch den Draht hätte übertragen werden können, wird jetzt in der gleichen Zeit die Arbeit von mehreren übermittelt und dadurch die Leistung vervielfältigt. Den Apparat zur Einlochung der Depesche sehen wir in Fig. 515 abgebildet, wie er von Elliot Brothers für den Wheatstone-Automaten gebaut wird. Ein Schlag auf den rechten oder linken Knopf stanzt ein Loch in die entsprechende Lochreihe des Papierstreifens ein. Der mittlere Knopf dient zur Einstanzung einer fortlaufenden Lochreihe, mittels welcher der Papierstreifen genau in der Folge der rechts und links stehenden Zeichen fortbewegt wird.

Bei kurzen Landleitungen würde dies weniger von Wert sein, weil hier die Mehrleistung durch die Anlage mehrerer Linien erzielt werden kann. Bei langen Verbindungen, zumal bei Seekabeln, kann man aber die Leistung nicht ohne weiteres durch Vermehrung der Linien vergrößern und ist daher genötigt, diese Vergrößerung durch intensivere Ausnutzung, durch Vergrößerung der Telegraphiergeschwindigkeit zu erzielen.

Bei dem Undulator wird unter Zuhilfenahme des Wheatstone-Senders, auf welchen wir gleich näher eingehen wollen, nicht die Wellenschrift des Heberschreibers angewendet, vielmehr erzeugt man kürzere und längere Wellen nach der einen Seite hin, welche den Punkten und Strichen des Morse-Alphabetes entsprechen, während die dazwischen liegenden Ausbuchtungen nach der andern Seite hin die Zwischenräume zwischen den einzelnen Zeichen darstellen. Diese Schrift entspricht der eigenartigen Konstruktion des Wheatstone-Senders, den wir zusammen mit dem selbstthätigen Empfänger mit einigen Worten bedenken wollen, wenngleich wir es uns versagen müssen, auf die zahlreichen Einzelheiten einzugehen.

Der selbstthätige Wheatstone-Apparat (Fig. 516) ist ein Farschreiber, dessen Schreibbrädchen unter Einwirkung eines polarisierten Ankers von einem ankommenden positiven Strome an den laufenden Papierstreifen gedrückt wird, während ein Strom entgegengesetzter Richtung es vom Papier entfernt. Die beweglichen Organe des Empfängers sind sehr fein und leicht gearbeitet, so daß sie den in außerordentlich rascher Folge ankommenden Stromstößen folgen und der Apparat in folgedessen bis zu 400 (englische) Worte in der Minute wiedergeben kann.

Der selbstthätige Sender schiebt nun solche positiven Stromstöße von längerer oder kürzerer Dauer mit darauffolgenden Stromstößen entgegengesetzter Richtung dem Apparat

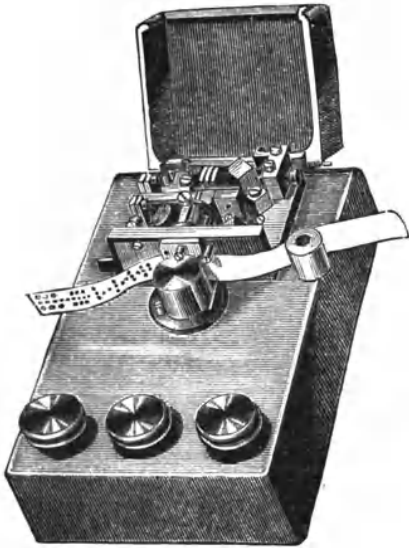


Fig. 515. Locher für den Wheatstone-Sender.

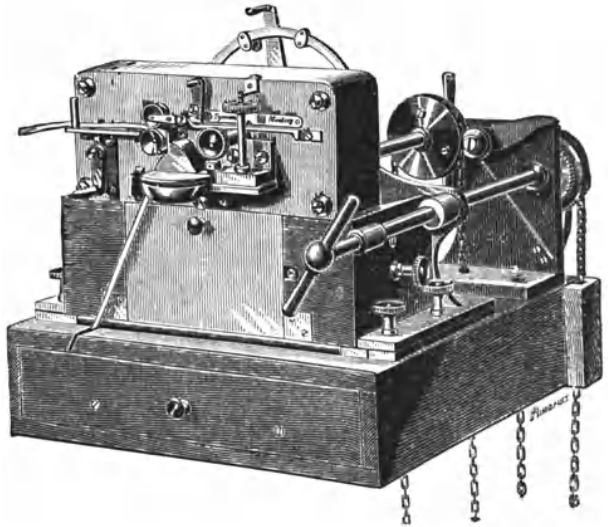


Fig. 516. Der selbstthätige Wheatstone-Empfänger.

zu und veranlaßt dadurch das Schreibbrädchen, sich für längere oder kürzere Dauer an den Papierstreifen zu legen und durch den nächsten entgegengesetzten Stromstoß vom Papierstreifen abzugehen, so daß dadurch Striche, Punkte und Zwischenräume entstehen. Diese Absendung der verschiedenen Stromstöße entsteht aus der verschiedenen Form der Lochungen. Bei dem in Fig. 515 abgebildeten Locher entstehen durch Druck auf den linken Knopf im Papierstreifen drei Löcher von der Form wie Fig. 517 a, während ein Druck auf den rechts stehenden Knopf die vier Löcher wie Fig. 517 b erzeugt. Durch den mittleren Knopf wird nur ein Loch in der Mittelreihe erzeugt. Der selbstthätige Sender (Fig. 514) schiebt nun, wenn eine Lochspalte wie Fig. 517 a an seinen Kontakthebeln vorbeigeht, kurz aufeinander folgend einen positiven und einen negativen Stromstoß von kleiner Dauer in die Leitung, erzeugt also im Empfänger einen Punkt. Dagegen wird Fig. 517 b einen positiven Stromstoß erzeugen, dem der negative erst nach etwas längerer Zeit — entsprechend der Verschiebung des unteren Loches — folgt, und dies bewirkt im Empfänger das Entstehen eines Striches. Indem man nun den durch den Sender laufenden Papierstreifen mit den entsprechenden Lochgebilden bedeckt, sendet er im Sender die Stromstöße von verschiedener Dauer aus und erzeugt dadurch die Schrift im Empfänger.

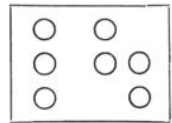


Fig. 517. Die verschiedenen Lochungen für den Wheatstone-Sender.

Die Verlegung der Seekabel. Obwohl der „Great Eastern“ seine Aufgabe als Kabelschiff zur Zufriedenheit gelöst hatte, so hatte man doch erkannt, daß die Verlegung der Kabel besondere Einrichtungen erfordere, welche sich in den Bau vorhandener Schiffe nicht immer in befriedigender Weise einpassen lassen. Man baute deshalb Dampfer, welche einzig für den Zweck der Kabellegung und =Ausbesserung eingerichtet wurden, und

das erste derselben war das von Hooper & Co. erbaute Schiff „Hooper“ von 5000 Tonnen. Im Jahre 1874 ließen Siemens Brothers ein neues Kabelschiff bauen, welches sie zu Ehren des großen Forschers „Faraday“ nannten. Dieses Schiff hat seit jener Zeit zahlreiche Kabel gelegt und gilt auch heute noch als Mutterschiff für diese Zwecke.

Der „Faraday“ ist 120 Meter lang, 17 Meter breit und hat eine Tiefe von 12 Meter. Das Schiff enthält drei große Kabelbehälter von 13 Meter Durchmesser und 9 Meter Tiefe, von denen zwei im Vorder-, einer im Hinterschiffe liegen. Für seine Bewegung dienen zwei Dampfmaschinen, von denen jede eine der beiden Schrauben treibt, und zur Steuerung sind Steuerruder an beiden Enden des Schiffes angebracht, so daß es auch bei Rückwärtsfahrt zuverlässig gesteuert werden kann.

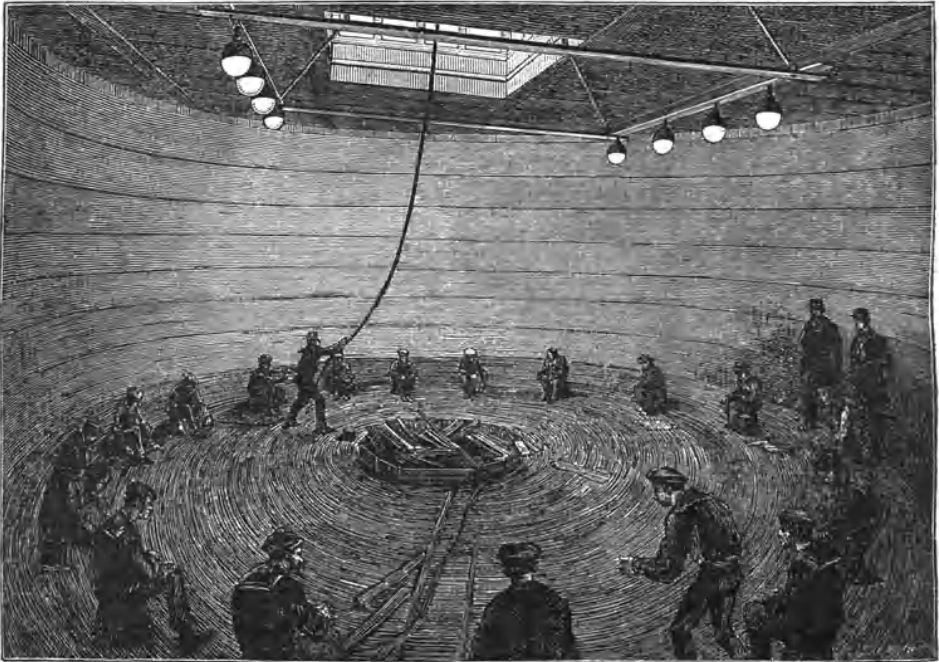


Fig. 518. Kabelbehälter auf dem „Great Eastern“. Nach „La Lumière électrique“.

Die Kabelbehälter sind große aus Eisenblech zusammengesetzte Cylinder mit konischem Boden, in welche das Kabel in Spiralen eingelegt wird, so daß die flachen Spulen übereinander zu liegen kommen. Damit das Kabel beim Auslaufen nicht mehrere Ringe aufnimmt, was durch das Ankleben der geteerten Außenseiten leicht vorkommen kann und zu gefährlichen Verschlingungen Anlaß geben würde, und auch bei der geschwinden Bewegung nicht peitscht, ist um den konischen Kern des Behälters eine Führungsvorrichtung gelegt, welche entsprechend der Herausnahme des Kabels verstellt werden kann.

Beim Einbringen des Kabels in die Behälter wird dasselbe aus den Fabrikbehältern, in denen es nach Fertigstellung gelagert hatte, auf Rollen in das Schiff geleitet und nun zunächst ein fünfzig bis sechzig Meter langes Ende an der Innenwand des zu füllenden Behälters emporgezogen, damit man das im Schiffe bleibende Kabelende zur Prüfung und für den Verkehr mit dem Festlande zur Verfügung hat. Dann wird das Kabel in dicht nebeneinanderliegenden Windungen auf den Boden des Behälters gelegt, wobei man vom Rande nach dem Zentrum geht. Ist eine Lage gelegt, so wird das Kabel in gerader Strecke wieder bis zur Wand des Behälters geführt, und man legt nun die zweite Schicht auf die erste, und so aufbauend füllt man den Behälter bis an

den Rand. Über die zweite Schicht von unten wird noch eine Decke aus Leinwandstücken gelegt, welche beim späteren Abrollen erkennen läßt, daß der Behälter in kurzem geleert sein wird, und man die Maßnahmen zum Anschluß des Kabels an das des nächsten Behälters zu treffen hat. Mit dem Einlegen des Kabels wird der Behälter entsprechend mit Wasser gefüllt, so daß er stets bis zur obersten Lage gefüllt ist. Unsrer Fig. 518 gibt ein Bild eines Kabelbehälters des „Great Eastern“ und zeigt die Arbeit des Einlegens des Kabels.

Sobald nun beim Auslegen des Kabels das Erscheinen der Leinwandlage anzeigt, daß der Behälter in kurzem erschöpft sein wird, verlangsamt man die Fahrt des Schiffes und beginnt die Zusammenspleißung des herausragenden Endes des Kabels mit dem Anfang des Kabels des nächsten Behälters. Gleichzeitig wird die Bremsung des auslaufenden Kabels und damit der Zug desselben vermindert. Ist die letzte Lage erreicht, so wird das Schiff angehalten, und wenn die letzten Windungen des geleerten Behälters erreicht sind, wird das Kabel fest gebremst und das Schiff rückwärts bewegt. Das noch im geleerten Behälter befindliche Kabel wird nun aus der Führungsvorrichtung herausgenommen und mit seinen letzten Windungen in den neuen Behälter gelegt, eine Arbeit, die gewisse Vorsicht und Geschicklichkeit erheischt, damit die Verbindungsstelle nicht verletzt wird. Dann wird das Auslegen des Kabels wieder aufgenommen, wobei das Schiff nur ganz allmählich anfährt und seine Fahrgeschwindigkeit erhöht. Bei dieser Auslegung des Kabels ohne entsprechende Fortbewegung des Schiffes wird es nicht glatt gestreckt gelegt wie bei voller Fahrt, sondern es fällt mehr Kabel auf eine Strecke, als die Länge derselben erfordert, und man verliert bei einem solchen Wechsel der Behälter mehrere Kilometer Kabel, was aber wegen der notwendigen Vorsichtsmaßregeln nicht zu umgehen ist.

Das aus den Behältern aufsteigende Kabel wird mittels einer Führungsrolle auf seinen horizontalen Weg durch die Auslegemaschine geleitet. Zunächst geht es durch eine Vorrichtung, welche es zurückhält, damit es straff auf die Auslegertrommel kommt. Diese Vorrichtung bestand bei der Einrichtung des „Great Eastern“ aus sechs Rädern, welche mit Bremsen und den Vorrichtungen zum Andrücken des Kabels an die Räder versehen waren. Neuerdings hat man diese Vorrichtung durch andre ersetzt, bei denen verschiedene Mängel der älteren Vorrichtung beseitigt sind. Bei dieser in Fig. 519 dargestellten Vorrichtung geht das Kabel durch zwei Reihen Bremsbacken hindurch, welche durch eine Schraube zur Vermehrung oder Verminderung der Bremsung verstellbar werden können.

Das Kabel geht nun weiter auf die in Fig. 520 abgebildete Trommel, die aus Eisenblech gebaut ist und einen Durchmesser von etwa zwei Metern hat. Es umwindet die Trommel in drei bis vier Windungen. Mit der Trommel ist eine Bremse von Appold verbunden, welche den Zug des auslaufenden Kabels regelt. Von der Trommel geht das Kabel nun nach dem Dynamometer, welches den jeweils am auslaufenden Kabel vorhandenen Zug messen läßt. Dasselbe besteht aus zwei Führungsrädern, über welche das Kabel läuft (Fig. 521), und einem dritten Rade, unter welchem das Kabel hin geht. Dieses letztere bewegt sich senkrecht in einer Führung und wird durch ein Gewicht nach unten gezogen. An der Stange, an welcher dieses Gewicht hängt, sitzt weiter unten ein Kolben,

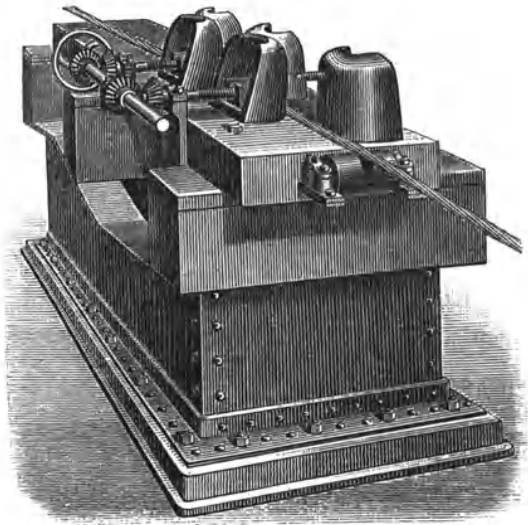


Fig. 519. Bremsvorrichtung zum Anspannen des Kabels.

der sich in dem mit Glycerin gefüllten Cylinder bewegt. Zwischen Kolben und Cylinderwand ist nur ein geringer Spielraum, so daß die Flüssigkeit nur langsam über und unter den Kolben gelangen kann; durch die Glycerinbremse, die wir übrigens schon bei den Vogenlampen (Brusch) kennen gelernt haben, werden ruckweise Bewegungen des Dynamometerzeigers, welcher an der beweglichen Rolle sitzt und über eine Stala spielt, verhindert. Die bewegliche Rolle wird nun nach dem Maße des am Kabel wirkenden Zuges gehoben und gesenkt und läßt dadurch den Zug erkennen, welcher durch die Bremsung an den Bremstrommeln entsprechend reguliert werden kann, was für die richtige und sichere Auslegung notwendig ist.

Vom Dynamometer gelangt das Kabel auf die Auslegerrolle, deren Einrichtung und Ausbringung Fig. 522 erkennen läßt, und geht dann in das Meer.

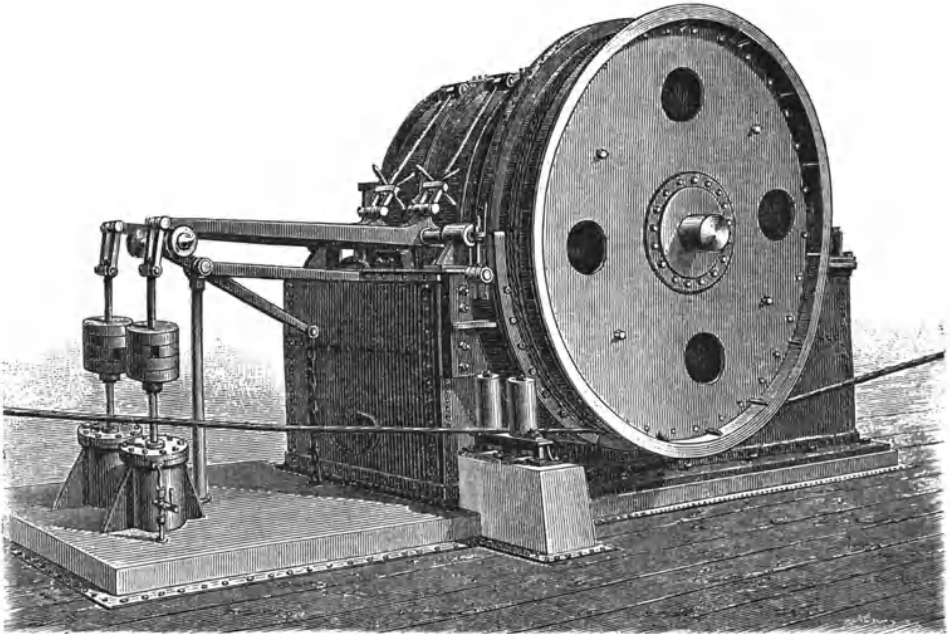


Fig. 520. Auslegertrommel.

Entsteht ein Fehler im Kabel, so läßt sich seine Lage im Kabel vom Lande aus durch elektrische Messungen bestimmen. Man muß aber nun, wenn man diese Bestimmung zur Auffindung und Beseitigung des Fehlers benutzen will, genau wissen, wo das Stück, in welchem sich der Fehler befindet, im Meere ruht und zu diesem Zwecke wird das auszuliegende Kabel auf seiner Länge von Meile zu Meile mit Marken versehen, und der Ausgang jeder Marke aus dem Schiff zeitlich bestimmt. Da man nun aus dem Schiffsjournal weiß, welchen Weg das Schiff genommen hat und an welchem Punkte des Weges es sich zu einer bestimmten Zeit befand, so ist man in den Stand gesetzt, später zu wissen, an welcher Stelle des Meeres sich ein Kabelstück befindet, das vom Lande so und so viel Meilen entfernt liegt. Auf diese Weise ist man später in den Stand gesetzt, die nicht selten auftretenden Fehler der Kabel in kurzer Zeit zu beseitigen, für welche Zwecke eine Flotte von mehr als dreißig besonders eingerichteten Schiffen auf allen Meeren thätig ist. Wie das auf dem Meeresgrunde liegende Kabel mittels des Greifankers gefaßt wird, damit es aufgehoben werden kann, das wird unsre Fig. 523 erkennen lassen.

Die Messung der Kabel. Die Kabel unterliegen sowohl während der Fabrikation als auch im Betriebe regelmäßigen Messungen, um alle Veränderungen derselben, welche zu Störungen Anlaß geben können oder solche veranlaßt haben, zu erkennen und nach ihrer Lage

zu bestimmen. Bei diesen Messungen werden drei Größen bestimmt, der Widerstand der Kupferleitung, derjenige der isolierenden Hülle und die Ladungsfähigkeit, d. h. das Maß Elektrizität, welches das Kabel bei einem bestimmten Drucke aufnimmt. Mit diesen Bestimmungen wird schon begonnen, sobald das Kabel in Arbeit genommen ist, und es werden sorgfältig für jedes Kabelende, aus denen sich das große Kabel zusammensetzt, jene drei Größen gemessen, einerseits um für jedes Stück des im Wasser liegenden Kabels ein genaues Personale zu haben, andererseits um etwaige fehlerhafte Stücke beizeiten als solche zu erkennen und sie nicht in das Kabel hineinzulassen. Erweist sich beispielsweise bei einem Kabelstück, daß sein Widerstand größer ist, als er nach Berechnung sein soll, so würde diese auffällige Erscheinung sofort auf einen Fehler in der Fabrikation schließen lassen, sei es nun, daß zufälligerweise ein schlechter leitendes Kupfer in das Kabel hineingekommen oder ein Bruch in der Seele entstanden ist.

Würden die Isolationsmessungen ergeben, daß der Widerstand der isolierenden Hülle zu klein ist, so würde ebenfalls das Kabelstück verworfen werden, und falls dieser Widerstand auffallend klein befunden wird, hat man anzunehmen, daß die Isolation an einer Stelle durchbrochen worden ist, deren Lage man mittels elektrischer Messungen bestimmen kann.

Die Art und Weise, wie diese sehr genauen Messungen ange stellt werden, unterlassen wir hier darzustellen, weil eine solche Darstellung uns über den Rahmen des Wertes hinausführen würde, und begnügen uns mit einigen erläuternden Worten. Zur Messung der Widerstände vergleicht man den zu messenden Widerstand mit bekannten Widerständen, welche man in einer „Widerstandsskala“ mit verschiedenen Abstufungen zur Hand hat. Als Grundlage für eine solche Skala dient eine Quecksilberfäule von einem Millimeter Querschnitt und 106 Zentimeter Länge, welche einem Ohm Widerstand entspricht. Mit diesem Grundmaße werden nun Widerstände von verschiedenen Größen, von 2, 5, 10, 20 bis 50 Ohm hergestellt, indem man Drähte auf solche Längen bringt, daß sie genau das verlangte Maß haben. Diese Drähte werden zu Spulen aufgewickelt und nun in einem Kasten zu einer Skala zusammengestellt.

Durch eine einfache Vorrichtung kann man von diesen Spulen beliebig viele einschalten und so in der Widerstandsskala beliebige Widerstände in Abstufungen von einem Ohm herstellen, soweit die Skala reicht. Wird nun der zu messende Widerstand mit dieser Skala und noch zwei andern Widerständen von bekannter Größe

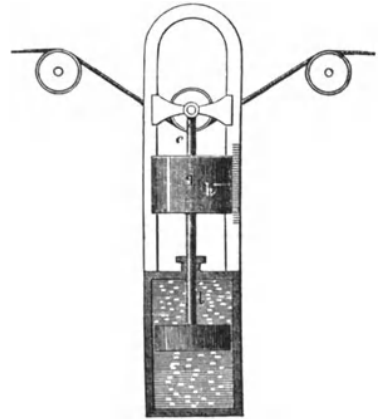


Fig. 521. Dynamometer.



Fig. 522. Auslegerrolle.

und einer Batterie in einer gewissen Weise verbunden, so geht, wenn von der Skala so viel Widerstand eingeschaltet ist, daß er mit dem zu messenden in einem durch die beiden andern Widerstände bestimmten Verhältnisse steht, kein Strom durch einen Draht, welcher mit den vier Widerständen in besonderer Weise verbunden ist. Nun ist in diesen Draht ein Spiegelgalvanometer eingeschaltet, an welchem sich sofort erkennen läßt, ob noch Strom durch den Draht geht. Unser Beobachter auf dem Wilde (Fig. 524) wird daher an seiner Widerstandsskala die Einschaltung der Widerstände ändern, bis er im Fernrohr ersieht, daß die Nadel des Galvanometers in Ruhe bleibt, wenn er durch

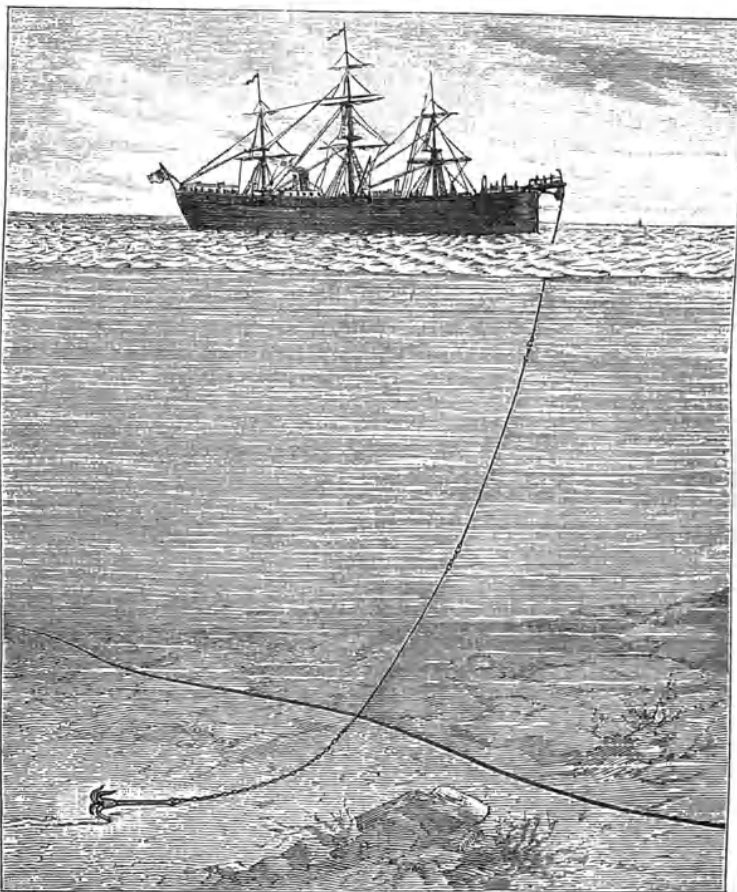


Fig. 523. Aufgreifen eines Kabels mittels Greifanker.

die Widerstände Strom schießt. Er rechnet dann zusammen, was er in seiner Skala an Widerstand eingeschaltet hat, und weiß aus dem bekannten Verhältnis, wie groß der Widerstand des zu messenden Leiters ist. Diesen Wert trägt er in ein Buch ein, und damit ist dieser Teil des Personales des Kabelstückes urkundlich festgelegt; will es später Veränderungen zeigen, so dient die Aufzeichnung dazu, ihm diese Veränderungen sofort nachzuweisen.

In ähnlicher Weise wie der Widerstand der Kupferseele wird auch derjenige der Isolation gemessen. Zu diesem Zwecke wird das Kabel in Wasser gelegt und bleibt einen oder mehrere Tage darin liegen, damit bei etwa vorhandenen Löchern und Rissen in der Hülle das Wasser in dieselbe eindringen kann. Alsdann mißt man den Widerstand

zwischen der Kupferseele und dem Wasser, welcher derjenige der isolierenden Hülle, die zwischen beiden liegt, sein muß.

Für die Kapazitätsmessung dient ein Kondensator von bekannter Kapazität. Auch bei dieser Messung wird wiederum das Spiegelgalvanometer zum Vergleich der Kapazität des Kabels mit dem bekannten Wert des Meßkondensators angewendet.

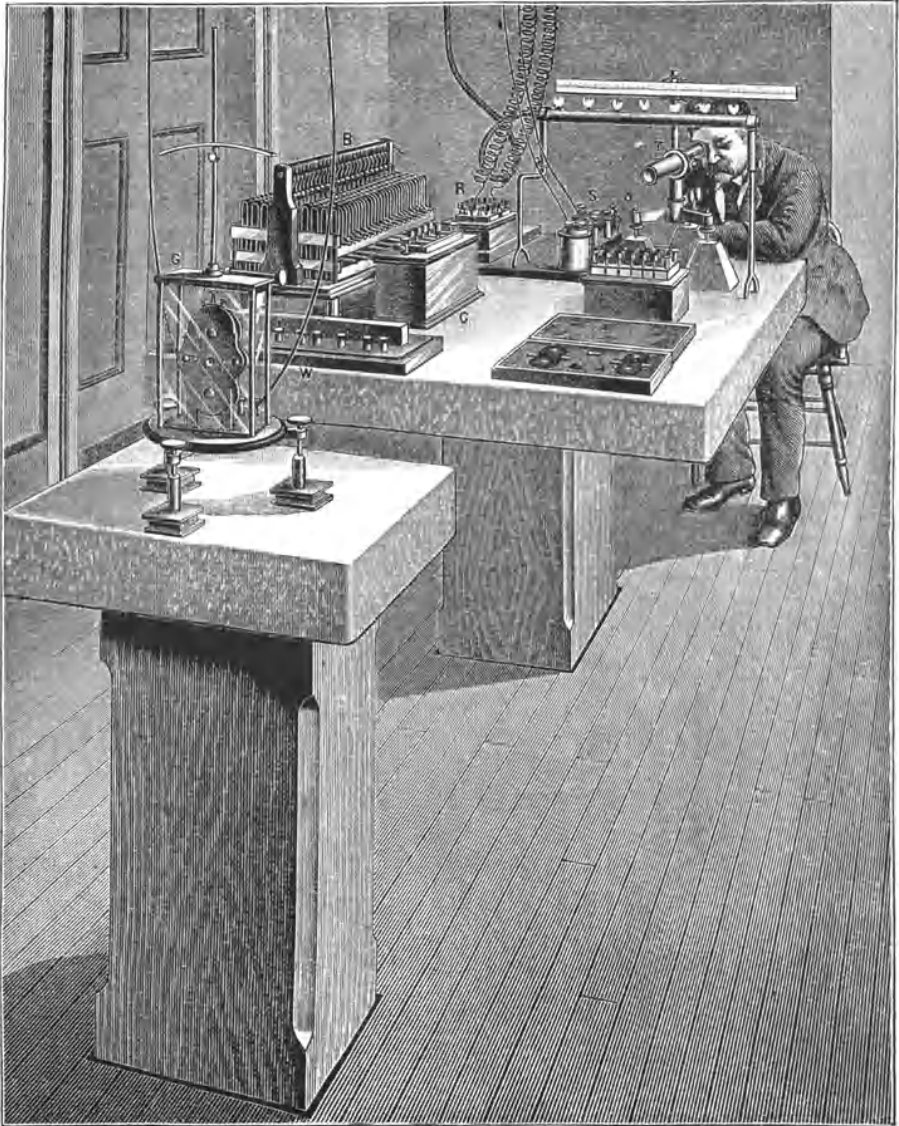


Fig. 524. Ein Kabelmeßzimmer.

Für diese Messungen, welche eine große Sorgfalt erfordern, sind die Instrumente in einem besonderen Räume aufgestellt, wo sie jedem störenden Einflusse entzogen bleiben. Wie unser Bild (Fig. 524) erkennen läßt, stehen die Apparate auf steinernen Tischen, die auf besonderen Fundamenten ruhen; es hat dies den Zweck, das hochempfindliche Spiegelgalvanometer von jeder Erschütterung frei zu halten, welche seine Nadel sofort in Unruhe

bringen würde, ebenso wie auch das Fernrohr auf dem Tische des Beobachters gegen alle von außen oder vom Fußboden kommende Stöße bewahrt bleiben soll. Die zu messenden Kabel werden außerhalb des Messraumes durch Leitungen mit den Instrumenten verbunden, was nach Anweisung des messenden Beamten durch geübte Arbeiter geschieht.

Wie bei der Fabrikation, so wird das Kabel auch während der Legung regelmäßig durch Messungen geprüft, und jede auffällige Veränderung gibt Anlaß nachzusehen, ob und wo ein Fehler entstanden ist. Ist das Kabel in Betrieb genommen, so unterliegt es ebenfalls zeitweiligen Messungen, und versagt es oder vermindert sich seine Leistungsfähigkeit, so wird vom Lande aus durch elektrische Messungen festgestellt, an welcher Stelle im Kabel der Fehler entstanden ist. Da das Personale des Kabels in allen seinen Teilen bekannt ist, so kann aus diesen Messungen der Ort des Fehlers auf wenige hundert Meter genau angegeben werden. Bei unterirdischen Landkabeln, welche ähnlichen Bedingungen wie die Seekabel unterliegen, kann man die geographische Lage des Fehlers oft auf wenige Meter genau bestimmen, da man hier weiß, wo jeder Meter des Kabels liegt; bei Seekabeln ist eine solche Sicherheit nicht zu erreichen, da man die Lage des Kabels nur aus den astronomischen Ortsbestimmungen kennt und die Fehlergrenze hier

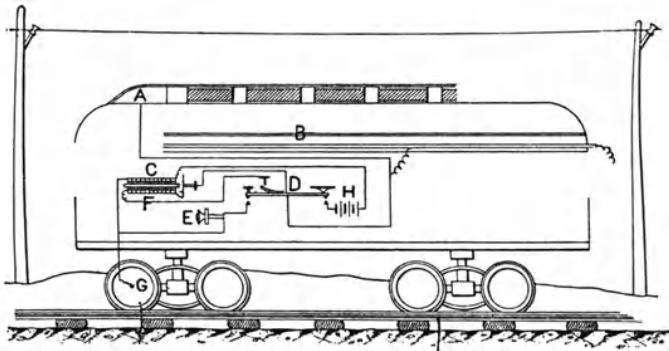


Fig. 525. Die Schaltung bei der Zugtelegraphie.

eine weit größere ist. Immerhin wird es dem Nichtfachmann wunderbar erscheinen, daß man auf Grund einer elektrischen Messung dem Kapitän des Ausbesserungsschiffes den Meeressteil angeben kann, in welchem er das Kabel aufzunehmen hat, und daß in der That der Fehler zumeist mit überraschender Promptheit gefunden wird.

Telegraphische Verbindung mit fahrenden Zügen.

Die telegraphischen Einrichtungen, welche wir bisher kennen gelernt haben, erforderten eine metallische Leitung zwischen der sendenden und empfangenden Stelle, aber wir haben schon auf S. 448 kennen gelernt, daß diese Leitung auch unterbrochen sein kann, ohne daß die Übertragung gestört wird, wenn nämlich eine Vorrichtung — ein Kondensator — eingeschaltet ist, welche den Stromstoß durch die Unterbrechungsstelle von dem einen Leitungsende zu demjenigen der andern Leitung überträgt. Eine sehr hübsche Anwendung dieser Übertragung durch ein nichtleitendes Mittel ist in den telegraphischen Verbindungen mit fahrenden Zügen gemacht worden, welche wir hier kurz beschreiben wollen. Die Aufgabe, von und nach fahrenden Zügen zu telegraphieren, wird scheinbar am einfachsten dadurch zu lösen sein, daß man längs des Schienenweges eine Leitung zieht, welche durch einen Laufkontakt, wie wir ihn bei den elektrischen Bahnen mit oberirdischer Zuleitung kennen gelernt haben, in Verbindung mit der Station gebracht werden. Allein eine solche Einrichtung ist unbrauchbar, da der Laufkontakt bei der raschen Bewegung des Zuges nicht die sichere Berührung aufrecht erhalten könnte und entweder vom Zuge abreißen oder den Leitungsdraht zerstören würde. Man hat deswegen zu einem andern Auskunftsmittel gegriffen, indem man die elektrische Verbindung zwischen Zug und Leitung nicht durch einen

metallischen Leiter herstellt, sondern die Stromstöße durch die Luft vom Wagen auf den Draht überträgt, so daß also jede feste Verbindung der beiden Teile vermieden bleibt.

Der erste, welcher eine solche Übertragung zur Anwendung brachte, war der verdiente amerikanische Telegraphentechniker Pshelpß, welcher zwischen die Schienen eine isolierte Leitung legte und im Wagen eine große, viereckige, senkrecht stehende Drahtspule anbrachte, deren untere längere Seite sich möglichst nahe über der isolierten Leitung hin bewegte. Wurde durch die Spule Wechselstrom geleitet, so wirkten die stromdurchflossenen Drähte der Spule induzierend, wie in einem Ruhmkorff'schen Apparate oder in einem Transformator, auf die zwischen den Schienen liegende Leitung. Von den vier Seiten der Spule wird aber nur die untere eine merkbare Wirkung auf diese Leitung ausüben, während die obere, welche einen entgegengesetzten Strom in der induzierten Leitung hervorzurufen strebt, wegen ihrer größeren Entfernung nicht zu einer erheblichen Wirkung gelangen kann. Die vertikal stehenden Seiten der Spule üben keine Wirkung auf die feste Leitung aus.



Fig. 526. Ein Zugtelegraphenamt.

Es werden also die Stromstöße von wechselnder Richtung, welche man durch einen kleinen Induktionsapparat mit Selbstunterbrecher erzeugt, auf die feste, zwischen den Schienen liegende Leitung übertragen und pflanzen sich auf ihr bis zur Empfangsstation fort, wo sie durch ein Telephon oder einen andern Empfangsapparat wahrgenommen werden können. Auf diese Weise kann man durch kürzeren und längeren Stromschluß im Wagen die bekannten Morse-Zeichen erzeugen und somit Telegramme vom fahrenden Wagen nach der Station abschicken. In gleicher Weise läßt sich auch in umgekehrter Richtung telegraphieren, und so erscheint die Aufgabe, aus und zu einem fahrenden Zuge ein Telegramm zu senden, gelöst.

Diese Pshelpß'sche Erfindung wurde von Edison und Gilliland in zweckmäßiger Weise umgestaltet und vervollkommenet, indem sie die Spule und die Leitung zwischen den Schienen unterdrückten und an ihre Stelle eine andre Anordnung setzten, welche mit derjenigen verwandt ist, die wir bei der Seetelegraphie (Fig. 506) kennen gelernt haben.

Die beiden Erfinder setzten den Leitungsdraht an die Seite des Schienenweges und zwar auf niedrige, zwei bis drei Meter hohe Pfosten. Statt der Spule, die Pshelpß angewendet hat, benutzen sie das metallische Dach A (Fig. 525) des Wagens, und wenn ein solches nicht vorhanden ist, bringen sie einen Draht B seitlich oder oben am Wagen an. Im Innern des Wagens steht eine kleine Batterie, welche mittels eines Stromschlüssels mit

einem kleinen Induktionsapparat verbunden werden kann. Dieser erzeugt, wenn mit der Batterie verbunden, durch seine Selbstunterbrechung eine rasche Folge von Stromstößen, von denen die des einen Poles zum Dach des Wagens bezw. zu dem Draht B geleitet werden und diesen Leitern Ladungen von entsprechend raschem Wechsel mitteilen, während die aus dem andern Pole hervorgehenden Ladungen durch das Rad des Wagens zur Erde geleitet werden.

Erhält nun das Dach des Wagens bezw. der Draht B eine Ladung, so erzeugt diese eine entgegengesetzte Ladung in dem gegenüberliegenden Teile des Leitungsdrahtes, während eine entsprechende Menge Elektrizität der gleichen Art wie die des Daches oder des Drahtes B abgestoßen wird und sich an das Ende der Leitung, zur Empfangsstation begibt. Wechselt die Ladungen sehr rasch, so werden auch auf der Empfangsstelle rasch aufeinander folgende Stromwellen ankommen, welche in einem Telephon Töne erzeugen. Diese Töne halten so lange an, als die Batterie im Wagen geschlossen ist, und man kann also ihre Dauer kürzer und länger bemessen, also Morse-Zeichen erzeugen und auf diese Weise telegraphieren.

Die Bewegung des Wagens ändert an dieser Wirkung nichts, und so vermag man Zug und Station in dauernden telegraphischen Verkehr zu setzen.

Wie sich das Telegraphenamt im Wagen gestaltet, zeigt unsre Abbildung Fig. 526.

Der Telegraphist hat den auf einer kleinen Holzplatte montierten Apparat auf dem Schoß, das Hörtelephon ist an seiner Mütze befestigt, so daß es an seinem Ohre anliegt, und in dieser bequemen Weise kann er sich mit der Station verständigen.

Zu einer ausgebreiteten Anwendung ist diese Zugtelegraphie noch nicht gekommen, da vorläufig das Bedürfnis für eine derartige Einrichtung noch fehlt. Man hat aber das System auf einer Versuchslinie angewendet und ist mit den Erfolgen zufrieden gewesen. Lassen wir die praktische Bedeutung beiseite, so erscheint die Einrichtung doch vom technischen Standpunkte aus sehr interessant, weil sie die telegraphische Verbindung für die erschwerten Umstände, die hier bestehen, erzielen läßt und die angewendete Anordnung eine glückliche und geniale Lösung eines interessanten Problems bedeutet.

Die Schaltungen der Telegraphenapparate.

Die Telegraphenapparate, welche wir kennen gelernt haben, erzeugen die Telegraphenzeichen, indem ein Glied derselben, welches durch den Strom beeinflusst wird, aus einer Stellung in die andre geht, und dieser Wechsel findet statt, wenn die Leitung aus dem stromlosen zum stromerfüllten Zustande oder ihr Strom von einer Richtung zur andern übergeht oder beides stattfindet. So sehen wir bei dem Nadeltelegraphen von Cooke und Wheatstone die Nadel aus ihrer Ruhelage abgelenkt werden, wenn die Leitung Strom zuzuführen beginnt, und sie nach der andern Seite hin ausschlagen, wenn der Strom die Richtung wechselt, und zur Ruhelage zurückkehren, wenn die Leitung stromlos wird, so daß dieser älteste Apparat gleich ein Beispiel des dritten der genannten Fälle bietet. Beim Morse-Apparat erzeugt der Schreibhebel ein Zeichen, wenn er angezogen wird, also die Leitung stromerfüllt ist. Schalten wir ein Relais (s. S. 425) ein, so kann dieses den Strom schließen, entweder wenn der Anker seines Magneten angezogen oder wenn er losgelassen wird. Im ersteren Falle wird der Schreibapparat wie vorher in Thätigkeit kommen, wenn die Leitung stromerfüllt ist; im andern dagegen verbindet ihn das Relais mit der Ortsbatterie, wenn die Leitung stromlos wird, so daß wir also zur Erzeugung des Zeichens den Leitungsstrom zu öffnen haben.

Demnach können wir einen dreifachen Betrieb der Telegraphenapparate unterscheiden, erstens denjenigen mit Arbeitsstrom, bei welchem der in die Leitung geschickte Stromstoß das Zeichen im Empfänger hervorruft; zweitens den Betrieb mit Ruhestrom, bei welchem kein Zeichen entsteht, solange die Leitung stromerfüllt ist und das Zeichen durch die Unterbrechung der Leitung hervorgerufen wird; endlich den Wechselstrombetrieb, wie ihn gewisse Apparate, der Nadeltelegraph, der Magnetinduktionstelegraph von Siemens & Halske, der Heberschreiber, Laurikens Undulator und andre erfordern. Die Wechselstromschaltung wird übrigens insofern in einem gegebenen Falle einer der beiden

ersteren Schaltungen zuzuweisen sein, als bei ihr die telegraphischen Zeichen entweder durch den Stromstoß oder durch die Leitungsunterbrechung bewirkt wird; sofern wir aber hier Arbeits- und Ruhestromschaltung nur für Gleichstrom angewendet behandelt wollen, haben wir die Wechselstromschaltung als eine besondere Art neben die beiden andern gestellt. Neben diesen Schaltungsarten gibt es noch einige andre, die aber nur selten angewendet werden und gelegentlich bei der Mehrfachtelegraphie Erwähnung finden sollen.

Die Arbeitsstromschaltung haben wir schon früher bei der Beschreibung der verschiedenen Telegraphenapparate kennen gelernt. Die bei derselben angewendete Schaltung für Morse-Apparate ist in Fig. 479 abgebildet. Ihre Anwendung findet diese Schaltung für lange Linien und für gewisse Apparate, wie den Typendrucker von Hughes.

Bei der Ruhestromschaltung können eine Anzahl von Ämtern in dieselbe Leitung eingeschaltet sein, und die Unterbrechung der Leitung auf einer Station wird das Zeichen auf allen verbundenen Stationen erzeugen; dasselbe wird jedoch nur von demjenigen Amte aufgenommen, welches von der sendenden Station angerufen war, was die Telegraphisten an dem Klopfen des Apparates erkennen. Diese Schaltung wird in Deutschland auf allen kleineren Linien, auf den sogenannten Omnibuslinien angewendet.

Ein Schema der Schaltung gibt Fig. 527. Wir sehen hier den Strom aus der gemeinsamen Batterie die einzelnen Ämter und die sie verbindenden Leitungen der Reihe nach durchfließen und von dem letzten Amt durch die Erde zur Batterie zurückkehren. In die durchgehende Leitung ist auf jeder Station ein Relais oder auch direkt ein Schreibapparat eingeschaltet, welche das Zeichen erzeugen, sobald der Strom der Batterie unterbrochen wird. Drückt also eine Station den Taster nieder und unterbricht damit den Stromkreis, so werden auf allen Stationen die Schreibstifte oder die Schreibräder der Farbschreiber gegen den Papierstreifen gedrückt. Es kann also jedes Amt die durchgehende Depesche aufnehmen.

Die Einrichtung des Relais für solche Ruhestromschaltung erhellt sofort aus unsrer früheren Fig. 483; bei demselben hat sich der Ankerhebel an den Kontaktstift zu legen, wenn der Elektromagnet stromlos wird und seinen Anker losläßt. Wird aber der Ruhestrom unmittelbar durch die Schreibapparate geleitet, so bleibt der Anker des Elektromagneten angezogen, solange kein Zeichen geschrieben, und muß also das Zeichen erzeugen, wenn er vom Elektromagneten losgelassen wird, arbeitet also in umgekehrter Weise wie bei den früher beschriebenen Morse-Apparaten (Fig. 480—482). Dies wäre nun in einfacher Weise dadurch zu erreichen, daß man den Schreibstift nicht auf den Gegenarm des Ankerhebels, sondern auf den gleichen, welcher den Anker trägt, setzte oder auch den Elektromagneten über dem Anker anbrächte.

Bei den Farbschreibern der „Deutschen Telegraphenverwaltung“ hat man jedoch eine andre Anordnung angewendet, indem man das Schreibrädchen nicht auf den Ankerhebel, sondern auf einen zweiten gesetzt hat, welcher durch den ersten gehoben und gesenkt wird, und die Hebel derart verbunden, daß das Schreibrädchen gehoben wird, wenn sich der Anker hebt, d. h. vom Elektromagneten losgelassen wird, ein einfacher Mechanismus, der leicht zu verstehen ist.

Bei der in unsrer Fig. 527 gegebenen Schaltung für Ruhestrom hatten wir eine Batterie angenommen, welche für alle Stationen zu dienen hat. So vorteilhaft nun auch eine solche Zentralisierung der Linienbatterie erscheinen wird, so hat sie doch Übelstände im Gefolge, welche ihre Anwendung verbieten. Der von der Batteriestation ausgehende Strom findet nämlich auch in der bestisolierten Leitung noch Übergänge zur Erde, und es wird die Zahl derselben mit steigender Entfernung von der Batterie wachsen. Infolgedessen

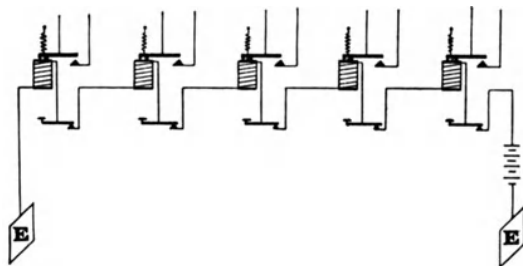


Fig. 527 Ruhestromschaltung.

erhält schon die zweite Station nicht den vollen von der ersten ausgesendeten Strom, sondern ein Bruchteil desselben geht in den Ableitungen schon vorher zur Erde über. Dieser Verlust wird bei der dritten, vierten und den weiteren Stationen immer größer, und so schwächt sich der Strom, je weiter er sich von der Batterie entfernt. Wird nun auf einer entfernteren Station die Leitung unterbrochen, so kann es geschehen, daß auf der Zwischenleitung durch die Übergänge noch so viel Strom übergeht, daß die Magnete der zwischenliegenden Stationen noch genügend magnetisch bleiben, um den Anker des Relais bezw. des Schreibapparates festzuhalten, so daß also hier kein Zeichen entsteht.

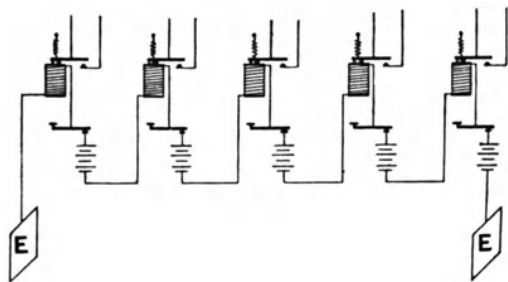


Fig. 528. Verteilung der Linienbatterie auf die einzelnen Ämter.

Um diesen Übelstand zu vermeiden, stellt man die Leitungsbatterie nicht an einer Station auf, sondern verteilt sie thunlichst über alle Ämter, wie dies Fig. 528 zeigt. Dann wird die Stromstärke in allen Teilen der Leitung ziemlich gleichmäßig sein und bei Unterbrechung des Stromkreises sprechen alle Apparate sicher an. Selbstverständlich müssen sämtliche Einzelbatterien hintereinander geschaltet sein.

Bei sehr langen Arbeitsstromleitungen, auf denen der Strom einen großen Widerstand zu überwinden hat, wird man für die Erzielung einer genügenden Stromwirkung an der Empfangsstelle einer sehr starken Batterie bedürfen und selbst mit einer solchen nicht immer deutliche Zeichen hervorrufen können, da die Verluste auf den Nebenschließungen mit der Länge der Leitung wachsen. Um sich hier zu helfen, teilt man die Leitung in Einzelstrecken und stellt für jede eine besondere Batterie auf. Der von der ersten Batterie ausgehende Strom schließt nun bei der zweiten Batterie einen Stromschlüssel, so daß diese Batterie jetzt ihren Strom in die zweite Leitungstrecke und zur dritten Batterie schickt, hier durch einen Stromschlüssel diese dritte Batterie mit ihrer Leitung verbindet und so fort, so daß sich die Stromwirkungen aus den einzelnen Batterien von Strecke zu Strecke fortpflanzen und schließlich bei der Endstelle ankommen. Wie man sieht, haben wir hier eine gleiche Anordnung vor uns wie beim Relais, nur daß der Strom nicht zu einem Schreibapparate, sondern in eine neue Leitung zu einem neuen Relais geschickt wird und in dieser Weise die Wirkung weiter geht. Es ist auch ersichtlich, daß der Stromschlüssel nichts anderes sein wird, als ein Relais. Die Schaltung selbst wird nach dem Gesagten aus Fig. 529 leicht verständlich sein.

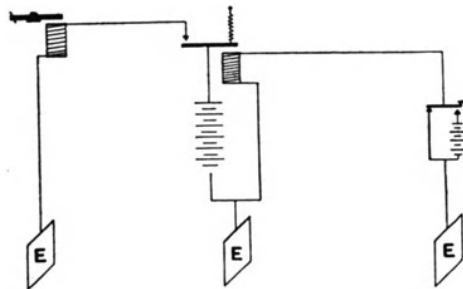


Fig. 529. Übertragungsschaltung.

Die Mehrfachtelegraphie. Zur besseren Ausnutzung der Leitungen hat man Verfahren erfunden, welche es gestatten, mehr als ein Telegramm auf derselben Leitung in der einen oder andern Richtung gleichzeitig zu schicken, und eine solche erhöhte Ausnutzung der Leitungen wird insbesondere bei sehr langen und teuren Leitungen von Wert sein, da sie die Leistung der Linie vermehrt. Für diese Mehrfachtelegraphie kann man nun zwei Verfahren anwenden. Bei dem ersten verbindet man die Leitung für kurze Zeit der Reihe nach mit den verschiedenen Sendern und gleichzeitig am andern Ende mit dem zugehörigen Empfänger, so daß also jeder Geber während einer kurzen Zeit mit seinem Empfänger verbunden, darauf isoliert, und sobald die Reihe wieder an ihn kommt, verbunden ist, und man also während der Verbindungszeit den Strom wie gewöhnlich übermitteln kann. Während der Zeit der Verbindung übermitteln nun die sendende Stelle ihr

Zeichen an den mit ihr verbundenen Empfänger. Man kann diese Art aufeinander folgender Verbindungen noch anders für die Übermittlung ausnutzen.

Sind nämlich die Perioden, während welcher die Leitung der Reihe nach mit den einzelnen Sendern und zugehörigen Gebern verbunden ist, sehr kurze, so wird, wenn ein Geber Strom gibt, seinem Empfänger zwar kein kontinuierlicher Strom zugesandt, aber die rasch aufeinander folgenden Stromstöße wirken doch wie ein zusammenhängender Strom, es wird das Niederdrücken des Tasters an einer sendenden Stelle die entsprechende Anziehung des Ankers im zugehörigen Empfänger zur Folge haben, weil der Magnetismus des Magneten, der nicht plötzlich verschwinden kann, durch die rasch folgenden Stromstöße erhalten bleibt. Auf diese Weise werden die Stromstöße, welche die Reihe der Geber aussendet, getrennt und zwar in ihren Teilen ineinander geschoben, aber unabhängig voneinander über die Leitung gesendet und in gleicher Weise getrennt an der Empfangsstelle aufgenommen und jede seinem zugehörigen Empfänger zugeführt. Diese Aufgabe ist in geistreicher Weise durch Delany gelöst worden.

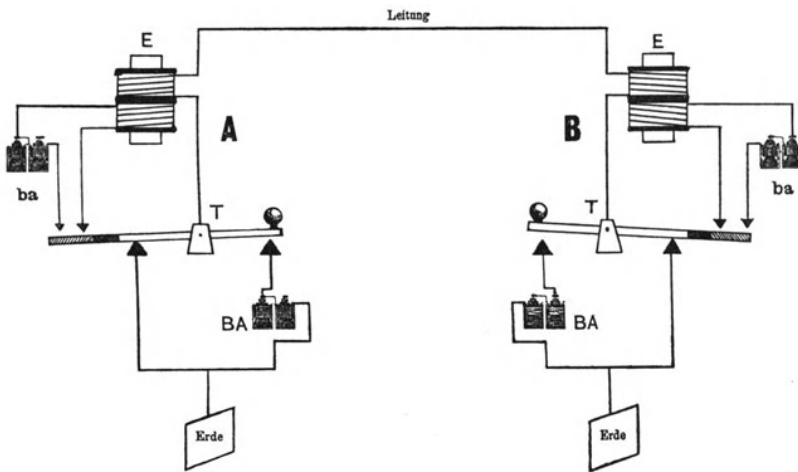


Fig. 530. Gintl's Schaltung für das Gegensprechen.

Das zweite Verfahren besteht darin, daß die Geber gleichzeitig auf die Leitung wirken und der aus diesen Wirkungen gemeinsam hervorgehende Zustand der Leitung sich bei den Empfängern in zwei Wirkungen spaltet, welche den von den zugehörigen Sendern ausgesandten entsprechen.

Das erstere Verfahren bezeichnet man als die „absatzweise“, das letztere als die „gleichzeitige“, mehrfache Telegraphie. Bei der letzteren ist man über die Vierzahl der gleichzeitig beförderten Depeschen noch nicht hinausgekommen, während man beim absatzweisen Telegraphieren bereits zu einer höheren Vervielfachung gelangt ist.

Wir wollen hier nur die gleichzeitige Mehrfachtelegraphie betrachten, welche die ältere und vorerst auch verbreitetere ist. Bei derselben unterscheidet man, ob die Depeschen in der gleichen Richtung gehen oder sich im Drahte kreuzen, oder ob endlich beide Bewegungen möglich sind.

Die Telegraphie der ersteren Art nennt man das Doppelsprechen, die der zweiten das Gegensprechen und die Vereinigung der beiden in der dritten Art das Doppelgegensprechen oder Quadruplextelegraphie.

Wir beginnen mit dem Gegensprechen, bei welchem es sich darum handelt, zwei Telegramme in entgegengesetzter Richtung durch einen Draht zu befördern.

Hierfür ist nun offenbar erforderlich, daß der Stromstoß, den das eine Amt A aussendet, den Elektromagneten des Schreibapparates in B erregt, aber den Elektromagneten des eignen Amtes unbeeinflusst läßt, und in gleicher Weise bei Stromsendung von B her,

der Magnet in A zur Thätigkeit kommt, während der in B unmagnetisch bleibt; daß ferner, wenn A und B gleichzeitig Strom absenden, die Elektromagnete beider Ämter magnetisch werden. Dies zu erzielen, hat man mehrere Methoden in Anwendung gebracht, von welchen wir nur die älteste von Gintl, dem Erfinder des Gegensprechens, und eine Vereinfachung derselben erörtern wollen.

Im Prinzip beruhen diese Methoden darauf, daß das absendende Amt zwei Ströme um den eignen Elektromagneten schickt, welche sich in ihrer Wirkung auf den Eisenkern aufheben. Einer dieser Ströme wird durch die Leitung auf das andre Amt übergeführt und erregt dort den Magneten. Schicken beide Ämter gleichzeitig Ströme aus, so heben sich die beiden zugesendeten Ströme auf; infolgedessen kommt auf jeder Station nur ein Strom der beiden, welche dem eignen Elektromagneten zugeschickt sind, zur Wirkung, und da diese Wirkungen nicht durch die zweiten Ströme neutralisiert werden, so müssen jetzt die Elektromagnete beider Ämter erregt werden. Sehen wir zu, wie dies erreicht wird.

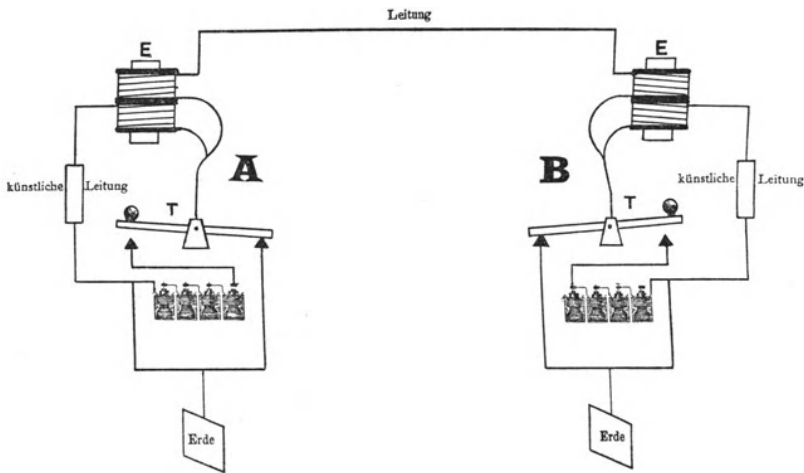


Fig. 531. Gegensprechschaltung von Fritschen und Siemens & Halske.

Zunächst hat jeder Elektromagnet E eine doppelte Bewicklung erhalten, welche auf unserer schematischen Zeichnung (Fig. 530) als zwei gesonderte Spulen, die auf jedem Eisenkern stecken, erscheinen. In Wirklichkeit wickelt man die beiden Drähte der Bewicklungen zusammen auf eine Spule; der Deutlichkeit wegen haben wir es vorgezogen, die Bewicklungen für das Auge zu trennen. Bei der Gintlschen Methode werden nun durch den Druck auf den Taster zwei Batterien eingeschaltet, von denen BA ihren Strom durch die obere Spule und weiter in die Leitung, die andre Batterie ba dagegen nur durch die untere Spule schickt. Stromstärke, Stromrichtung und Windungszahl in den Spulen sind nun derart gewählt, daß die magnetisierende Wirkung der oberen Spule durch diejenige der unteren aufgehoben wird. Sendet also ein Amt Strom aus, so wird der eigne Elektromagnet nicht erregt. Der von A ausgesendete Strom durchläuft in B aber nur die obere Spule; die untere ist stromlos; also wird hier der Elektromagnet erregt, und wir haben somit erreicht, daß A auf B wirken kann, ohne seine eignen Elektromagneten zu beeinflussen.

Selbstverständlich ereignet sich das Entsprechende, wenn B einen Strom nach A sendet. Wie nun aber, wenn beide Ämter Strom absenden? In diesem Falle kommt kein Strom in der Leitung zustande, weil die Batterien BA in A und B einander gegengeschaltet sind. Demzufolge können die oberen Spulen der Elektromagnete keine magnetisierenden Wirkungen ausüben. Da aber beide Ämter ihre Taster niedergedrückt haben, so sind die Batterien ba mit den unteren Spulen der Elektromagnete verbunden, und so müssen jetzt die unteren

Spulen, deren Wirkung nicht neutralisiert wird, die Elektromagnete erregen; bei gleichzeitiger Sendung von A und B aus werden also beide Elektromagnete erregt, und zwar durch den Strom der eignen Batterien *b a*.

Diese Methode, die sogenannte Kompensationsmethode, erheischt also die Anwendung von zwei Batterien und außerdem eines Doppeltasters, der die beiden Stromkreise von BA und *b a* zu schließen hat. In unsrer schematischen Fig. 530 haben wir diesen Doppeltaster derartig dargestellt, daß wir an den einen Arm ein isoliertes Metallstück — in der Zeichnung erscheint es schraffiert und durch ein schwarzes Stück, Hartgummi andeutend, vom Hauptteil getrennt — ansetzen und durch dieses beim Niederdrücken die beiden Kontakte der Stromleitung der Batterie *b a* verbinden; die wirkliche Konstruktion wird natürlich etwas anders ausfallen.

Bald nach Gintl zeigten Frischen und gleichzeitig Siemens & Halske, daß es nicht der Anwendung zweier Batterien auf jedem Amte für die Kompensation bedürfe, sondern daß man auch mit einer einzigen auslauge. Zu diesem Zwecke wird der Strom in zwei Zweige geteilt, von denen der eine über die oberen Spulen der Magnete, der andre über die untere des eignen Amtes und von dort zurück zur Batterie geführt wird. Damit sich die entgegengesetzten Wirkungen der beiden Zweigströme im Magnet des sendenden Amtes genau das Gleichgewicht halten, wird in den Stromweg des zweiten Stromzweiges ein veränderlicher Widerstand, die sogenannte künstliche Leitung, eingeschaltet, an welcher man durch Zu- und Abschalten von Widerständen die Stromstärke im gedachten Zweige derart reguliert, daß ein vom Amt abgegebener Strom den Magnet des eignen Amtes nicht erregt.

Die Vorgänge bei dieser in Fig. 531 wiedergegebenen Schaltung werden sich nun, wie bei der ersten Schaltung beschrieben, abspielen. Die beiden Zweigströme des absendenden Amtes erregen den Magnet dieses Amtes nicht, dagegen wird der auf die Leitung und zum Magnet des andern Amtes gesendete Strom diesen Magnet erregen, da hier kein Ausgleich durch die untere Spule stattfindet. Senden beide Ämter gleichzeitig Strom in die Leitung, so heben sich die Stromwirkungen in der Leitung auf, diese und die oberen Spulen der Magnete sind stromlos, dagegen die unteren Spulen vom Strom durchflossen, und somit werden beide Elektromagnete erregt.

Wir haben nun aber zu beachten, daß die geschilderten Vorgänge nur eintreten, wenn die Taster entweder niedergedrückt oder in der Ruhestellung sind; befinden sie sich in Zwischenstellungen, in der Schwebelage, so ist die Leitung unterbrochen, und es würde, wenn A gerade seinen Taster niedergedrückt, B den seinigen in der Schwebelage hat, kein Strom von A nach B gehen können, dagegen der Ausgleichstrom durch die untere Spule des Magneten in A, so daß in diesem Falle der Magnet in A durch die Stromsendung aus diesem Amte beeinflusst wird. In B dagegen würde durch den in A niedergedrückten Taster kein Zeichen erzielt werden. Diese störende Nebenwirkung thunlichst unschädlich

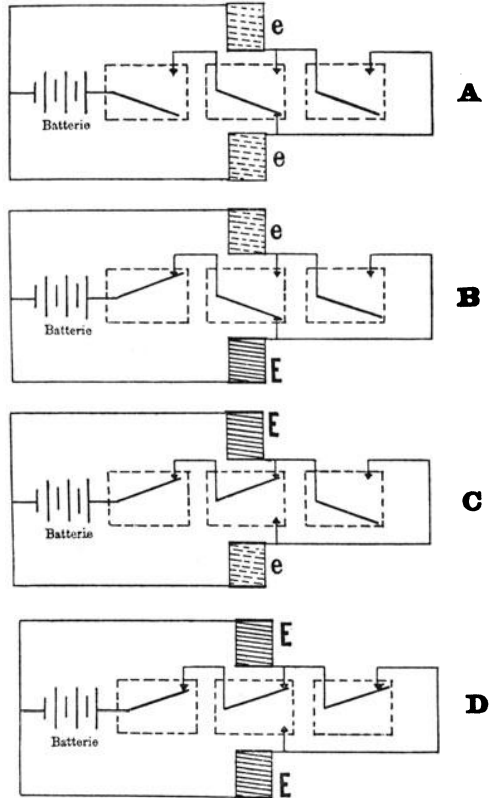


Fig. 532. Beliebige Einschaltung eines von zwei Elektromagneten oder beider mittels dreier Umschalter.

zu machen, hatte Gintl bereits den Hub des Tasters möglichst verringert, ohne daß dieses Auskunftsmittel die Störungen ganz beseitigt hätte.

Nach den genannten Verfahren sind noch zahlreiche andre erfunden worden, auf welche wir hier nicht einzugehen haben. Wir wenden uns vielmehr dem Doppelsprechen zu, bei welchem zwei Telegramme gleichzeitig auf einem Drahte in derselben Richtung befördert werden.

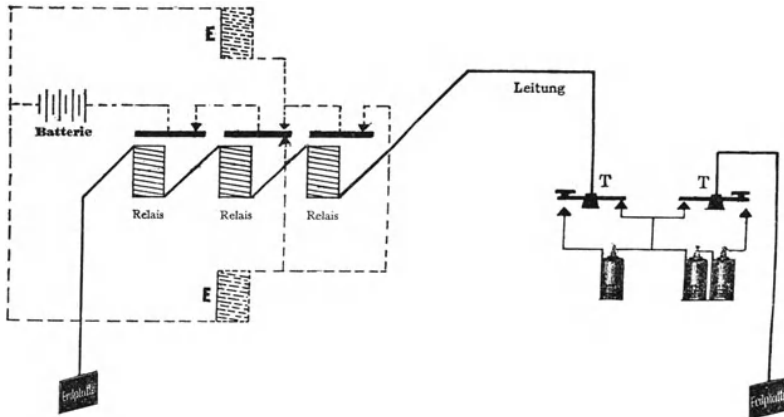


Fig. 533. Schaltung für das Doppelsprechen.

Bei dem Doppelsprechen kommt es darauf an, daß in B nur der Magnet 1 erregt wird, wenn in A Taster 1 gedrückt wird, dagegen nur Magnet 2, wenn Taster 2 Kontakt macht, und beide Magnete thätig werden, wenn beide Taster gedrückt werden. Diese Wirkung erzielt man dadurch, daß man die für die verschiedenen Fälle ausgesendeten Stromstärken abstuft, also daß etwa Taster 1 eine Stromstärke = 1 ausfendet, Taster 2 eine solche = 2, und beide zusammen eine solche = 3.

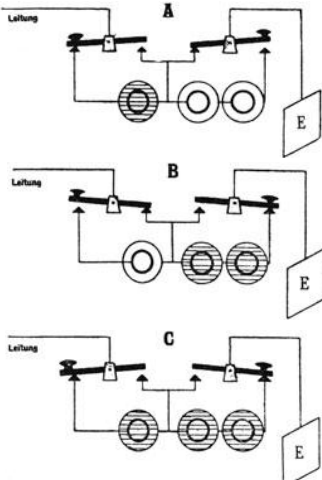


Fig. 534. Dreifache Abstufung der Stromstärke mittels zweier Taster.

Stellen wir nun in B drei Relais in Reihenschaltung auf, von denen bei Stromstärke 1 nur das erste anspricht, während die beiden andern durch die kleine Stromstärke noch nicht bethätigt werden, bei Stromstärke 2 dagegen auch das zweite, bei Stromstärke 3 auch das dritte, also im zweiten Falle zwei, im dritten drei Relais zum Ansprechen gebracht werden, so können wir diese verschieden gestaltete Wirkung benutzen, um den Strom der Ortsbatterie (vergl. S. 425) einmal über den Magneten des ersten Schreibapparates, im zweiten Falle über den des zweiten Morse-Schreibers, im dritten über beide zu leiten. Diese Schaltung wollen wir mittels drei einfacher Umschalter nach Art des in Fig. 228 abgebildeten erläutern, indem wir erinnern, daß ein Relais leicht zu einem solchen Zwei-Stromweg-Apparat ausgebildet werden kann.

Wir sehen in Fig. 532 den Schalthebel des ersten der drei Schalter mit der Stromleitung verbunden; das obere Kontaktstück dieses Schalters mit dem Schalthebel des zweiten Schalters und das obere Kontaktstück dieses Schalters in gleicher Weise mit dem Hebel des dritten Schalters verbunden. Beim zweiten Schalter sehen wir den Magnet 1 mit dem unteren, den Magnet 2 mit dem oberen Kontaktstück verbunden.

Nun stellen wir den Hebel des ersten Schalters nach oben, was dem Ansprechen des ersten Relais entspricht (Fig. 532 A). Der Strom der Batterie wird also vom ersten zum

zweiten Schalter und hier zum unteren Kontaktstück geführt, geht also zum Magnet 1. Jetzt stellen wir (Fig. 532 B) auch den Hebel des zweiten Schalters nach oben. Der Strom wird nun dem zweiten Magnet zugeführt, die Leitung zum ersten ist unterbrochen. Endlich stellen wir auch den Hebel des dritten Schalters nach oben, und nun führt der Strom über beide Magnete, indem er sich beim Verlassen des zweiten Schalters verzweigt und im dritten Schalter einen Zweigweg über den Magnet 1 findet (Fig. 532 C).

Die eingeschalteten Elektromagnete sind durch große E bezeichnet, die nicht eingeschalteten in gestrichelter Zeichnung mit e.

Demnach werden wir das Doppelsprechen in einfacher Weise erzielen können, wenn wir die drei Relais der gedachten Art aufstellen und wie eben beschrieben mit der Ortsbatterie, den beiden Schreibapparaten und unter sich verbinden, wie Fig. 533 dies lehren mag. In der Praxis wird sich die Anordnung freilich verwickelter gestalten, weil noch Hilfsseinrichtungen hinzukommen. Auf diese wollen wir aber nicht eingehen, da wir hier nur den Zweck verfolgen, dem Laien die Möglichkeit des Doppelsprechens auf einer Leitung zu zeigen. Es bleibt aber noch übrig, die Art und Weise, wie man die abgestuften Stromstärken erzielt, zu zeigen.

Zu diesem Zwecke seien die beiden Taster 1 und 2 mit drei hintereinander geschalteten Elementen I, II und III verbunden, wie es Fig. 534 A zeigt. Drücken wir Taster 1, so ist das eine Element I in die Leitung eingeschaltet (Fig. 534 B). Wird Taster 2 (Fig. 534 C) gedrückt, so sind II und III eingeschaltet, die elektromotorische Kraft der sendenden Batterie ist die doppelte, und entsprechend auch die Stromstärke ungefähr verdoppelt. Drücken wir beide Taster, so sind (vergl. Fig. 534 D) alle drei Elemente eingeschaltet, und somit die Stromstärke auf den dritten Grad erhöht. Selbstverständlich wendet man statt der drei Elemente drei Batterien an, welche in Reihenschaltung verbunden sind, benutzt auch in der Praxis ein anderes Verfahren; hier kam es aber nur darauf an, zu zeigen, wie man mittels zweier Taster drei Stromstärkegrade erzeugen kann.

Durch die Zusammenlegung der Gegensprech- und Doppelsprechschaltungen kann man es ermöglichen, daß gleichzeitig zwei Telegramme von A nach B und zwei solche von B nach A auf derselben Leitung befördert werden können. Dies ergibt das Doppelgegensprechen oder die Quadruplextelegraphie. Bei der Darstellung dieses Verfahrens gelangen wir aber zu sehr verwickelten Schaltungen, und wir wollen uns deshalb, nachdem wir die Möglichkeit der Beförderung von zwei Telegrammen auf einem Drahte in gleicher oder entgegengesetzter Richtung gezeigt, damit bescheiden, die Quadruplextelegraphie, welche in Amerika vielfach angewendet wird, hier nur zu erwähnen.

Die Hausstelegraphie.

Einleitung. Die Stromerzeuger für die Hausstelegraphie. Die elektrische Klingel. Die Stromschlußvorrichtungen. Die Anzeigevorrichtungen. Das Relais. Die Leitungsanlage. Die Schaltungen der Hausstelegraphenanlagen.



Neben der Verkehrsstelegraphie, welche die Städte, Länder und Weltteile miteinander verbindet, findet sich ein andres Gebiet der Telegraphie, das zwar nur bescheidene Ziele verfolgt, aber trotz seiner technischen Beschränkung eine ganz außerordentliche Ausdehnung gewonnen hat, da die telegraphischen Anlagen, welche ihm angehören, man darf sagen, in Palast und Hütte zu finden sind, sich über die ganze Erde verbreitet haben und eine große blühende Industrie haben entspringen lassen. Wir meinen die Hausstelegraphie, die Technik jener Anlagen, welche die Erzeugung des guten alten Klingelzuges durch den stromdurchflossenen Draht hat entstehen lassen. Käme die Zahl für die Bedeutung eines elektrotechnischen Gebietes in Frage, so stände die Hausstelegraphie zweifellos vornan in der Reihe der einzelnen Anwendungen des Stromes, denn die Zahl der elektrischen Klingeln, die zur Zeit in Betrieb sind, reicht in die Million hinein, und die jährliche Erzeugung derselben geht in die Hunderttausende. Rechnet man hierzu die für solche Anlagen benötigten Elemente, Druckknöpfe, Tableaus, die Leitungsanlagen, so wird man erkennen, daß diese Industrie alljährlich eine ganz bedeutende Produktion aufweist und ihr jährlicher Umsatz sich auf manche Million Mark beläuft. Sie ist auch von einer andern Seite von Bedeutung, indem sie namentlich dem kleineren und mittleren Gewerbetreibenden Nahrung gibt und die Anlage der Hausstelegraphen vielfach als eine lohnende Nebenbeschäftigung von Handwerkern betrieben wird, was wiederum die erfreuliche Wirkung für die Elektrotechnik gehabt hat, ihr in diesen Kreisen Interesse zu erwecken und aus denselben die Monteure für die Starkstromanlagen zuzuführen.

Den historischen Teil der Hausstelegraphie können wir mit wenigen Worten erledigen, da das engbegrenzte Gebiet derselben keine große Erfindertätigkeit begünstigen konnte. Der Hauptzweck der Hausstelegraphie ist die Erzeugung von Klingelsignalen mittels des Stromes, und so geht die Entwicklung der Hausstelegraphie von der Erfindung der elektrischen Klingel aus. Nun ist ja am Ende die Erzeugung eines Klingelsignales durch den Strom die einfachste Sache von der Welt und schon bald nach Erfindung der Telegraphie versucht worden, denn man hat nur einen Klöppel, welcher von einem Elektromagneten angezogen wird, auf eine Glocke schlagen zu lassen und kann nun durch Stromöffnung und =Schließung ein solches Signal in die Ferne geben. Aber

mit dieser einfachen Vorrichtung haben wir die Forderung, die an eine Hausstelegraphen-anlage gestellt wird, noch nicht erfüllt, denn diese verlangt die einfachste und bequemste Handhabung der Signaleinrichtung, und es wäre für uns keine Bequemlichkeit, wenn wir zur Abgabe des Signales jedesmal den Strom mehrmals öffnen und schließen müßten. Durch eine einfache Einrichtung bringen wir aber den Strom dahin, diese oftmalige Öffnung und Schließung selbst zu besorgen, so daß die Klingel, wenn in den Stromkreis durch Kontaktgebung eingeschaltet, nicht einen einzelnen Schlag, sondern für die Dauer des Stromschlusses eine rasche Folge von Schlägen gibt. Mit der Erfindung dieser Rasselklingel beginnt die Hausstelegraphie.

Wer ist der Erfinder dieser Rasselklingel gewesen? Werner Siemens hatte, wie wir S. 415 gesagt haben, bereits in seinem Zeigertelegraphen die Selbstunterbrechung, auf welcher die Rasselklingel beruht, angewendet und steht insofern auch hier an dem Eingange zu einem Gebiete der Elektrotechnik. Allein seine Vorrichtung war nur für die Verwendung in telegraphischen Anlagen gedacht. Der erste, der die Rasselklingel für hausstelegraphische Zwecke anwendete, war J. Miraud in Rouen, der 1853 auf die glückliche Idee kam, solche Klingeln an Stelle des Schellenzuges zu verwenden. Es hat sich aber noch ein anderer Franzose um die Verbreitung des elektrischen Hausstelegraphen verdient gemacht, und das ist Veclanché, dessen Element (s. S. 27) sich ganz vorzüglich für diese Zwecke eignet und mit der Rasselklingel darum die verbreitetste elektrische Vorrichtung geworden ist.

Bei den Hausstelegraphenanlagen soll häufig dieselbe Stelle von verschiedenen Orten aus angerufen werden; diese Stelle muß daher unterscheiden können, von welcher Anrufstelle das Signal kommt, und wenn wir nicht etwa verschiedene abgestimmte Klingeln anwenden wollen, muß ein Apparat eingeschaltet werden, welcher anzeigt, von welchem Ruforte aus das Signal angekommen ist. Hierfür dient das sogenannte „Tableau“. Wann es entstanden und wer die erste Idee für dasselbe angegeben, vermögen wir nicht zu sagen. Aber man darf annehmen, daß diese Erfindung die bekannte Notwendigkeit zur Mutter gehabt hat. Es ist nämlich anzunehmen, daß der Hausstelegraph anfänglich zuerst in Hotels Eingang gefunden hat. Die Gastwirte hatten ja reichlich Gelegenheit gehabt, sich über den Klingelzug zu ärgern, von welchen ehrwürdigen Instrumenten bei ihnen eine ganze Anzahl im Betrieb und in sehr sicherem Betrieb sein mußte, wenn anders der geärgerte Gast nicht mit unzweideutigen Redewendungen seine Meinung über den wirkungslosen Klingelzug kundgeben sollte. Diese vielen Klingelzüge waren nun weder eine Zierde noch ein Vergnügen für das Hotel, denn was den letzteren Punkt betrifft, so neigten sie in bedenklicher Weise zu Arbeitseinstellungen. Wir nehmen daher an, daß gerade die Hotels den elektrischen Klingelzug sehr willkommen hießen und ihm eine freundliche Aufnahme bereiteten. Für die mechanischen Klingeln existierten nun aber bereits Tableaus, und der Leser wird die Fallklappen, die durch den Zug am Draht zum Herunterklappen kamen und dadurch das rufende Zimmer anzeigten, noch in älteren Hotels gesehen haben. Diese Vorrichtung konnte der Gastwirt also nicht entbehren, und es ist anzunehmen, daß der erste unternehmende Mann, der sich zur Anlage eines elektrischen Telegraphen entschloß, dem Fabrikanten gesagt hat: „Du mußt mir aber auch ein Tableau anbringen, damit ich weiß, welche Nummer gerufen hat.“ Der Fabrikant, der sich natürlich das gute Geschäft nicht entgehen lassen wollte, hat sich dann hingesezt und flugs das Tableau erfunden.

So die Geschichte dieser Vorrichtung, welche wir mangels beglaubigter historischer Daten und Aktenstücke aus der Phantasie konstruiert haben; es ist ja schon viel Geschichte auf diesem Wege entstanden, also wird man uns die Anwendung dieser probaten Methode nicht verdenken. Verhüllt vom Dunkel der Vorzeit ist auch der Erfinder des Druckknopfes, obwohl seine Erfindung wegen ihrer Einfachheit ihm ein besseres Andenken hätte sichern sollen, und ebenso bleiben wir bei manchen andern Vorrichtungen im unklaren, wem wir sie verdanken. In neuerer Zeit ist diese Unsicherheit in bezug auf den historischen Anspruch durch die sich ausbreitende periodische Litteratur zum Teil beseitigt worden, freilich nur zum Teil, denn wenn wir für die frühere Zeit zumeist das gänzliche Fehlen jeder Nachricht über die Erfinder zu beklagen haben, so bringt uns die heutige

Zeit in die andre Bedrängnis, daß für eine Erfindung oft eine ganze Anzahl von ersten Erfindern mit dem Anspruch auf die Urheberschaft auftritt.

Die Verwendung des einfachen Klingelsignales kann sich in der Haustelegraphie ziemlich vielseitig gestalten, was in erster Reihe durch die Schmiegsamkeit der Leitungsführung und durch Anpassungsfähigkeit der Stromschlußvorrichtung bedingt ist. So sehen wir den Strom als Thürwächter in Thätigkeit, der das Öffnen der Ladenthür in das Wohnzimmer des Ladeninhabers meldet und, wenn von ihm verlangt, die Klingel nicht eher stumm werden läßt, bis die Thür wieder geschlossen ist. Der Hausfrau, welche die Sorge um die Gäste nicht zeigen will, stellt sich der Strom als rascher Diener zur Verfügung und ruft, durch einen leichten Druck am Fußbodenkontakt auf den Weg geschickt, die Dienstboten herbei. Er sagt auch dem Gelehrten, der über seinen Büchern vergißt, an seinen Brieffasten zu denken, daß soeben ein hochinteressanter Brief in diesen Kasten gesteckt worden ist. Als Wächter sorgt er für die Sicherheit der Waren und des Geldschrankes und schlägt sofort Alarm, wenn unberufene Hände hier ein unberechtigtes Entzahnungsverfahren einleiten wollen. Die Herren Diebe und Einbrecher sind deswegen keine Freunde der Elektrotechnik, suchen sich aber mit ihr zu befreunden und studieren sogar Elektrotechnik, um den wachsamem Strom einzuschläfern. Diese und mancherlei andre Anwendungen haben die Haustelegraphie zu dem populärsten Teile der Elektrotechnik gemacht, und sie ist auch ein beliebter und gewiß empfehlenswerter Tummelplatz der Liebhaber geworden, zumal der reiferen Schuljugend, denen die Herstellung der einfacheren Anlagen dieser Art ein nützlichcs Vergnügen bereitet. Es hat also die Haustelegraphie auch ihre erzieherische Bedeutung, und diese wolle man nicht übersehen. Der junge Herr von vierzehn bis siebzehn Jahren wird eine anregende Unterhaltung darin finden, für Papa oder Mama eine Klingelleitung zu legen; glückt die Anlage, dann macht ihm das Vergnügen; geht sie nicht, dann lernt er daran, indem er den Fehler aufsuchen muß.

Die Stromerzeuger für die Haustelegraphie. Da für die meisten Haustelegraphen Arbeitsstromschaltung (vergl. S. 464) angewendet und die Ruhestromschaltung nur in Ausnahmefällen benutzt wird, da überdies der Strom nur für kürzere Zeiträume und mit großen Unterbrechungen gebraucht wird, so empfiehlt sich als zweckmäßigstes Element für Anlagen dieser Art das Leclanché-Element in seinen verschiedenen Formen. Früher benutzte man zumeist die in Fig. 23 abgebildete älteste Form, wendet heute dagegen häufiger das Braunsteincylinderelement (Fig. 24) an. Eine große Verbreitung haben auch die Trockenelemente gefunden, welche das häufige Nachsehen und Auffüllen der Elemente unnötig machen und, wenn sie von einer guten Firma bezogen sind, in nicht zu stark beanspruchten Anlagen mehrere Jahre ihre Dienste thun können.

Neben diesen Elementen kommen zuweilen auch noch Zinkkupferelemente, sei es Meidinger- oder Callaub-Elemente, in Verwendung und zwar in Fällen, in denen entweder Ruhestrom angewendet wird oder länger dauernder Strombezug notwendig ist. Früher sind auch andre Elemente benutzt worden, und man findet ab und zu solche und einige neueren Formen in Anlagen der hier in Frage stehenden Art. Da man aber mit den Leclanché-Elementen, bei Ruhestromschaltung mit den Kupferzinkelementen auskommt, so liegt kein Grund vor, diese bequemsten und wirksamsten Elemente durch andre zu ersetzen.

Was die Behandlung der Leclanché-Elemente angeht, so erfordern sie eine gewisse Pflege; sie müssen zeitweilig gereinigt und mit neuer Füllung versehen werden. Die Kontaktschrauben müssen an den Berührungstellen gut blank gemacht und fest angezogen sein.

Für die Aufstellung der Batterie wählt man am besten einen trockenen, nicht zu warmen und nicht zu kalten Ort, der nicht allzu unzugänglich ist, damit man die Elemente ohne Schwierigkeiten nachsehen kann. Wer die Kosten nicht scheut, stellt die Batterie am besten in einem Batterieschränkchen auf, das an der Wand hängt, und hat sie dann unter sicherem Verschuß.

Die Schaltung der Batterie ist so zu wählen, daß dieselbe bei dem gegebenen Widerstande die größte Stromstärke liefert. Da nun der Haustelegraphenanleger im allgemeinen nicht in der Lage und willens ist, die in Frage kommenden Widerstände zu messen, so wird er

vielleicht eine Faustregel anwenden und bei kurzen Leitungen zwei Elemente hintereinander schalten, bei längeren etwa über vierzig Meter Gesamtlänge, drei derselben, bei sechzig Meter vier Elemente. Wird eine größere Stromstärke benötigt — der Fall kann sich in Hotels ereignen, wo häufig mehrere Leitungen gleichzeitig mit der Batterie in Verbindung gesetzt werden — so muß der größere Strombezug durch Parallelschaltung einer zweiten gleich großen Batterie an die erste ermöglicht werden.

Ein weiteres Eingehen auf diese Verhältnisse müssen wir uns versagen, da es nicht unsere Aufgabe ist, eine Anleitung zur Herstellung von Haus-Telegraphenanlagen, sondern nur eine beschreibende Gesamtdarstellung dieses Gebietes zu geben. Auch findet der Leser gerade für dieses Gebiet zahlreiche gute und verständlich geschriebene Handbücher, die ihn mit den Einzelheiten der Haus-Telegraphenanlagen bekannt machen.

Die elektrische Klingel. Das wichtigste telegraphische Zeichen in der Haus-Telegraphie ist das Klingelzeichen, welches der Strom durch die Wirkung eines Elektromagneten auf einen Klöppel hervorruft. Der hierfür verwendete Mechanismus in seiner einfachsten Form ist in Fig. 535 dargestellt. Ein Klöppel *m* ist senkrecht an einer Blattfeder auf-

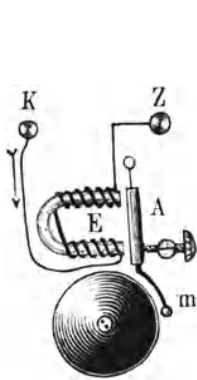


Fig. 535. Schema der Ein-Schlag-Klingel.

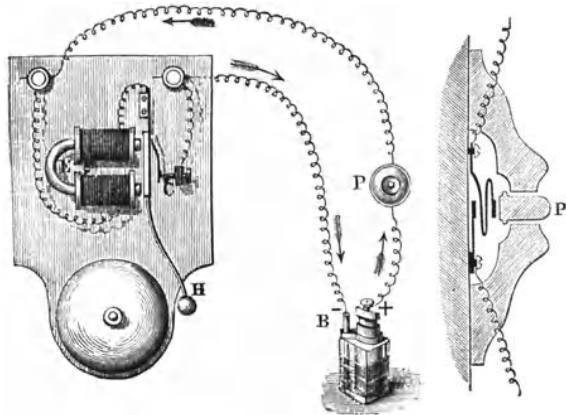


Fig. 536. Elektrische Glocke mit Selbstunterbrechung.

gehängt und trägt an seinem oberen Teile einen Anker *A*, welcher von dem Elektromagneten *E* angezogen wird, wenn der Strom denselben durchfließt. Durch den Anzug des Ankers wird der Hammer des Klöppels gegen die Glocke geschlagen, und so bewirkt also jeder ankommende Stromstoß einen Glockenschlag. Um dem Anker die richtige Stellung vor dem Elektromagneten zu geben, dient der verstellbare Anschlag. Das Stück des Klöppels, welches zwischen Anker und Hammer liegt, ist federnd, so daß also der Hammer beim Anschlag an die Glocke dieselbe durch die Biegung der Feder erreicht und dann durch das Zwischenschnellen derselben wieder zurückfliegt; es wird dadurch bewirkt, daß nach erfolgtem Anschlag die Glocke frei klingen kann und nicht durch den anliegenden Hammer gedämpft wird.

Bei diesen Glocken, die man „Ein-Schlag-Klingeln“ heißt, besteht nun, wie wir vorhin andeuteten, der Mangel, daß der Strom für jeden Anschlag geschlossen und dann wieder geöffnet werden muß; für ein wiederholtes und länger dauerndes Glockenzeichen hätte man also den Kontakt entsprechend oft zu schließen und zu unterbrechen; das wäre un bequem. Man gibt deshalb der Glocke eine Einrichtung, bei welcher sie, sobald der Stromschluß hergestellt ist, den Strom selbstthätig öffnet und schließt und dadurch eine Reihe von rasch aufeinander folgenden Schlägen erzeugt, so daß ein andauerndes schrilles Klingeln erzeugt wird. Das Prinzip dieser Vorrichtung haben wir bereits in Fig. 323 kennen gelernt und haben dasselbe nur auf unsern Fall zu übertragen. Wir können die hier angewendete Anordnung kurz an unserer Klingel Fig. 535 erläutern. Denken wir uns, daß der Strom bei der Anschlagschraube eintritt, dann durch den Anker und die

mit ihm verbundene Befestigungsfeder des Klöppels zum Elektromagneten geht, und nachdem er diesen umflossen, zur Batterie zurückkehrt. Wird nun die Glocke mit der Batterie verbunden, so ist im ersten Augenblick der Stromkreis geschlossen, der Elektromagnet zieht

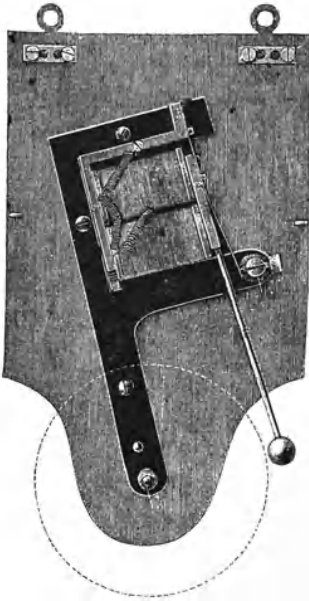


Fig. 537. Eine Kaffelklingel in heutiger Konstruktion.

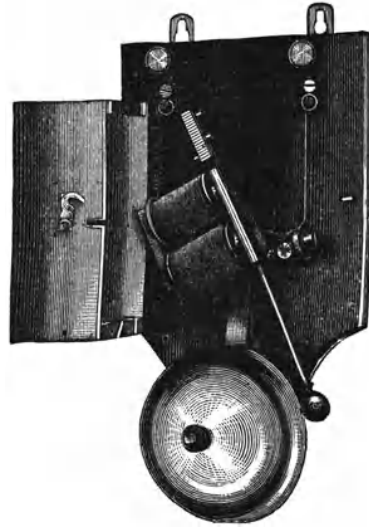


Fig. 538. Kaffelklingel mit Schallglocke.

den Anker an, und der Hammer schlägt gegen die Glocke. Durch den Anzug des Ankers ist aber seine Berührung mit der Anschlagsschraube aufgehoben, der Strom also unterbrochen worden, und der Anker wird daher vom Magneten wieder losgelassen, kommt aufs neue mit der Anschlagsschraube in Berührung und stellt Stromschluß her. Indem sich dieses Spiel ununterbrochen wiederholt, trifft der Hammer des Klöppels in raschen Schlägen auf die Glocke und dies dauert so lange, als die Batterie mit der Glocke verbunden ist.

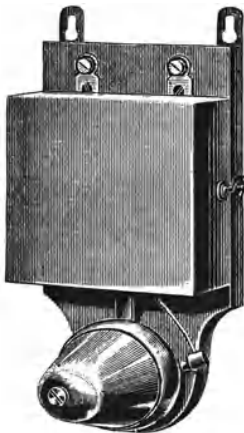


Fig. 539.
Klingel mit Schallmetzlocke.

Die einfache Schaltung, welche demnach hier angewendet wird, ist aus unsrer Fig. 536 leicht ersichtlich, in welcher gegen die eben gegebene Erläuterung nur die Stromrichtung geändert ist; dies ist unwesentlich. Wir sehen den Strom des Elementes zunächst zur Stromschlußvorrichtung P geführt. Wird hier Kontakt gemacht, so geht der Strom über die Vorrichtung P nach dem Elektromagneten E, von dort aus in den Anker und durch die an ihm befestigte Kontaktfeder, deren Zweck gleich erläutert werden soll, nach dem Kontaktstift C, von welchem es zum Element zurückkehrt. Der Kontakt zwischen dem Klöppel und dem Stift C wird durch die Kontaktfeder vermittelt, womit folgender Zweck erreicht wird. Ist der Stromkreis geschlossen und zieht der Magnet den Anker an, so wird der Strom nicht sofort unterbrochen, weil die nachgiebige Feder noch einen Augenblick an C liegen bleibt und erst bei größerer Annäherung des Ankers an den Magneten vom Stift C getrennt wird. Infolgedessen wirkt der Anzug nicht bloß momentan, sondern für eine gewisse Zeitdauer, kann also während derselben dem Klöppel die genügende Bewegungsenergie mitteilen, damit dieser kräftig die Glocke trifft.

Die Konstruktion der heutigen „Kassellglocken“, wie diese elektrischen Klingeln nach dem rasselnden Geräusch, das sie erzeugen, genannt werden, gestaltet sich verschieden. Da die Vorrichtung ein Massenartikel geworden ist, so sucht man ihr eine solche Anordnung zu geben, welche die Herstellung erleichtert und ihr eine gute Wirkung sichert. Um den festen Zusammenhang der einzelnen Teile zu sichern und dieselben gut zusammenpassend zu machen, baut man sie auf einer eisernen Grundplatte auf, welche gleichzeitig Glocke, Magnet und Klöppel trägt. Unsere Fig. 537 zeigt, daß auf die hölzerne Grundplatte ein Gußeisenstück aufgeschraubt ist, an welchem ein aufrechtstehender Winkel sitzt. An diesem letzteren sind die Kerne des Elektromagneten angeschraubt und über dieselben sind dann die Drahtspulen gehoben. An dem kurzen Winkel oben ist die Blattfeder des Ankers befestigt, welche sich über ihre Befestigungsstelle am Anker hinaus verlängert und mit diesem Fortsatz als Kontaktfeder dient. In dem unteren der beiden parallelen Arme ist die Kontaktschraube mit einer isolierenden Büchse eingesetzt. Der Kontaktstift dieser Schraube besteht aus Platin und ebenso ist die Stelle der Blattfeder, welche der Kontaktstift berührt, mit einem aufgelöteten Platinplättchen armiert, da sich jedes andre Metall unter der Einwirkung des entstehenden Funkens oxydieren und der sichere Kontakt dadurch beeinträchtigt oder aufgehoben werden würde. Die Glocke sitzt auf einem Stiel, der in den nach unten gehenden Arm des Eisenstückes aufgeschraubt ist.

Der Klöppel liegt bei dieser Anordnung in schräger Lage. Dies hat einerseits den Zweck, den Elektromagneten senkrecht über die Glocke zu stellen, ohne dem Klöppelstiel eine unvorteilhafte Biegung zu geben, andererseits aber den Klöppel dadurch zu entlasten, daß er mit seinem Gewicht die Anziehung des Elektromagneten unterstützt.

Kontaktfeder und Kontaktstift werden bei manchen Konstruktionen vertauscht, so daß dieser auf dem Anker, die Feder dagegen auf der Grundplatte sitzt, also nicht an der Bewegung des Ankers teilnimmt.

Zum Schutz des Mechanismus wird derselbe durch einen Kastendeckel verdeckt, dessen Anbringung uns Fig. 538 erkennen läßt. Bei dieser Glocke, welche der Fabrik von Stöcker & Co. in Leipzig entstammt, sehen wir die Anordnung ein wenig gegen die eben gegebene geändert, wie ja denn jede Fabrik ihre eignen Modelle für diese Vorrichtungen benutzt.

Die fertige Glocke sehen wir in Fig. 539 vor uns; dieselbe bietet uns eine bemerkenswerte Abweichung, denn wir sehen die schalenförmige Glocke der vorigen Figur durch eine hohe trichterförmige, durch eine sogenannte Schalmeglocke, wie sie den Schafen umgebunden wird, ersetzt. Es hat dies den Zweck, den Klang der Glocke zu verändern, entweder weil sie von andern Klingeln mit Schalenglocken

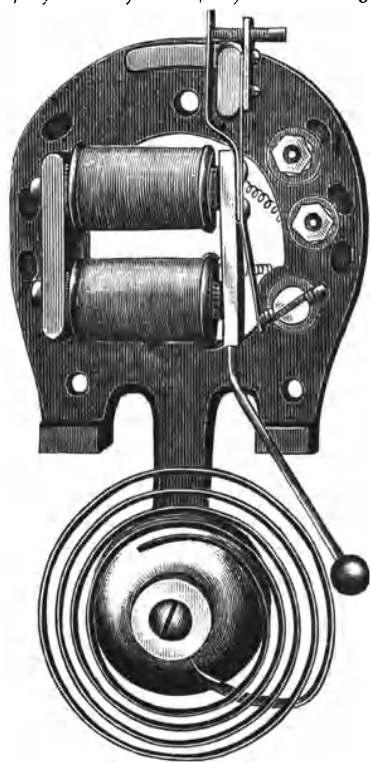


Fig. 540. Klingel mit Klangfeder.

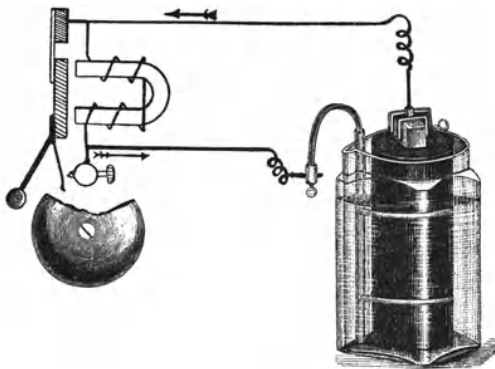


Fig. 541. Klingel mit Nebenschlußschaltung.

unterschieden, oder weil der schrille Ton der letzteren Glocken, der nicht jedem Ohr angenehm ist, durch einen dumpferen ersetzt werden soll, wie ihn diese Art Glocken gibt. Es sei hierzu bemerkt, daß der Ton der Schalmeiglocke etwas Blechernes und Belegtes, nicht den frischen, durchdringenden Metallklang der Schalenglocken hat. Außer den Glocken sind auch noch andre Klangkörper benutzt worden, und so sehen wir in unsrer Fig. 540



Fig. 542. Turmglocke; Außenansicht.

die Glocke durch eine Klangfeder ersetzt, wie sie in Schlaguhren an Stelle der Glocken verwendet wird.

Für die oben beschriebene Schaltung kann in der elektrischen Klingel auch eine andre benutzt werden, bei welcher der Strom nicht unterbrochen, sondern abwechselnd über den Elektromagneten und über einen Nebenweg geleitet wird, so daß auch hier der Magnet abwechselnd den Anker anzieht und losläßt. Die mechanische Einrichtung dieser Klingel ist die gleiche wie bei der vorigen, nur die Schaltung ist geändert. Die beiden Drahtenden der Elektromagnetbewicklung sind (s. Fig. 541) in fester Verbindung mit den beiden Klemmen der Glocke, so daß der Magnet bei geschlossenem Stromkreise in dauernder Verbindung mit der Stromquelle bleibt. Der Klöppel ist mit der einen Klemme verbunden und kommt, wenn sein Anker angezogen wird, mit einer Kontaktschraube in Berührung, welche mit der andern Klemme verbunden ist. Solange diese Berührung noch nicht eingetreten ist, geht der Strom durch den Elek-

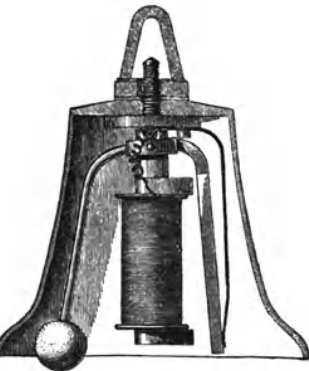


Fig. 543. Mechanismus der Turmglocke.

tromagneten, und dieser zieht den Anker an. Dadurch wird Klöppel und Kontaktschraube in Verbindung gebracht, der Strom geht nun über diesen kürzeren Verbindungsweg und nur noch zu einem kleinen Bruchteil über den Elektromagneten, so daß der Magnetismus desselben nahezu verschwindet und der Magnet den Anker fahren läßt. Der Klöppel schnell zurück und der Nebenweg wird unterbrochen, der Strom geht wieder in voller Stärke über den Elektromagneten, dieser zieht den Anker an und das Spiel geht in der geschilderten Weise weiter. Man bezeichnet Klingeln dieser Art als Nebenschlußklingeln oder als solche mit Selbstausfluß zum Unterschiede von der erst beschriebenen Art mit Selbstunterbrechung.

Die gebräuchliche Form der elektrischen Klingeln, wie sie die Fig. 538 u. 539 darstellen, ist zwar praktisch, aber nicht schön; man hat deswegen versucht, andre Formen anzuwenden, bei denen jedoch, was gleich gesagt sein möge, die Konstruktion eine verminderte Wirkung oder entsprechend einen größeren Stromaufwand bedingt. Die größte Verbreitung hat von diesen Typen die „Turmglocke“ gefunden, deren Außenansicht und Konstruktion die Fig. 542 und 543 erkennen lassen. In ähnlicher Weise sucht man eine gefälligere Form der Glocke dadurch zu erreichen, daß man den Elektromechanismus in das Innere der flachen Glockenschalen legt und diese dann auf eine runde Grundplatte stellt. Man erhält dann Glocken von der in Fig. 544 u. 545 dargestellten Form, welche zuweilen als Tischglocken Anwendung finden.

Von den bisher beschriebenen elektrischen Klingeln, welche mit Gleichstrom betrieben werden, weichen die Klingeln für Wechselstrom insofern ab, als bei ihnen die Bewegung des Klöppels durch den Stromwechsel bewirkt wird, sie also jeden Unterbrechungs- oder

Umschaltungsmechanismus entbehren können. Klingeln dieser Art finden wir vielfach in Signalvorrichtungen, besonders aber in Telegraphenanlagen in Benutzung und wollen sie hier beschreiben, da wir ihnen später öfters begegnen werden. Eine Klingel dieser Art stellt unsre Fig. 546 dar. Zwei kleine Hufeisenmagnete aus Stahl sind dergestalt nebeneinander auf der Grundplatte befestigt, daß gleiche Pole der beiden Magnete auf der Platte liegen. An den oberen, ebenfalls gleichen Polen sind senkrecht nach unten gehende Eisenkerne gesetzt und auf diese Spulen geschoben, welche derart miteinander verbunden



Fig. 544. Tischglocke; Außenansicht.

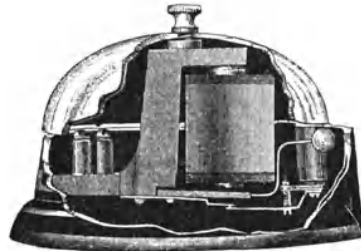


Fig. 545. Tischglocke; Mechanismus.

sind, daß sie an den freien Enden der Eisenkerne verschiedene Pole erzeugen, wenn sie von einem Strom durchflossen werden. Seien nun die oberen Pole der Stahlmagneten Nordpole, so werden durch die magnetische Wirkung auch die freien Enden der Eisenkerne Nordpole werden. Wir schicken nun einen Strom durch die Elektromagnetspulen, dessen Richtung eine solche ist, daß er an dem rechts liegenden Eisenkern am unteren freien Ende einen Nordpol erzeugt; dann wird der andre Eisenkern am freien Ende einen Südpol erhalten. Die Magnetisierung des rechts liegenden Eisenkernes durch die Spule er-

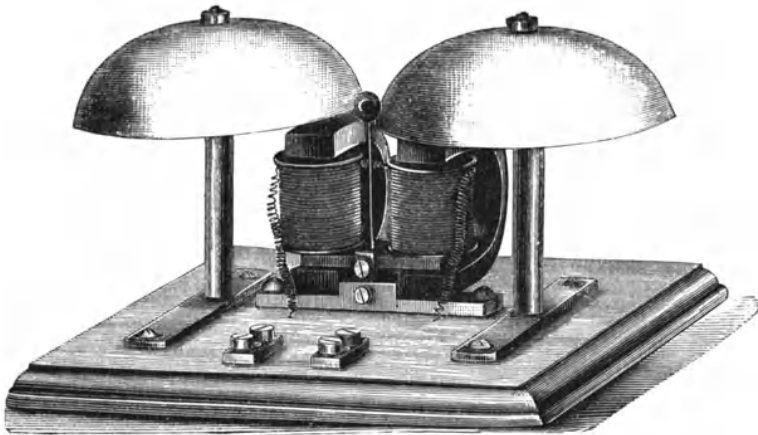


Fig. 546. Wechselstromklingel.

folgt also im gleichen Sinne wie durch den zugehörigen Stahlmagneten, es muß also der Magnetismus dieses Kernes verstärkt werden. Beim links liegenden Kerne wirkt aber die Magnetisierung der Spule derjenigen des zugehörigen Magneten entgegen; hier wird also der Magnetismus im Eisenkern ganz oder teilweise aufgehoben, die magnetische Wirkung des Poles am freien Ende des Eisenkernes also vernichtet oder vermindert.

Wird der Strom umgekehrt, so wird nunmehr der Magnetismus im linken Eisenkern verstärkt, im rechten dagegen verkleinert oder aufgehoben, und wir sehen demnach, daß die freien Enden der beiden Eisenkerne abwechselnd magnetisch werden, wenn ihre Spulen von einem Wechselstrom durchflossen werden.

Nun liegt zwischen den Enden der Eisenkerne und den unteren Polen der Stahlmagnete ein kleiner Wagebalken aus weichem Eisen, der mit einem Klöppel verbunden ist, wie die Figur dies erkennen läßt.

Geht nun ein Strom durch die Spulen, welcher den rechten Eisenkern stärker magnetisiert und entsprechend den linken Kern entmagnetisiert, so wird der rechte Arm des Wagebalkens stärker nach oben gezogen als der linke, und demzufolge wird der Klöppel gegen die links stehende Glocke geschlagen. Beim nächsten Stromstoß überwiegt die Wirkung auf den linken Arm des Wagebalkens, und der Klöppel schlägt gegen die rechts stehende Glocke. In dieser Weise wird also mit jedem Stromwechsel der Klöppel abwechselnd an eine der beiden Glocken schlagen und bei rascher Folge der Wechsel ein andauerndes Klingeln ertönen.

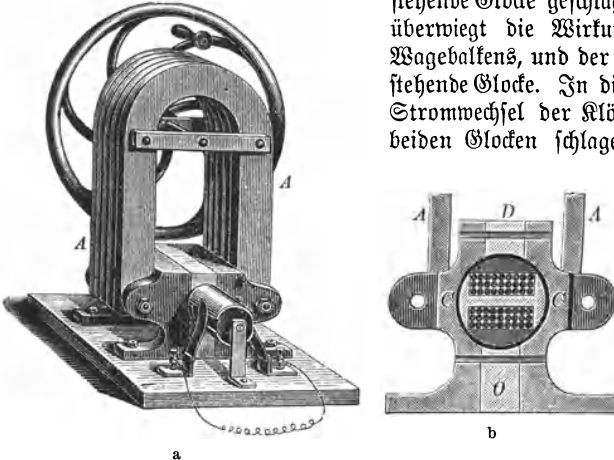


Fig. 547. Kleiner Magnetinduktor.

sehen und also für Abgabe von Gleichstrom eingerichtet ist, zeigt unsere Fig. 547. Zwei eiserne Polschuhe C C sind auf eine Grundplatte geschraubt und durch ein Zink- oder Messingstück D miteinander zu einem Körper verbunden. In der Bohrung desselben dreht sich die Armatur, ein Doppel-T-Anker (s. S. 47). An den Polschuhen sind die hufeisenförmigen Stahlmagnete A mittels durchgehender Bolzen befestigt. Denken wir uns nun statt des Kommutators zwei isolierte Schleifringe auf die Achse gesetzt und jeden derselben

Im Zusammenhange mit diesem Mechanismus wollen wir auch den Wechselstromerzeuger für solche Klingeln beschreiben. Man bedient sich hierfür kleiner Magnetinduktionsmaschinen ohne Kommutator, die mit der Hand gedreht werden. Eine solche Maschine, die allerdings mit Kommutator ver-

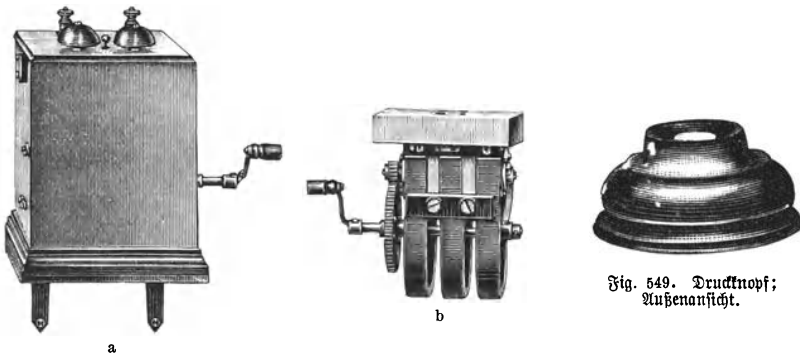


Fig. 548. Wechselstromklingel mit Magnetinduktor verbunden.

Fig. 549. Druckknopf; Außenansicht.

mit einem Ende der Ankerbewicklung verbunden, so werden die auf ihnen schleichenden Kontaktbürsten nach dem auf S. 42 Gesagten Wechselströme ableiten.

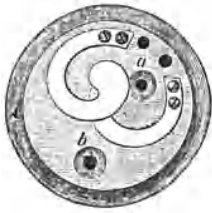
Für den Betrieb von Wechselstromklingeln gibt man diesen Magnetinduktoren die Form, welche Fig. 548 zeigt; dieselbe ist in etwa $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{8}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Übertragung der Drehung von der Kurbel auf die Welle erfolgt hier durch Zahnräder.

Da man bei der Benutzung dieser Klingeln zumeist hin- und zurückrufen will, so wird der Induktor mit einer Wechselstromklingel verbunden und das Ganze in einen

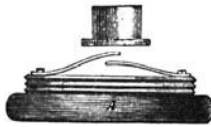
Rasten gebracht, wie Fig. 548 dies erkennen läßt; wir sehen hier den Apparat mit einer Konsole an der Wand befestigt. Je ein solcher Apparat wird an den beiden in Verbindung gesetzten Stellen aufgestellt, so daß die eine die andre anrufen kann.

Der Vorteil der Wechselstromklingeln in Verbindung mit den Magnetinduktoren ist in erster Reihe darin zu suchen, daß sie die Anwendung einer Batterie mit allen ihren Scherereien entbehrlich machen, indem sie die Bewegung der Hand und die Muskelarbeit derselben elektrisch auf die entfernte Klingel übertragen und so einen zuverlässigen und einfachen Bezug der Betriebskraft ermöglichen.

Die Stromschlußvorrichtungen für die elektrischen Haus telegraphen sind insofern ziemlich einfach, als ihre Thätigkeit in elektrischer Beziehung sich zumeist nur auf den Stromschluß eines einfachen Leitungskreises mit schwachen Strömen beschränkt, und der



a
Fig. 550. Druckknopf; Mechanismus.



b



Fig. 551.
Ältere Konstruktion des Druckknopfes.

Stromschlüssel in den meisten Fällen nicht von Einwirkungen der Feuchtigkeit bedroht ist. In einzelnen Fällen hat der Schalter außer dem Stromschluß eine Umschaltung, aber mit seltenen Ausnahmen in einfachster Weise zu bewirken. Berücksichtigung etwaiger Einwirkungen der Feuchtigkeit, welche für ihn in den Fällen besteht, wo er außerhalb des Hauses im Freien angebracht ist, kann ihm mit vergleichsweise geringem technischen Aufwand zu teil werden, wie wir dies kurz nachher zeigen wollen.

Die verbreitetste Stromschlußvorrichtung ist der Druckknopf, bei welchem ein Druck auf ein Knöpfchen den Kontakt herstellt, und diese Vorrichtung ist wegen ihrer leichten Bethätigung und Anbringung außerordentlich beliebt geworden (Fig. 549).

Wenn der Leser den Deckel des Knopfes seiner Haus telegraphenanlage abschraubt, so sieht er im Innern zwei gebogene Blechstücken liegen (Fig. 550). Diese federnden Bleche haben die Form kurzer Spiralen, und ihre Enden liegen in der Mitte übereinander, aber sind außer Berührung, solange nicht das in den Deckel eingesetzte Knöpfchen, welches auf der oberen Feder ruht, dieselbe niederdrückt. Die andern Enden der Feder sind auf die Grundplatte geschraubt und stehen mit den beiden in leitende Berührung zu bringenden Drähten in Verbindung. Sobald der Druck auf das Knöpfchen erfolgt, wird die obere Feder an die untere gedrückt, und der Stromkreis, der hier unterbrochen war, ist geschlossen.

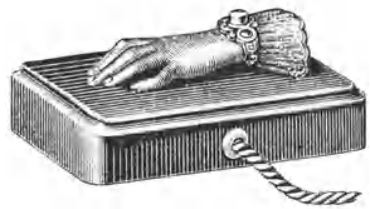


Fig. 552.
Druckknopf als Briefbeschwerer

Dem Leser wird diese Vorrichtung ziemlich simpel erscheinen; das ist sie auch und soll sie sein, denn sie soll thunlichst billig hergestellt werden können. Aber sie zeigt so recht, wie man durch geistige Arbeit allmählich eine einfache und doch sichere Vorrichtung schaffen kann. Man beachte zunächst, daß die beiden Kontaktstücke eine solche Form erhalten haben, daß sie in billigster Weise, durch Ausstanzen, hergestellt werden können, man beachte ferner, wie trefflich sie den engen Raum ausnutzen und doch so sicher gelagert sind, daß sie nicht leicht ungewollt in Berührung kommen. Man sieht auch, wie leicht sich diese einfachen Federn auf der Grundplatte befestigen lassen, jede durch zwei Kopfschrauben, von denen die eine gleich mitbenutzt wird, um den zu einer Dose gebogenen Draht an die Feder zu klemmen. Ferner, da die Blättchen beide federn, werden sie nach erfolgter Berührung

noch etwas tiefer gedrückt; dabei reiben sie sich etwas aneinander, und diese Reibung hat die Wirkung, daß ihre Berührungsstelle stets blank geschleuert bleibt, so daß sich hier keine Oxidhaut bilden kann, welche die leitende Berührung verbindet. Der lose in die Bohrung des Deckels eingesetzte Knopf ruht sicher auf der oberen Feder und wird von ihr getragen; der breite Kopf der Feder hindert, daß er seitwärts nach unten ausweichen kann, die Bohrung gibt ihm eine genügende Führung, und der Flansch, den er am Fuß trägt, läßt es nicht zu, daß er nach außen herausfallen kann. Die Befestigung des Deckels auf der Grundplatte mittels eines groben Gewindes ermöglicht es, den Deckel leicht abnehmen und aufsetzen zu können, und wenn wir endlich noch beachten, daß die Konstruktion genügend Platz in der Grundplatte läßt für die zwei Löcher, durch welche die zur Befestigung dienenden Holzschrauben gesteckt werden, wie auch weiter noch für zwei Löcher zum Einführen der Drähte, so wird man sich sagen, daß der so einfache Apparat eine große Summe technischer Geschicklichkeit verkörpert.



Fig. 553.
Birnenkontakt.

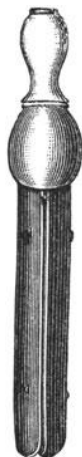


Fig. 554.
Preßkontakt.

Zum Vergleich geben wir in beistehender Fig. 551 die Abbildung einer älteren Konstruktion, welche erkennen läßt, daß die Herstellung dieses Druckknopfes eine erheblich teurere sein mußte, ohne daß sie darum eine bessere war.

Die hier geschilderte Einrichtung kann nun mannigfache äußere Formen annehmen. In manchen Fällen wünscht man den Kontakt nicht fest aufgestellt zu haben, sondern ihn bewegen zu können und gibt ihm deshalb zuweilen die Form eines Briefbeschwerers (Fig. 552), den man auf dem Schreibtisch stehen hat und beliebig verstellen kann. In andern Fällen ist es angebracht, den Kontakt neben oder über

sich hängen zu haben, und hierfür dient die in Fig. 553 abgebildete Birnenform, welche nicht selten mit mehreren Kontakten zum Anruf verschiedener Stellen ausgerüstet wird.

Dieser Kontakt gewährt auch den Vorteil, daß er beweglich ist und beispielsweise dem an das Bett oder den Lehnstuhl gebannten Kranken bequem zur Hand gelegt werden kann. Eine verwandte einfache Vorrichtung ist der Preßkontakt (Fig. 554), der ein rundes Stäbchen mit einem bis auf etwa zwei Drittel seiner Länge gehenden Einschnitt ist; die beiden durch den Schnitt entstandenen Schenkel sind auf der Innenseite mit Metallplättchen versehen, die man beim Zusammendrücken der beiden Schenkel in Berührung miteinander bringt und dadurch die Leitung, deren beide Enden an die Plättchen gelegt sind, schließt.



Fig. 555. Zugkontakt.

Kommt bei diesen Kontakten der Druck der Hand zur Bethätigung in Anwendung, so sind die nächsten für Zug berechnet. Soll z. B. bei einer Anlage Klingelzug verwendet werden, soll z. B. durchaus ein gestückter Klingelzug, der als wertees Familienmitglied sich noch einer ungeteilten Hochachtung erfreut, in Benutzung bleiben,

so wendet man einen Zugkontakt an, wie ihn Fig. 555 zeigt. Hier wird ein verbindendes Mittelstück, das an einer Zugfeder befestigt ist, durch den Zug an der Schnur unter die beiden Kontaktstücke geschoben und stellt dadurch den Stromschluß zwischen beiden Federn her. Nach Aufhören des Zuges zieht die Zugfeder das Verbindungsstück wieder zurück und unterbricht dadurch die Leitung.

Häufiger finden wir den in Fig. 556 abgebildeten Zugkontakt in Verwendung, den sein Äußeres sofort als einen Zugknopf für Haustüren und Thorchwege kennzeichnet. Auch hier ist das Prinzip des vorigen Kontaktes angewendet. Die isoliert auf der Zugstange sitzende runde Metallscheibe kommt beim Anzuge zwischen die beiden Kontaktfedern

und bewirkt dadurch Stromschluß. Läßt man den Knopf los, so drückt die um die Stange liegende Druckfeder die Stange wieder zurück und die Kontaktfedern kommen auf den aus Hartgummi zc. hergestellten isolierenden Kragen vor der Metallscheibe zu liegen. Da diese Kontakte mehr der feuchten Luft ausgesetzt sind als die früher beschriebenen, welche mehr für Innenräume berechnet sind, so ist hier die ziemlich beträchtliche Reibung der Metallscheibe an den Federn von Vorteil für die Blankhaltung der Kontaktstellen. Außerdem ermöglicht die Konstruktion, den Kontakt in eine gut verschlossene cylindrische Höhlung, in eine Büchse zc. zu stecken, welche durch den vorspringenden breiten Rand der Rosette gut verschlossen wird.

Neben diesen „Handkontakten“ sind auch andre in Gebrauch, welche als Trittkontakte durch den Fuß bethätigt werden können und vielfach in Speisefälen zu dem Zwecke verwendet werden, die Bediensteten in unauffälliger Weise herbeizurufen. Dieselben können beweglich oder in den Fußboden eingelassen sein. Im ersteren Falle genügt ein Druckknopf der früher beschriebenen Art, nur mit entsprechend schwerer Grundplatte, damit er sich nicht leicht verschieben kann. Bei den festen Kontakten wird eine kleine schräg aufstehende Platte im Fußboden angebracht, gegen welche von unten eine Feder drückt. Die Verbindung zwischen Feder und Trittplatte ist nicht fest, sondern kann in einfacher Weise aufgehoben werden, so daß man dann die Trittplatte in ihre Öffnung einlegen kann; dies hat den Zweck, die Vorrichtung beliebig außer Betrieb setzen und den Kontakt beim Reinigen des Fußbodens zc. sichern zu können.

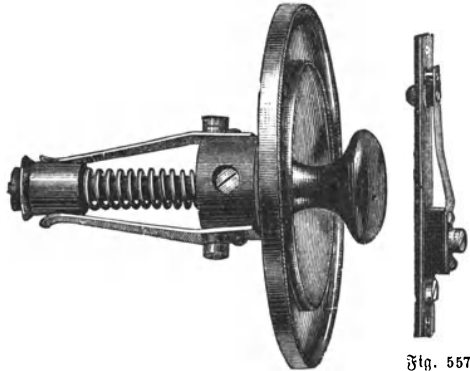


Fig. 556. Zugknopf für Haustüren.

Fig. 557. Thürkontakt

In manchen Fällen soll der Kontakt nicht in gewollter Weise durch Hand oder Fuß hergestellt, sondern in Verbindung mit einem andern mechanischen Vorgange gebracht werden. Ein Beispiel hierfür ist der Thürkontakt, welcher den Strom schließt, sobald die Thür geöffnet wird, eine Vorrichtung, welche namentlich bei Ladenthüren häufig in Anwendung kommt.

Diesem Zwecke dient eine einfache Vorrichtung (Fig. 557), welche in den Falz des Thürrahmens eingelassen wird. Die in der Fläche des Holzes liegende schmale Metallplatte ist mit dem einen Ende der Leitung verbunden, während das andre Ende mit der auf der Rückseite befestigten Feder, welche von der Metallplatte durch das auf derselben befestigte Hartgummistück isoliert ist. Das Ende der Feder trägt einen Druckknopf, welcher beim Niederdrücken die Feder von der Metallplatte entfernt. Solange die Thür geschlossen ist, wird nun der Druck derselben die Kontaktfeder von dem Metallstück entfernt halten. Wird aber die Thür geöffnet, so legt sich die Feder an die Metallplatte, der Stromkreis wird geschlossen, und die Klingel ertönt. Da hier zwischen den Berührungsfächen keine Reibung thätig ist, so wird man die Berührungsstellen zweckmäßig mit Platinplättchen, bezw. Plättchen und Stiftdchen bewehren, deren Metall der Oxydation nicht unterworfen ist.

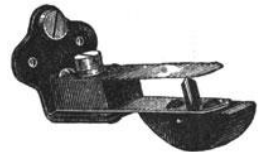


Fig. 558. Thürkontakt.

Manchmal wünscht der Besteller, daß das Öffnen der Thür nicht ein dauerndes Klingelzeichen hervorruft, sondern nur durch ein kurzes Läuten angezeigt werden soll. Dann bedient man sich des Streichkontaktes, der in Fig. 558 abgebildet ist. Bei diesem sind zwei Federn angebracht, die durch Druck in Berührung kommen. Den Druck übt die Thür aus, indem sie beim Öffnen mit ihrer Oberkante an dem runden Hartgummistück hinschneidet, welches an der einen Feder angebracht ist. Die Vorrichtung wird nach dem Gefagten dicht über der Thür befestigt.

Die Anzeigevorrichtungen. Wo eine Klingel von mehreren Stellen aus in Thätigkeit gesetzt werden kann, ist die Anbringung einer Vorrichtung notwendig, welche die rufende Stelle erkennen läßt. Früher bediente man sich vielfach einer Vorrichtung von Breguet, welche in Fig. 559 abgebildet ist. Hier ist für jede Rufstelle eine Scheibe angebracht, welche aus ihrem Schließ in den Kästen hervorfällt, sobald Strom von der

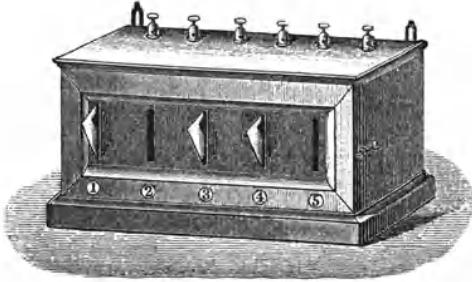


Fig. 559. Anzeigevorrichtung von Breguet;
Außenansicht.

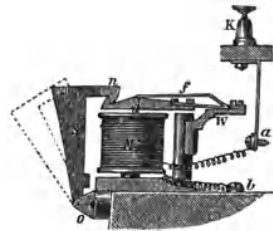


Fig. 560. Anzeigevorrichtung von Breguet;
Mechanismus.

betreffenden Rufstelle durch die Vorrichtung zur Klingel geht. Sobald die Rufstelle erkannt ist, hat die gerufene Person die Scheibe nur in den Schließ zurückzudrücken, um sie für ein neues Signal fertig zu machen. Der Elektromechanismus dieser Vorrichtung ist aus Fig. 560 ersichtlich. Der von der Rufstelle kommende Strom geht durch den Elektromagneten M, welcher infolgedessen den durch eine Feder von ihm abgedrückten Anker A anzieht. Das Ende des Ankerhebels trägt eine Nase, welche in die entsprechende Nase n der Fallscheibe einhakt.

Durch den Anzug der Anker gehen die beiden Nasen voneinander und infolgedessen fällt die an ihrem unteren Ende drehbar gelagerte Fallscheibe durch ihr Übergewicht nach vorn. Wird nach Aufhören des Stromes die Fallscheibe zurückgedrückt, so schiebt sich die Nase der Fallscheibe über den Rücken der Nase des Ankers und haft schließlich mit derselben wieder ein.

Es ist verständlich, daß jeder Elektromagnet nur mit dem Stromkreis verbunden sein kann, welcher der betreffenden Rufstelle angehört. Dies bedingt aber nicht, daß jede Rufstelle einen vollständigen eignen Stromkreis haben muß, sondern nur für den Teil der Leitung, der vom Druckknopf bis zum Signalapparat geht. Hinter dem Signalapparat vereinigen sich die getrennten Leitungen und führen als eine Leitung über die Klingel



Fig. 561. Tableau.

zur Batterie. Unsere Fig. 574 läßt erkennen, daß die Stromleitung von der Batterie gemeinsam bis zu den Druckknöpfen geht und einem jeden eine Zuleitung zuschickt; von dem Druckknopf aus gehen nun die Leitungen gesondert zu dem Anzeigepapparat und eine jede an den zugehörigen Elektromagneten. Darauf vereinigen sie sich in eine Leitung, und diese geht über die Glocke zur Batterie zurück. Wenn also ein beliebiger Druckknopf

gedrückt wird, leitet er den Strom über seine Leitung zu dem Signalapparat, läßt dort die zugehörige Klappe fallen und setzt die gemeinsame Klingel in Thätigkeit.

Die hier beschriebene Anzeigevorrichtung hat den Nachteil, daß sie die rufende Stelle nicht schon aus größerer Entfernung anzeigt, außerdem aber auch in den Schlitzen dem Staub einen Weg in das Innere des Apparates gibt. Man hat deswegen neuerdings eine andre Anordnung gewählt, bei welcher die rufende Stelle mit ihrer Bezeichnung hinter einem kleinen Fenster erscheint. Eine Ansicht eines solchen „Tableau“ gibt unsre Fig. 561, in welcher wir zwölf solche kleinen Fenster für die entsprechende Zahl Ruffstellen und in zweien derselben die erschienenen Nummern erblicken. Auf der rechten Seite steht eine Stange mit Druckknopf hervor; dieselbe dient dazu, die erschienene Nummer wieder verschwinden zu lassen und die in Funktion getretene Signaleinrichtung in ihre frühere Stellung zurückzubringen, so daß sie für eine weitere Anzeige bereit ist. Wie dies geschieht, werden wir sofort kennen lernen. Betrachten wir zunächst, durch welche Mittel wir die Nummer im Fensterchen erscheinen lassen. Unsre Fig. 562 und 563 lassen dies sofort erkennen. Wir sehen dort die Nummer auf einer rechteckigen

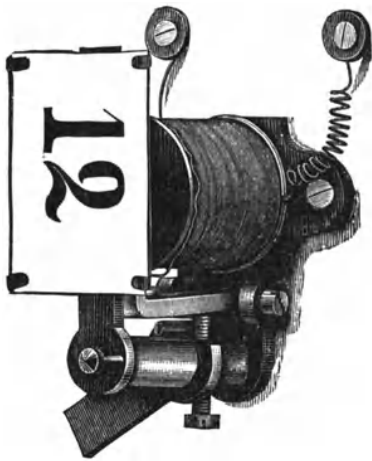


Fig. 562. Der Mechanismus der Fallklappe; gesperrt.



Fig. 563. Der Mechanismus der Fallklappe; gelöst.

Scheibe angebracht, und diese Scheibe fällt durch die Stromwirkung aus der Stellung in Fig. 562 in diejenige der Fig. 563, in welcher sie sich gerade vor dem Fenster befindet, während sie vorher unsichtbar hinter dem undurchsichtigen Teile der Deckplatte des Schrankes lag.

Durch welche Mittel die Scheibe festgehalten und zum Fallen gebracht wird, ist aus den beiden Figuren, welche den von der Firma Stöcker & Co. in Plagwitz-Leipzig konstruierten Mechanismus darstellen, leicht ersichtlich. Fig. 562 zeigt uns, daß ein kleiner Elektromagnet auf einer eisernen Grundplatte steht, welche an die Rückwand des Schrankes angeschraubt ist. Dieser Magnet zieht, wenn er durch den Strom erregt wird, den auf der Grundplatte drehbar gelagerten eisernen Winkelhebel an. An dem Ende dieses Hebels sitzt eine Nase, über deren Rücken der Arm mit der Signalscheibe gleitet, und wenn er über die Nase gegangen ist, von derselben festgehalten wird, indem der Winkelhebel etwas nach vorn fällt. Die Signalscheibe hat dann die Stellung, wie sie Fig. 562 zeigt. Zieht nun der Elektromagnet den Winkelhebel an, so tritt die Nase hinter den Arm der Signalscheibe und gibt ihn frei, so daß die Scheibe hinabfällt und hinter dem Fensterchen erscheint.

Nun sehen wir mit dem Arm der Signalscheibe noch einen zweiten nach unten gehenden Hebelarm verbunden: derselbe dient dazu, die Signalscheibe nach ihrem Fall

wieder in die Stellung von Fig. 562 zurückzuführen. Zu diesem Zwecke sind unter jeder der drei Reihen Klappen bewegliche Messingschienen angebracht, welche miteinander durch Querstangen verbunden sind und durch den Knopf an der Seite des Schränkchens (Fig. 561) von rechts nach links geschoben werden können.

Auf diesen Schienen sitzt für jeden der nach unten gehenden Arme des Scheibenhebels ein kleiner Zapfen, der die rechte Seite des Hebelarmes berührt und denselben bei der Verschiebung der Stangen aus der Lage von Fig. 563 in diejenige von Fig. 562 schiebt, den Scheibenhebel also zum Einklinken mit dem Ankerhebel bringt. Es genügt also ein Druck auf den Druckknopf, um alle etwa gefallenene Scheiben wieder einzurichten. Wird der Knopf losgelassen, so schiebt eine Feder die Stangen mit den Zapfen zurück, so daß die erwähnten unteren Hebelarme freigegeben werden und die Scheiben fallen können.

Eine etwas andre Einrichtung weisen die polarisierten Nummerklappen auf, von welchen wir eine Abbildung in Fig. 564 geben. Wir sehen hier statt eines Elektromagneten deren zwei auf die Grundplatte gesetzt. Dieselben ziehen einen Anker an, welcher ein leichter Hufeisenmagnet ist. Eine dieser Spulen ist nun mit der rufenden

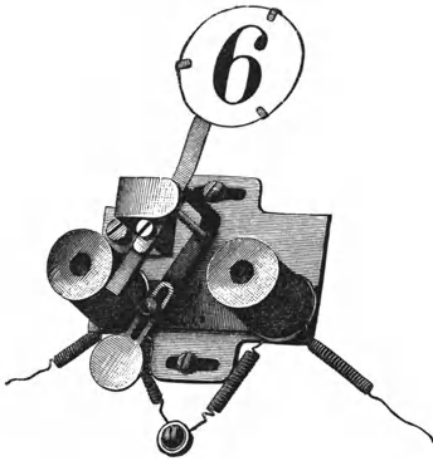


Fig. 564. Polarisierte Nummerklappe.

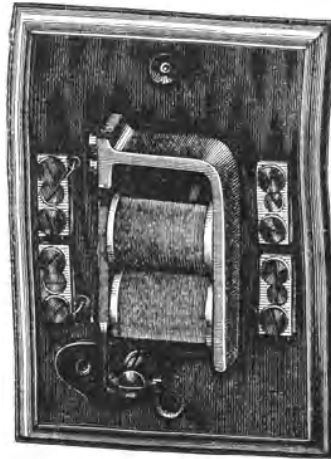


Fig. 565. Einfaches Relais für Hausstelegraphenanlagen.

Leitung verbunden; man hat dafür Sorge getragen, daß die rufende Stelle einen Strom von bestimmter Richtung ausscheiden muß, und zwar von einer solchen, bei welcher der erregte Elektromagnet den polarisierten Anker anzieht. Dadurch wird die mit dem Anker verbundene Nummerscheibe aus ihrer Stellung, welche sie in Fig. 564 hat, seitlich verschoben und erscheint nun hinter ihrem Fensterchen. Soll sie wieder in ihre frühere Stellung zurückgeführt werden, so schiebt man durch eine am Anzeigeapparat angebrachte Kontaktvorrichtung (Druckknopf) einen Strom durch die andre Spule, welcher dieselbe derart magnetisiert, daß sie den Anker in die erste Lage herüberzieht. Auch hier werden sämtliche gefallenene Scheiben gleichzeitig zurückgeführt, indem der Stromschluß den Strom durch alle Zurückführungselektromagnete des Tableaus gehen läßt.

Das Relais. Für lange Klingelleitungen bedarf man zur Erzielung der für den Betrieb der Glocke nötigen Stromstärke einer Batterie von entsprechender Spannung, welche man durch die Reihenschaltung einer größeren Anzahl von Elementen erzielen kann. In manchen Fällen wird es sich aber vorteilhafter erweisen, ein Relais anzuwenden, welche Vorrichtung wir in ihrer Anwendung für Telegraphenanlagen bereits früher (S. 425) kennen gelernt haben. Für die Hausstelegraphie braucht man nun nicht ein so feines und hochempfindliches Instrument anzuwenden wie für die Telegraphie und kommt mit der in Fig. 565 abgebildeten einfachen Vorrichtung aus. Hier ist der Elektromagnet in die lange Leitung eingeschaltet und wird durch den von der Rufstelle

zugefendeten Strom erregt, worauf er dann seinen Anker anzieht und den Stromkreis einer bei der Glocke angestellten kleinen Batterie schließt; in diesen Stromkreis ist die Glocke eingeschaltet, welche also durch Bethätigung des Relais zum Tönen kommt. Die Stromschlußvorrichtung in diesem Relais wird dadurch bewirkt, daß die am Anker befestigte Kontaktfeder beim Anzug des Ankers an den Kontakttift gelegt und dadurch Stromschluß bewirkt wird. Das Leitungsschema geben wir auf einer späteren Seite.

Zuweilen wird das Relais in die Glocke selbst gelegt, was die Anbringung erleichtert.

Legen wir den Kontakttift auf die andre Seite der Kontaktfeder, so wird der Stromschluß bei Öffnung des Stromkreises der Hauptleitung bewirkt werden, und eine solche Anordnung kommt in Frage, wenn wir mit Ruhestrom arbeiten wollen. Durch eine einfache Umänderung an der Glocke kann das durch die Benutzung des Relais bei solchen Ruhestromanlagen entbehrlich gemacht werden, wenn es sich um kürzere Linien handelt.

Die Glocke erhält dann eine solche Einrichtung, daß sie sich mit einer zweiten Ortsbatterie verbindet, sobald der Ruhestrom unterbrochen wird und der Anker vom Elektromagneten losgelassen wird. Der letztere legt sich dann an einen Kontakttift, welcher mit dem einen Pol der Ortsbatterie verbunden ist, und leitet dadurch den Strom zum Elektromagneten, welcher von diesem zur Batterie zurückkehrt. Die in beistehender Fig 566 gegebene Schaltungsskizze wird die Wirkungsweise dieser Anordnung leicht erkennen lassen. Das Relais zum Betriebe von elektrischen Glocken wird neuerdings vielfach von der deutschen Telegraphenverwaltung in Fernsprechanlagen angewendet und hat für diese Zwecke eine sehr hübsche, kompensierte Konstruktion erhalten.

Die Leitungsanlage. Bezüglich der Leitungsanlage ist die Hausstelegraphie das anspruchloseste Gebiet der Elektrotechnik, da es sich hier nur um Fortleitung von schwachen Strömen handelt und die Leitungen sich zumeist unter Dach und Fach befinden. Immerhin darf man sich aber nicht zu der Meinung verleiten lassen, als könne man hier jede Vorsicht unterlassen und habe den Draht nur zu befestigen, um die Leitung für alle Zeit sicher herzustellen. Eine solche sorglose Auffassung würde sehr bald durch unangenehme Erfahrungen berichtigt werden. Gegenüber den Starkstromleitungen bieten die Leitungsanlagen allerdings den Vorteil, daß man nur für Stromfähigkeit und Isolation Sorge zu tragen hat, dafür entstehen aber dadurch Schwierigkeiten, daß die zahlreichen eingeschalteten Apparate die Verlegung einer größeren Anzahl von Drähten notwendig machen, und diese Drähte sorgfältig voneinander unterschieden und in richtiger Weise miteinander verbunden werden müssen, wenn nicht ein heilloser Wirrwarr entstehen soll.

Der erste Punkt, der bei diesen Leitungsanlagen in Frage kommt, betrifft die Isolation.

Die kleinen Ströme und niedrigen Spannungen der Hausstelegraphie verlangen in dieser Beziehung nicht viel, aber das wenige wollen sie haben. Wo der Leitungsweg durch Feuchtigkeit nicht bedroht ist, genügt ein umspinnener Draht, und die dünnste Umspinnung wird schon hinreichen, solange sie unbeschädigt bleibt. Da aber diese dünne Hülle schon beim Legen durch mechanische Einflüsse beschädigt werden kann, so empfiehlt es sich, eine stärkere umspinnene Leitung anzuwenden.

Kommt Feuchtigkeit ins Spiel, so genügt die bloße Umspinnung nicht; bei schwachen

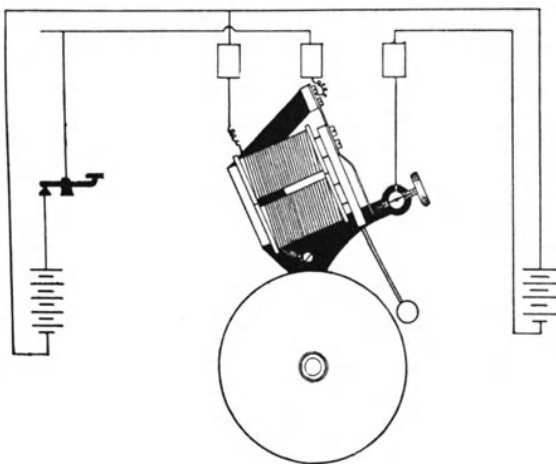


Fig. 566. Ruhestromklingel.

Graden, wie sie auf Flurwänden, in wenig geheizten Zimmern u. s. w. sich finden werden, wendet man gern eine umspinnene und mit Wachs getränkte Leitung an. Die Wachstränkung hat außer dem Schutz, den sie gegen Feuchtigkeit gewährt, auch den Vorteil, die Windungen der Umspinnung zusammenzuhalten, und gewährt dadurch einen kleinen mechanischen Schutz.

Bei größeren Feuchtigkeitsgraden, auf feuchten Wänden, benutzen die Haustelegraphenanleger häufig Drähte, die mit einer Guttaperchahülle umgeben sind. Nun ist Guttapercha ein gut isolierender Stoff, hat aber den Fehler, daß sie sich an der trockenen Luft zerseht und bröckelig wird, so daß also eine Leitung, welche abwechselnd feucht und trocken liegt, mit der Guttaperchahülle nicht sicher geschützt ist.

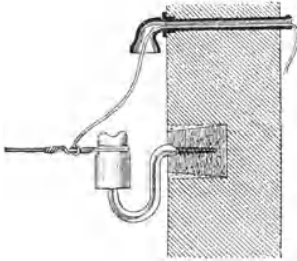


Fig. 567. Einführung der Leitung.

Einigen Schutz gewährt der Guttapercha eine weitere Besspinnung mit Baumwolle oder mit asphaltiertem Hanfbande; Leitungen der letzteren Art wird man auch in besonders feuchten Räumen, in Kellern u. s. w. anwenden, wo man eine gegen Feuchtigkeit stärker schützende Hülle anzuwenden hat. Besonders nasse Orte erfordern für die Leitung die Anwendung von Bleifabeln, welche man z. B. an den Außenmauern des Hauses, für die Erdleitungen vom Gartenthorkontakt ins Haus u. s. w. benutzen wird.

In den Häusern wünscht man häufig den Draht möglichst dem Auge entzogen zu sehen und benutzt daher, wenn er auf die Tapetenborte gelegt wird, eine Umspinnung von annähernd der Farbe der Borte. Vielfach wird auch die Leitung in die Fuß der Wände gelegt, wo sie dann allerdings ganz dem Auge verdeckt bleibt. Zu diesem Zweck werden in den noch feuchten Fußes Ninnen gekratzt, der Draht — umspinnener Guttaperchadraht — nach dem Trocknen des Fußes in die Ninnen eingelegt und die letzteren wieder verputzt. Entsteht aber bei derart verlegten Leitungen ein Fehler, so ist man gezwungen, die Tapete zu zerstören und den Fuß aufzureißen oder nachträglich doch noch eine Leitung auf die Tapete zu legen.

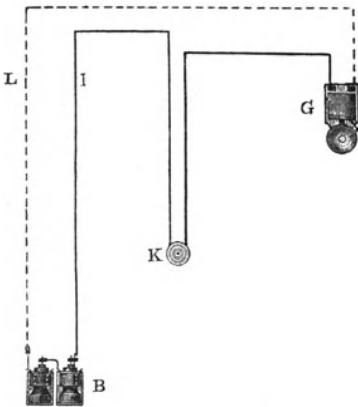


Fig. 568. Einfachste Schaltung für Leitungsanlagen.

Die Befestigung der Leitung geschieht häufig in der Weise, daß in den Leitungsweg von Meter zu Meter Nägel mit halbrunden Köpfen eingeschlagen und der straff angespannte Draht in einer Windung um den halb eingeschlagenen Nagel gelegt wird, worauf man diesen so weit eintreibt, daß er den Draht festhält, ohne ihn zu quetschen. Da die Umbiegung des Drahtes um den Nagel nicht vorteilhaft ist, so bedient man sich besser der sogenannten Hakenstifte, welche den Draht mit ihrem rechteckig umgelegten Ende halten. Sollen mehrere Drähte in einem Bündel befestigt werden, so wendet man Krampen an, u-förmig gebogene Drähte mit zugespitzten Enden.

Ist eine Abzweigung herzustellen, so wird der Hauptdraht an der Abzweigestelle von der isolierenden Hülle entblößt und das ebenfalls blankgemachte Ende des abzweigenden Drahtes um die freigelegte Stelle des Hauptdrahtes gewickelt, worauf man die Verbindung verlötet und dann die freigelegte Stelle mit Guttaperchapapier gut umwickelt, um ihr eine isolierende Hülle zu geben. Statt der Lötung wendet man bei diesen Verbindungen wie auch bei solchen, in denen zwei Drähte zu einer Leitung vereinigt werden, eine Umlegung von Stanniol an, das sich an die Drähte gut anlegt und die Stromverbindung vermittelt.

Die Luftleitungen für Haustelegraphenanlagen unterscheiden sich nicht von denen der Telegraphie und sind schon früher (§. 120 u. ff.) beschrieben worden. Wir haben hier nur die Einrichtung, welche dem Übergang von der Luftleitung auf die Innenleitung

dient, zu erwähnen. Zu diesem Zweck wird die Luftleitung bis an die Stelle der Wand, wo der Übergang erfolgen soll, geführt und über ihrer Endstelle ein Einführungsrohr aus Porzellan (Fig. 567) angebracht. Durch dieses wird die Innenleitung gezogen und außen mit der nackten Leitung verbunden. Der umgekehrte Trichter am Ende des Einführungsrohres sichert der isolierten Leitung eine trockene Zone, so daß der Strom der nackten Leitung nicht auf die Außenwand übertreten kann. Eine andre Einführungs-einrichtung werden wir später in der Einführungslocke kennen lernen, welche die deutsche Reichstelegraphenverwaltung für ihre Telephonanlagen benutzt.

Die Schaltungen der Haustelegraphenanlagen. Ist es auch nicht unser Zweck, dem Leser eine Anleitung zur Herstellung von Haustelegraphenanlagen zu geben, so wollen wir ihm doch einen kurzen Überblick über die verschiedenen Schaltungen geben, durch welche die verschiedenen gleichzeitigen und aufeinander folgenden Stromwirkungen, wie sie die Haustelegraphie erzielen will, hervorbringen. Aus der Fülle der möglichen und angewendeten Schaltungen können wir naturgemäß nur die typischen und gebräuchlichen auswählen, welche den Leser die Mannigfaltigkeit der Zwecke und ihre Erreichung erkennen lassen.

Bei der Gliederung der Schaltungsarten gehen wir am besten von dem Zweck aus, den sie zu erfüllen haben, indem wir uns die Frage stellen: Was kann verlangt werden? Unter diesem Gesichtspunkte teilen sich zunächst die Fälle in zwei Hauptgruppen; in die eine gehören diejenigen, bei welchen eine Stelle nur anrufen kann, die andre nur angerufen wird; in der zweiten dagegen finden wir, daß jede Stelle rufen und angerufen werden kann.

Was die erste Gruppe betrifft, so werden wir sie nach der Zahl der Ruf- und Anrufstellen und ihren Kombinationen zerlegen; wir finden dann folgende hauptsächlichste Fälle:

1. Eine Ruf- und eine Anrufstelle;
2. Eine Ruf- und mehrere Anrufstellen;
3. Mehrere Ruf- und eine Anrufstelle;
4. Mehrere Ruf- und mehrere Anrufstellen.

Den ersten Fall, den einfachsten, haben wir als die Grundform der Haustelegraphenschaltungen bereits in Fig. 536 kennen gelernt. Wir geben die hier angewendete Schaltung in Fig. 568 in schematischer Form wieder, um dem Leser zu verdeutlichen, wie man solche Schaltungen in einfacher und übersichtlicher Weise darstellt. In dieser Figur wie auch bei den späteren bezeichnet B die Batterie, G die Glocke, K den Kontakt, l und L die Leitungen. Wird der Kontakt K geschlossen, so ist der Stromkreis hergestellt und die Glocke ertönt. Es ist daraus ersichtlich, daß die Batterie an jeder Stelle der Leitung L eingeschaltet und beliebig in der Nähe des Druckknopfes oder der Klingel oder zwischen beiden aufgestellt sein kann.

Für den zweiten Fall haben wir zu unterscheiden, ob die eine Rufstelle beliebig jede Anrufstelle einzeln oder alle gleichzeitig anrufen soll. Der erstere dieser Fälle ist im wesentlichen eine Erweiterung der vorigen, wenn wir uns denken, daß der Kontakt nach unserem Willen mit irgend einem von mehreren Stromkreisen verbunden werden kann.

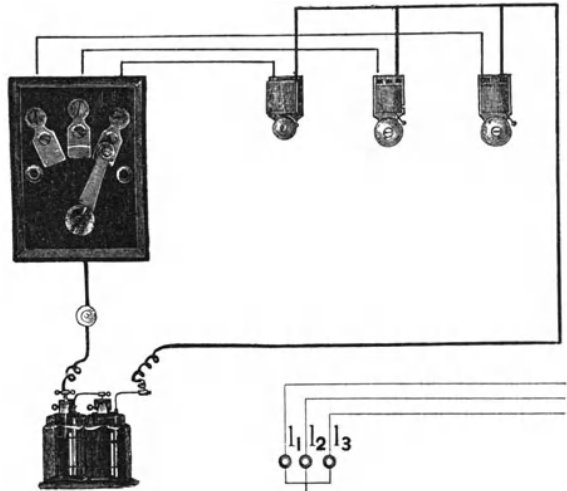


Fig. 569.

Anruf mehrerer Stellen von einer Rufstelle aus mittels Umschalter.

Fig. 570.

mittels verschiedener Druckknöpfe.

Wir hätten dann aber für jeden Stromkreis eine eigne Batterie nötig, und dies wollen wir vermeiden, da offenbar die eine Batterie auf allen Stromkreisen benutzt werden kann. Wir verfahren deshalb in der Weise, daß wir sämtlichen Stromkreisen zwar getrennte Zuleitungen, aber eine gemeinsame Rückleitung geben und in diese letztere die Batterie einschalten. Zu diesem Zwecke wird von jeder der Glocken G_1 , G_2 , G_3 zunächst eine Leitung an die Vorrichtung geführt, welche es gestattet, den Druckknopf beliebig mit einer der Leitungen zu verbinden, an den Umschalter. Die zweite Glocke führt an die gemeinsame Leitung, in welche die Batterie eingeschaltet ist (Fig. 569). Die Umschalte-

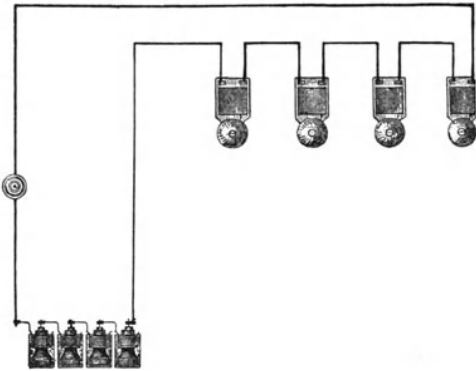


Fig. 571. Mehrere Klingeln in Reihenschaltung.

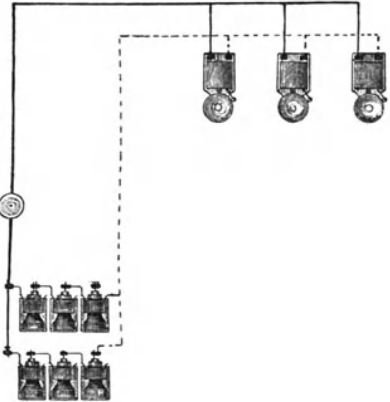


Fig. 572. Mehrere Klingeln in Parallelschaltung.

vorrichtung kann mancherlei Formen annehmen; in ihrer einfachsten Form haben wir uns den für zwei Stromwege berechneten Umschalter (Fig. 228) durch Anbringung mehrerer Kontaktstücke für beliebig viele Leitungen eingerichtet zu denken. Sind sehr viele wählbare Stromwege vorhanden, so wendet man eine Vorrichtung an, welche wir später in den Wechselgestellen der Fernsprecheinrichtungen kennen lernen werden.

Einfacher als die Anwendung des Umschalters ist die Anbringung eines besonderen Kontaktes für jede Leitung, was bei einer kleineren Anzahl Stromwege mit Vorteil an-
gängig sein wird. Wir haben uns dann die rechte Seite unsrer Fig. 569 in der Weise

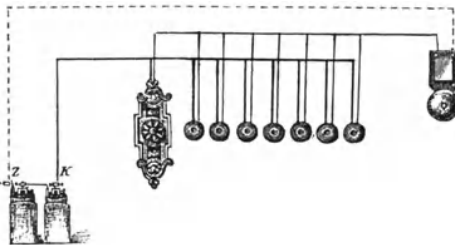


Fig. 578. Anruf einer Stelle von mehreren Rufstellen aus.

umgestaltet zu denken, wie es Fig. 570 zeigt, in welcher für jede der drei Leitungen ein Kontakt vorhanden ist.

Für den andern Fall, daß die Rufstelle mehrere Anrufstellen gleichzeitig anrufen soll, haben wir nur nötig, mehrere Klingeln in die Leitung einzuschalten, welche durch den Strom gemeinsam betrieben werden. Hier stoßen wir aber auf eine kleine Schwierigkeit, wenn wir unsre Kassellklingel mit Selbstunterbrechung anwenden wollen. Schalten wir nämlich mehrere solche Klin-

geln hintereinander in einen Stromkreis ein, wie Fig. 571 dies zeigt, so wird die eine die andre stören; denn wenn eine Klingel bei ihrer Thätigkeit den Strom unterbricht, so kann es sich ereignen, daß in diesem Momente gerade die zweite oder dritte ihren Klöppel anzieht; durch die Stromentziehung kann nun diese Glocke ihren Klöppel nicht zum Anschlag bringen und muß warten, bis wieder Stromschluß hergestellt ist. Da nun die Glocken sich unmöglich genau gleichzeitig bewegen werden, so wird jede Stromunterbrechung bei der einen störend auf die andre wirken, und deshalb kann diese Reihenschaltung der Kassellklingel mit Stromunterbrechung nicht angewendet werden.

Wir haben nun aber in der Klingel mit Selbstauschluß (Fig. 541) eine Vorrichtung kennen gelernt, bei welcher der Strom nie unterbrochen, sondern nur abwechselnd über zwei verschiedene Wege geleitet ist, und hier wird also die Bewegung der Klöppel nicht eine Stromunterbrechung, sondern durch Ausschluß der Elektromagnetspulen eine Stromverstärkung zur Folge haben. Diese Klingeln werden wir also in der gedachten Reihenschaltung anwenden können, und dies ist ein wesentlicher Zweck der Glocken solcher Art.

Wir haben aber noch ein andres Mittel, die Reihenschaltung benutzen zu können. Wir schalten nämlich nur eine Kaskellklingel mit Selbstunterbrechung ein und nehmen für

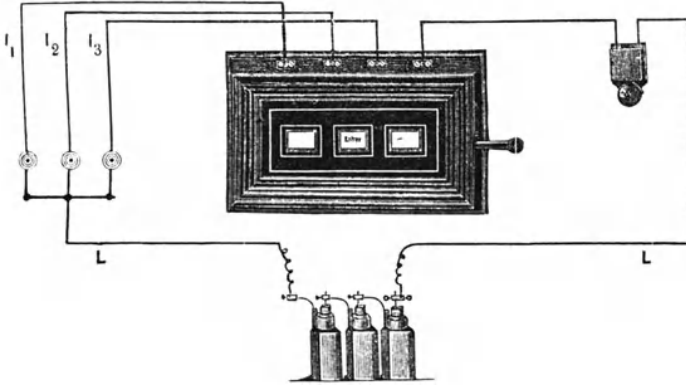


Fig. 574. Die Stromwege bei Einschaltung eines Tableaus.

die andern Klingeln Ein-Schlag-Glocken. Die Kaskellklingel wird jetzt den Strom öffnen und schließen und dadurch auch den andern Klingeln unterbrochene Stromstöße zuführen, so daß sie bei jedem Stromschluß durch die Kaskellklingel anschlagen und mit dieser übereingehen.

Aber auch die Kaskellklingel mit Selbstunterbrechung läßt sich dazu benutzen, aus einer Rufstelle mehrere Anrufstellen gleichzeitig zu betätigen; wir dürfen sie nur etwas anders schalten und zwar derart, daß jede aus dem ankommenden Strom einen gesonderten Zweigstrom für ihren Betrieb erhält, mit andern Worten, wir haben sie nicht in Reihenschaltung, sondern in Parallelschaltung mit der Zuleitung zu verbinden. Wir erhalten dann die Schaltung Fig. 572.

Man hat zu beachten, daß bei der Reihenschaltung ein größerer Widerstand zu überwinden ist als bei der Parallelschaltung, daß demgemäß dort eine Batterie von höherer Spannung, hier eine solche von kleinerem inneren Widerstand notwendig ist, und in dieser Beziehung sei auf das verwiesen, was S. 37 gesagt worden ist.

Wir kommen zu dem dritten Fall unsrer kleinen Tafel, zur Schaltung bei mehreren Ruf- und einer Anrufstelle. Dieser Fall ist sehr häufig, und wir erinnern nur an die Haus-telegraphenanlagen des Hotels, wo jedes Zimmer die den Kellner herbeirufende Glocke in Thätigkeit setzen kann. Wir haben hier nun zu unterscheiden, ob nur der Anruf ausgeführt werden soll oder ob auch noch eine Anzeigevorrichtung eingeschaltet werden muß. Im ersteren Fall wird die Leitungsanlage sehr viel einfacher, denn wir haben,

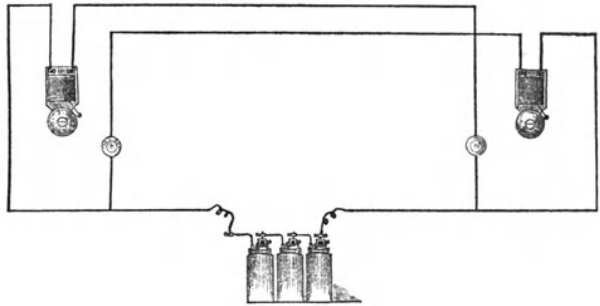


Fig. 575. Schaltung für Ein- und Herzuruf.

wie Fig. 573 zeigt, nur eine durchgehende Doppelleitung an den verschiedenen Rufstellen vorbeizulegen und die einzelnen Kontakte durch kurze Abzweigungen anzuschließen.

Anderß wird die Sache, wenn eine Anzeigevorrichtung, ein Tableau, eingeschaltet werden soll. In diesem Falle hat jeder von einer Rufstelle ausgesendete Strom den zu dieser Stelle gehörenden Elektromagneten des Tableaus zu durchfließen, muß also in einer besonderen Leitung zu dem Tableau geführt werden. Dies erzielen wir durch die in Fig. 574 gegebene Schaltung.

Wird hier einer der Kontakte geschlossen, so geht der Strom aus der Batterie durch die gemeinsame Zuleitung L der Kontakte zu dem Kontakt und dann durch das besondere l des Kontaktes weiter zum Tableau; hier passiert er den zugehörigen Elektromagneten, bringt die Signalscheibe zum Fallen und geht nun in die gemeinsame Leitung, welche durch die Glocke zur Batterie zurückführt.

Der vierte Fall, in welchem mehrere Rufstellen mehrere Anrufstellen haben, bietet insofern Interesse, wenn es sich darum handelt, daß eine einzelne beliebige Rufstelle eine ebenfalls beliebige Anrufstelle anrufen soll. In einfacher Weise läßt sich dies nur ermöglichen, wenn jede Ruf- mit jeder Anrufstelle durch eine besondere Leitung verbunden ist. Bei

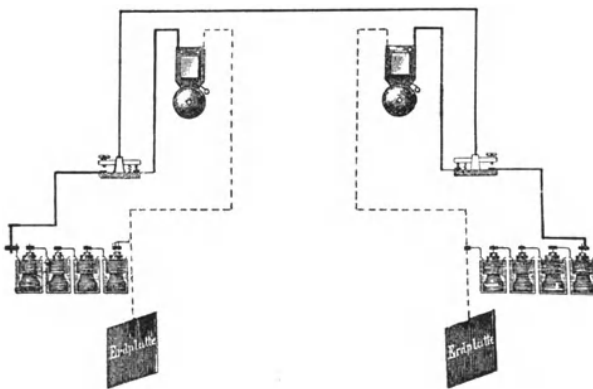


Fig. 576. Hin- und Herruf.

einer größeren Zahl kann man aber den unmittelbaren Anruf nicht mehr ermöglichen und man hat deswegen ein andres Verfahren anzuwenden, das allerdings für die einfachen Hausstelegraphenanlagen nicht gut geeignet ist, aber bei den Zentralfernsprechanlagen in ausgedehntem Maße zur Anwendung kommt. Man führt von jeder der zu verbindenden Stellen zwei Leitungen an eine Zentralstelle, welche auf Benachrichtigung jede Rufstelle mit jeder gewünschten Anrufstelle verbindet und so eine

zeitweilige Schaltung zwischen beiden Stellen nach Art der in Fig. 568 gegebenen schafft.

Soll jede Rufstelle gleichzeitig alle Anrufstellen aufrufen können, so haben wir eine Vereinigung von den Fällen 2. und 3. vor uns, welche keine Erläuterung bedarf.

Es wird uns nun die weitere Aufgabe gestellt, daß jede Stelle sowohl als Ruf- wie als Anrufstelle fungieren soll. Dies erzielen wir sehr einfach, indem wir zwei Anlagen der Art von Fig. 568 nebeneinander legen, so daß der Kontakt der einen und die Glocke der andern an einer Stelle liegen. Hierzu gehört also wenig Nachdenken. Allein wir können diese Doppelanlage etwas vereinfachen, wenn wir von den vier benötigten Leitungen zwei zu einer gemeinsamen vereinigen und die beiden Batterien durch eine ersetzen. Dies erzielen wir in der Schaltung Fig. 575. Hier wird der rechts stehende Kontakt bei Stromschluß die links stehende Glocke bethätigen und der andre Kontakt die andre Glocke.

Bei größeren Entfernungen würde diese Schaltung wegen der Verteuerung der Leitung unvorteilhaft sein; man stellt deswegen an jeder Stelle eine besondere Batterie auf und wendet den Morsetaster an, dessen Funktion wir schon früher erläutert haben. Wir sehen hier, daß dieser Taster wie früher die Hauptleitung je nach seiner Stelle mit der Batterie oder mit der Klingel verbindet und, wenn unbeeinflußt, die Linie mit der letzteren verbunden hält, so daß sie den durch Niederdrücken des Tasters ausgeschickten Strom der Rufstelle zu der Glocke leitet. Es kann also jede Station aus ihrer Batterie einen Strom nach der andern schicken und andererseits, solange sie selbst nicht ruft, angerufen werden. Diese Schaltung, welche Fig. 576 darstellt, werden wir bei den Telephonanlagen wiederfinden.

Verschiedene telegraphische Einrichtungen.

Eisenbahnteleggraphie. Die durchlaufenden Liniensignale. Die Distanzsignale. Die Bugdeckungs-signale. Kontrollapparate für Buggeschwindigkeiten. Die Feuerwehrtelographen. Elektrische Warmemelder. Die Beitelteleggraphie. Elektrische Beigerwerke. Elektrische Stundensteller. Elektrische Regulierung von Uhren. Optische Beilsignale. Die Chronographen. Elektrische Wächterkontrollapparate.
Der Abklimmungstelegraph.



Eisenbahnteleggraphie.

Im ausgedehntem Maße ist der elektrische Strom für die Leitung und Sicherung der Eisenbahnbetriebe nutzbar gemacht worden. Für den Verkehr der Stationen untereinander und der wichtigeren Betriebsstellen einer Station mit dem Betriebsleiter dienen in erster Reihe telegraphische Apparate, welche eine wörtliche Übermittlung der Nachrichten ermöglichen, und hierzu benutzt man zumeist in Deutschland den Morse-Schreibapparat, in England den Nadeltelegraphen und in Amerika den Klopfer. Dieser Teil der Eisenbahnteleggraphie erscheint somit im wesentlichen gegen die früher beschriebenen Einrichtungen für die Verkehrsteleggraphie nicht verschieden, wenngleich im einzelnen Unterschiede bestehen, welche den besondern Anforderungen des Eisenbahndienstes entspringen; aber darauf haben wir hier nicht einzugehen, weil dies außerhalb der hier gesteckten Grenzen liegt. Wir wollen aber dem Leser in Fig. 577 die Abbildung eines Eisenbahntelegraphen geben, welche ihn erkennen lassen wird, wie ein solcher vollständiger Apparat aussieht. Wir sehen auf dem Tische neben dem Farbschreiber und dem Schlüssel noch die Blitzplatte, dahinter das Galvanometer und halb verdeckt die Dose, welche das Relais enthält. In dieser Zusammenstellung hat der Beamte alle benötigten Teile bequem zusammen und zur Hand. Wir sehen übrigens, daß dieser Telegraphenapparat gegen den früheren nichts wesentlich Neues enthält, dagegen gewinnt eine andre Klasse von Eisenbahntelegraphen-Einrichtungen für uns Interesse, nämlich die elektrischen Eisenbahnsignale, welche nur wenige, aber sehr wichtige Benachrichtigungen an die einzelnen Betriebsstellen durch einfache, sicht- oder hörbare Zeichen zu übermitteln haben. Nächst diesen allverbreiteten Einrichtungen, welche für die Betriebssicherheit unentbehrlich geworden sind, werden wir solche elektrische Einrichtungen zu betrachten haben, welche gewisse an den unteren Betriebsstellen zu bewirkenden von der Erlaubnis einer oberen Stelle abhängig machen, Vorrichtungen, welche namentlich für den Weichendienst in Anwendung kommen. Endlich bleiben uns noch einige Kontrolleinrichtungen zu beschreiben übrig, bei denen eine überwachende Centralstelle gewisse entfernte Vorgänge im Betriebe erkennen kann.

Die Bedeutung des elektrischen Stromes für den Eisenbahnbetrieb unterlassen wir zu schildern; sie eingehend darzulegen, fehlt der Raum und mit wenigen Worten ist das Thema nicht zu erschöpfen. Wir begnügen uns, darauf hinzuweisen, daß man heute auf den Eisenbahnen weit sicherer fährt als vordem in den Postwagen, und dazu hat neben dem sorgfältig gehandhabten Dienste der elektrische Strom seinen großen Teil beigetragen. Wie der Strom in diesem Dienste für die Menschheit arbeitet, davon mögen die nachfolgenden Blätter ein schwaches Bild geben, und wenn einmal der Leser, behaglich in seinem „Abteil“ sitzend, durch das Gelände dahin fliegt, dann mag er den Drähten, die ihn treulich auf seinem Wege begleiten, einen freundlichen Blick zuwerfen; sie und der Strom, der in ihnen waltet, sorgen dafür, daß die Bahn für den tausenden Zug frei gehalten und derselbe auf den richtigen Weg gelenkt wird. Und wie er für den Zug Sorge trägt, so sorgt er auch, daß das rollende Ungetüm niemand schadet, indem er wie der getreue Eckhart ihm weit voraus fliegt und alles warnt, sich beiseite zu halten, bis der Zug vorbeigefahren ist; denn es ist sicherer, einen Zentimeter hinter einem Gülzuge zu stehen als hundert Meter vor ihm.

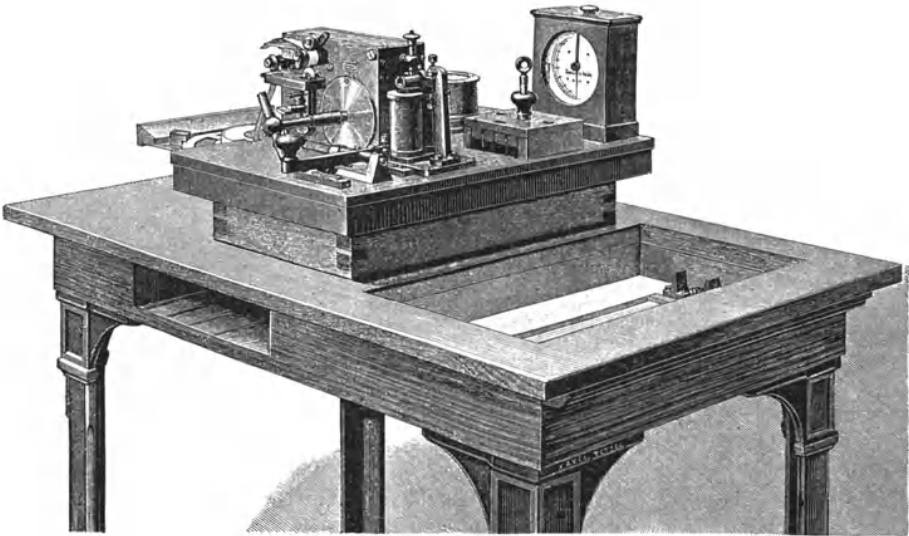


Fig 577. Eisenbahnteleggraph.

Die durchlaufenden Linien-signale. Wie der Leser weiß, sind an unsern Bahnen, wenigstens an den Vollbahnen, Bahnwärter bestellt, welche je ein Stück der Bahnstrecke zu überwachen, für die Sicherheit desselben zu sorgen, die Übergänge zu öffnen und zu verschließen und mehr dergleichen für die Sicherheit und Erhaltung bestimmte Verrichtungen zu thun haben. Diese Wärter müssen nun von dem wichtigsten Vorgang auf der Bahn, von dem herannahenden Zuge benachrichtigt werden, und hierfür dienen die Linien-signale, für welche man außer dem bekannten Signalmast auch ein hörbares Zeichen, das Anschlagen einer Glocke verwendet. Für dieses letztere wird der elektrische Strom verwendet, welcher, von der signalgebenden Station ausgesandt, die bei oder auf den Wärterbuden stehenden Glocken zum Er tönen bringt. Diese Läutewerke unterscheiden sich nun aber von denen, welche wir bei der Haus-telegraphie kennen gelernt haben, insofern, als es hier nicht der Strom ist, welcher den Klöppel hebt und ihm die Kraft für den Anschlag erteilt, sondern diese Arbeit durch ein aufgezo-genes Gewicht geleistet wird und der Strom nur die Aufgabe hat, diese Arbeit auszulösen, d. h. das bisher fest-gehaltene Gewicht frei zu machen, so daß es herabsinkt, dabei ein Räderwerk bewegt und durch Vermittelung desselben den Klöppel hebt und gegen die Glocke schlagen läßt. Man wird fragen, warum man den Strom nicht unmittelbar die Hammerarbeit verrichten läßt.

In der Hauptsache liegt dies darin begründet, daß man für den Betrieb einer Anzahl Läutewerke, wie sie zwischen zwei Stationen liegen, eine beträchtliche elektrische Arbeit aufzuwenden hätte, und hierfür hätte man früher die älteren Stromerzeuger nicht anwenden können. Die heutige Starkstromtechnik besitzt nun freilich die Mittel, um selbst eine große Anzahl Läutewerke in Reihenschaltung unmittelbar mit dem Strom betreiben zu können, aber ihre Stromerzeugungsvorrichtungen sind noch nicht einfach genug, um sie in dem Stationsbetriebe verwenden zu können.

Deswegen zieht man es vor, den Bahnwärter für die Anschlagsarbeit zu benutzen, wozu er die benötigte Betriebskraft aus seinen Muskeln beim Aufziehen dem Gewicht übergibt, das sie dann weiter, wenn der Strom das Uhrwerk ausgelöst hat, auf den Klöppel der Glocke überträgt.

Aus den vielen Formen, welche die Läutewerke in Aufstellung und Konstruktion aufzuweisen haben, wollen wir nur eine herausgreifen, welche die weiteste Verbreitung gefunden hat, nämlich die Signaleinrichtung von Siemens & Halske, welche in den Fig. 578 a, b u. c dargestellt ist. Diese Läutebude hat sich aus der alten hölzernen Bude, deren sich mancher Leser noch erinnern wird, entwickelt, indem wie in so vielen andern Fällen das Eisen das Holz verdrängt hat. Auf einer gemauerten Unterlage oder einer gußeisernen Grundplatte steht der cylindrische Körper aus Eisenblech, welcher den Mechanismus umschließt und oben auf seinem Dache die Glocke trägt. In etwa zwei Drittel der Höhe ist im Innern das Uhrwerk aufgestellt, welches durch ein Gewicht getrieben wird und durch Zugdrähte die Klöppel hebt und gegen die Glocken schlagen läßt. Eine Thür in der Blechwandung ermöglicht den Zugang zum Innern, und in ihrer Mitte ist ein Schieber angebracht, der die zum Einstecken der Aufziehturbel dienende Öffnung verdeckt. Seitlich an dem Blechgehäuse sind Isolatoren angebracht, an denen die beiden Enden der Leitung befestigt sind, um von dort aus durch Einführungen aus Porzellan in das Innere zum Elektromagneten zu gehen.

Die Distanzsignale sind Vorrichtungen, welche zur Sicherung eines Punktes der Bahn dienen und in angemessener Entfernung von demselben aufgestellt sind, damit der herankommende Zug beizeiten die Benachrichtigung erfährt. Diese Benachrichtigung besteht zumeist in dem Signal: Halt! oder Bahn frei!

Das Signal selbst besteht aus einer runden Scheibe, welche entsprechend gewendet wird, und die eine oder die andre Seite oder ihre scharfe Kante dem herankommenden Zuge zuwendet, oder aus einem Flügel, dessen Stellung das Signal angibt. Für die Nachtzeit dient als Signal das Licht einer Laterne, welches durch vorgeschobene Glasscheiben rot, grün oder weiß erscheint; die Bewegung der Glasscheiben ist mit der

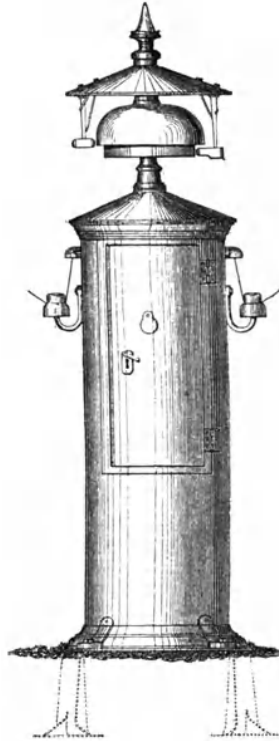


Fig. 578 a. Eisenbahnläutewerk;
Außenansicht.



Fig. 578 b. Eisenbahnläutewerk;
Einrichtung.

Bewegung der Scheibe oder des Armes verbunden. Während nun früher diese Signale durch einen Wärter an der Signalmöglichkeit selbst umgestellt wurden, ermöglichen die elektrischen Distanzsignale die Umstellung von einer entfernten Stelle aus, sei es vom Stationsbüro oder von dem Zentralweichenstellungsraume her.

Die Bewegung des Signalkörpers ist zumeist einem Uhrwerk, das durch ein Gewicht getrieben wird, übertragen, und dem elektrischen Strome somit die Aufgabe zugeteilt, dieses Uhrwerk auszulösen und mit der Welle des beweglichen Körpers derart zu verbinden, daß dieser die verlangte Stellung erhält. Diese Aufgabe läßt sich in verschiedener Weise lösen, und dementsprechend sind zahlreiche Einrichtungen dieser Art konstruiert worden.

Ein genaueres Eingehen auf die Einzelheiten dieser Konstruktionen dürfen wir uns versagen, da es sich hier um mechanische Vorrichtungen handelt, in denen der elektrische Teil sich in der Hauptsache auf das Anziehen eines Ankers durch einen Elektromagneten beschränkt.

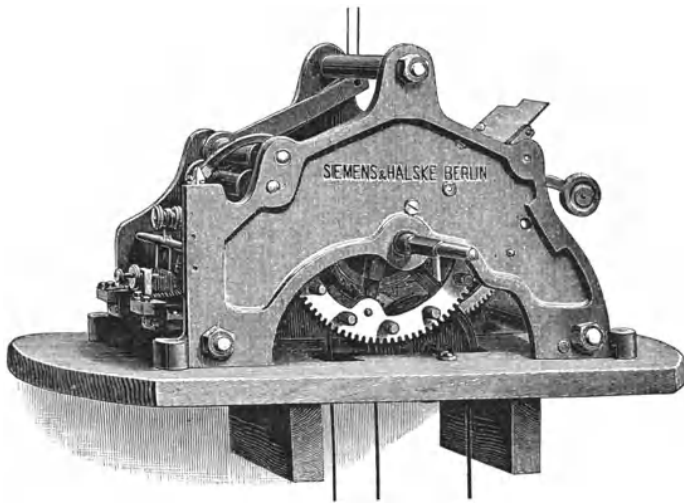


Fig. 578 c. Eisenbahnläutewerk; Mechanismus.

Die Zugdeckungs-signale haben den Zweck, die Züge auf der Strecke zu schützen, indem sie das Einfahren des Zuges in eine Bahnstrecke, auf welcher sich ein anderer Zug befindet, verhindern. Zumeist sind die gesamten Bahnstrecken in verschiedene Teile geteilt, deren jede durch ein an den Enden aufgestelltes Signal geschützt wird, so daß ein Zug nicht eher in die neue Strecke einfahren darf, bis ihm hierzu das Signal Erlaubnis gibt. Diese Zugdeckungs-signale werden entweder elektrisch gestellt oder ein Bahnwärter stellt sie auf Benachrichtigung von seiten seines Nachbarn mit der Hand um. Im letzteren Falle werden nun einfache elektrische Telegrapheneinrichtungen angewendet, welche für die Ver-
ständigung der Wärter untereinander dienen.

Die weiteste Verbreitung haben von diesen Telegrapheneinrichtungen die von Siemens & Halske gefunden, welche nicht nur dem Wärter die Nachricht geben, daß er sein Signal umzustellen habe, sondern ihm auch erst mit der Ankunft des Signales die Möglichkeit geben, den bisher gesperrt gehaltenen Umstellmechanismus des Signales für die Umstellung zu gebrauchen.

Bei diesem Apparate sind zwei Fensterchen angebracht, in denen eine weiße oder eine rote Scheibe erscheint, je nachdem der Wärter das Frei- oder Haltsignal geben soll. Je eines der Fenster dient für eine der beiden Fahrrichtungen. Ist nun ein Zug in eine Strecke eingefahren, so läßt der Wärter durch Bethätigung seines Apparates die rote Scheibe an dem Apparate der rückwärtsliegenden Streckenstation verschwinden und teilt

dadurch mit, daß die zwischenliegende Strecke nunmehr frei ist. Bei dieser Abgabe des Zeichens stellt er aber gleichzeitig in seinem Apparate die rote Scheibe hinter das betreffende Fenster, und diese, wenn einmal erschienen, kann nur von der nächstfolgenden Station umgestellt werden, welche diese Umstellung erst dann bewirken wird, wenn der Zug bei ihr vorbeigefahren ist. Die Freigabe einer Strecke bedingt also die Verschließung, „die Blockierung“ der nächstfolgenden Strecke, und indem auf diese Weise jede Strecke, in welcher gerade ein Zug läuft, verschlossen und erst wieder entblockiert wird, wenn der Zug sie verlassen hat, können sich nicht zwei hintereinander fahrende Züge in derselben Teilstrecke bewegen und bleiben somit sicher getrennt.

Der Apparat von Siemens & Halske (Fig. 579) besteht aus einem eisernen Kasten, welcher den Geber und Empfänger enthält und außerdem auch die Winde zum Verstellen des Signales umschließt. Als Stromerzeuger dient ein Magnetinduktor, welcher durch die an der Seite des Kastens befindliche kleine Kurbel in Bewegung gesetzt wird. Vorn sind zwei durch Glas verdeckte runde Öffnungen, in denen die weißen und roten Signalscheiben für die eine und andere Fahrrichtung erscheinen. Oben auf dem Kasten stehen zwei Knöpfe, welche zum Absenden der Entblockierungsströme dient, während die zwei zwischen den Knöpfen stehenden Tasten die Absendung eines Stromes zum Läuten bewirken. Durch die ersteren Kontakte wird nämlich Wechselstrom abgeschickt, welche, wie wir gleich sehen werden, die rote Scheibe hinter dem Fenster verschwinden und die weiße an ihre Stelle treten läßt, während bei dem Niederdrücken der andern Tasten Gleichstrom abgeschickt wird, welcher die elektrische Klingel bethätigt. Zu diesem Zweck ist der Magnetinduktor mit einer einfachen Vorrichtung versehen, welche wir Halbkommutator nennen könnten; die Achse des Magnetinduktors trägt nämlich am Ende einen Schleifring, der zur Hälfte entfernt ist. Infolgedessen werden an dieser Stelle nur für den halben Umdrehungsweg des Ankers Ströme herausgelassen, und dieser halbe Weg fällt mit dem Stromstoß der einen Richtung zusammen, während der nächstfolgende Stromstoß, die entgegengesetzte Richtung, die Kontaktfeder nicht auf dem Schleifring aufliegend findet und also nicht herausgelassen wird. Neben diesem Schleifring liegt ein voller Ring, welcher mit dem gleichen Ende des Ankerdrahtes verbunden ist und demgemäß also für die ganze Umdrehung mit seiner Kontaktfeder in Verbindung bleibt. Aus dieser Kontaktfeder gehen also Wechselströme ab, und indem man nun die Leitung mit der einen oder andern Feder verbindet, kann man in sie Stromstöße von gleicher oder wechselnder Richtung schicken. Das andre Ende des Ankerdrahtes steht durch die Ankerwelle mit der Erde in Verbindung.

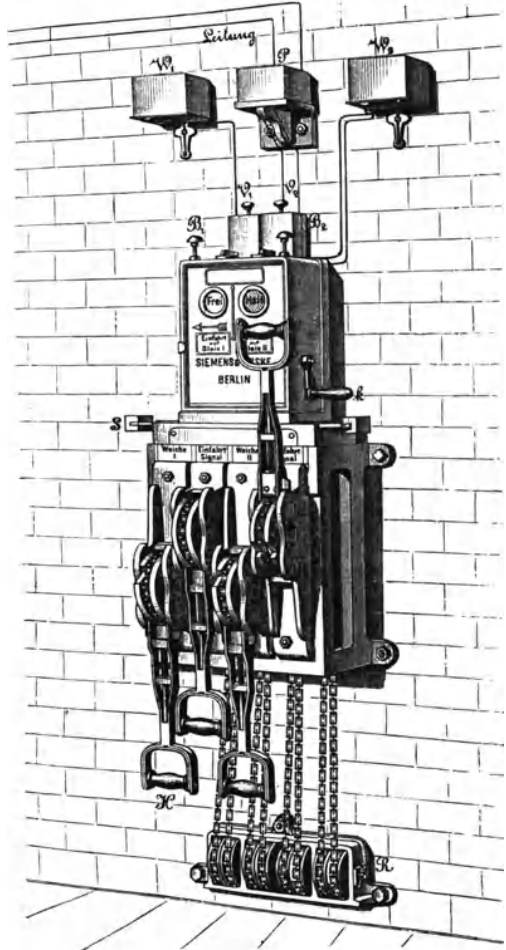


Fig. 579. Zugdeckungsvorrichtung.

Durch den Druck auf die Blocktaste B (Fig. 580 a u. b) wird die Leitung L mit der Wechselstromfeder verbunden, während die Läutetaste V die Leitung an die Gleichstromfeder legt.

Der Wärter, welcher ein Signal nach rückwärts geben will, drückt nun zuerst die Läutetaste und dreht seinen Induktor. Es läutet nun auf der entfernten Station, und der dortige Wärter wird herbeigerufen.

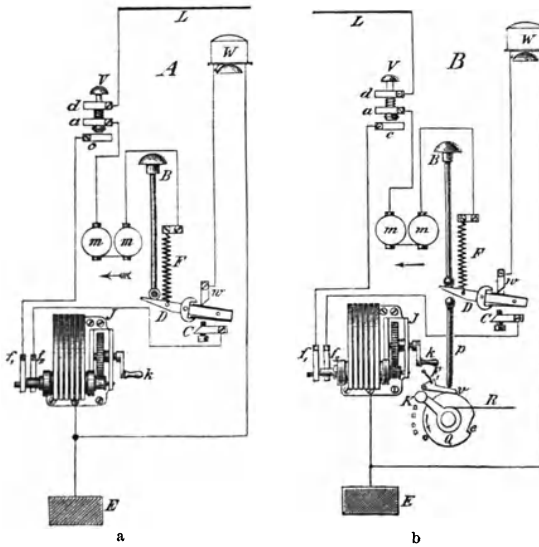


Fig. 580. Der Mechanismus der ZugdeckungsVorrichtung.

Nunmehr drückt der Wärter der gebenden Stelle auf die Blocktaste und schickt dadurch Wechselstrom in die Leitung. Betrachten wir nun, was auf der empfangenden Station geschieht. Hier stand hinter dem Fenster die rote Scheibe, welche der Wärter beim Entblockieren der hinter der feinigigen liegenden Station eingestellt hatte. Nunmehr kommt der Wechselstrom an und bewegt durch den Elektromagneten m den polarisierten Anker hin und her (Fig. 581 a u. b). Durch die Bewegung des mit dem Anker verbundenen Schappements sinkt der Scheibenflügel O Zahn um Zahn, und an die Stelle der roten Halt-scheibe legt sich die weiße Freischeibe.

Auf der absendenden Station stand bei Abgabe des Signales die Freischeibe hinter dem Fenster. Wird nun aber die Blocktaste niedergedrückt, so senkt sich die Spitze der Feder N, die bisher von einem an der Taste sitzenden Stifte S gehalten wurde, auf den an dem Flügel sitzenden Daumen und sucht somit die Scheibe hoch zu heben.

Da nun auch das Schappement der sendenden Station durch die abgesendeten Wechselströme hin und her bewegt wird, so steigt hier der Flügel in die Höhe, und sowie auf

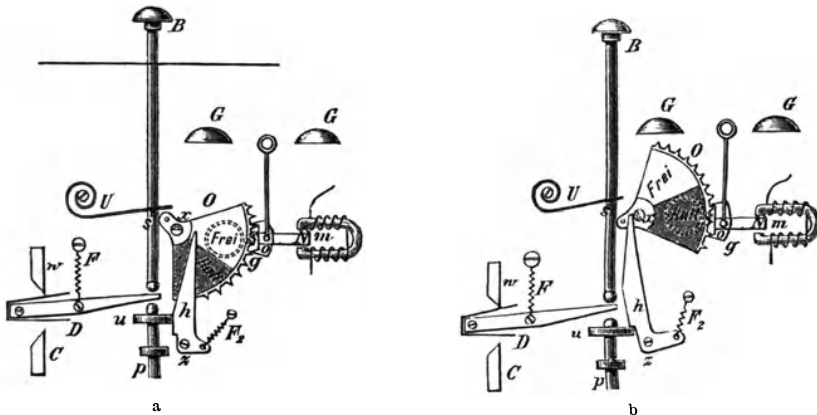


Fig. 581. Der Mechanismus der ZugdeckungsVorrichtung.

der empfangenden Station die weiße Scheibe hinter dem Fenster erscheint, stellt sich auf der sendenden die rote hinter demselben ein.

Mit dem Niederdrücken der Blocktaste auf der sendenden Station und dem Aufsteigen des Scheibenflügels ist aber auch der Hebel h, der die Stange p sperrt, in seiner sperrenden Lage gefangen worden, und damit ist die Stange p festgestellt. Diese wiederum sperrt die Winde des Signalflügels, und so kann dieser nach Abgabe des Entblockierungs-

signales nicht eher wieder bewegt werden, bis von der nächstfolgenden Station der Entblockierungsstrom kommt, der mit der Senkung des Flügels auch den Hebel h freigibt.

Kontrollapparate für Buggeschwindigkeiten. Denken wir uns längs der Bahnstrecke in gleichen Entfernungen Taster angebracht, welche der vorüberfahrende Zug niederdrückt, so können wir die dadurch bewirkte Kontaktgebung benutzen, um auf einem in der Station aufgestellten Morse-Apparate Punkte aufschreiben zu lassen. Wird nun der Papierstreifen des Morse-Apparates mit gleichmäßiger und bekannter Geschwindigkeit weiter bewegt, so werden die auf ihm entstehenden Punkte aus ihrer gegenseitigen Entfernung erkennen lassen, zu welcher Zeit ein Zug die verschiedenen Taster passiert und wieviel Zeit er für die Bewegung von dem einen zum andern gebraucht hat.

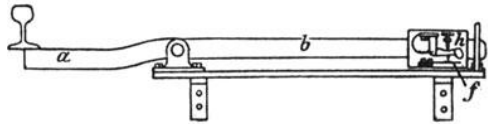


Fig. 582. Schienentontakt von Schellens.

Es kommt nun für die Anwendung einer solchen Kontrolleinrichtung darauf an, einen geeigneten Taster zu benutzen. Ein rollender Zug ist kein sanftes Wesen, und der Taster, den derselbe beim Vorüberfahren durch sein Gewicht niederdrücken soll, kann kein feinmechanisches Instrument sein, wie wir es früher kennen gelernt haben, sondern muß eine robuste Gestalt erhalten, die ihn aber nicht hindern darf, sicher anzusprechen. Nach mancherlei Versuchen ist man nun dazu gekommen, den Druck, den das Gewicht des vorüberfahrenden Zuges ausübt, nicht direkt zu benutzen, sondern die Durchbiegung der Schiene, welche durch den auf ihr lastenden Zug entsteht. Die Größe dieser Durchbiegung ist an sich gering, und muß also für eine sichere Kontaktgebung durch Übertragung entsprechend vermehrt werden.

Am einfachsten geschieht dies durch einen ungleicharmigen Hebel, auf dessen kürzeren Arm die Bewegung der Schiene wirkt, oder eine Verbindung solcher Hebel, für welche uns ein einfaches Beispiel Fig. 582 gibt. Bei dieser Einrichtung von Schellens sehen wir nur einen Hebel angebracht, dessen kurzer Arm unter der Schiene liegt. An dem Ende des längeren Armes sitzt ein kleiner Hammer, welcher durch die hin und her gehende Bewegung des Hebels in Schwingung kommt und hierbei gegen die Kontaktfeder schlägt, welche er auf diese Weise mit dem Kontaktstift in Verbindung bringt.

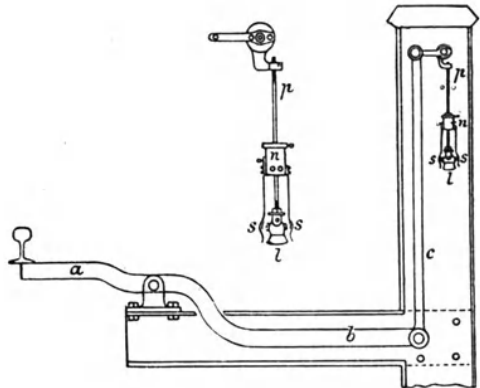


Fig. 583. Schienentontakt von Wiesenthal & Co.

Eine größere Bewegung und sicheren Kontakt erzielt die Einrichtung von Wiesenthal & Co. in Aachen (Fig. 583), bei welchem die Bewegung des Hebels auf ein Pendel übertragen wird, dessen Linse dadurch in Schwingung kommt und gegen die beiden isolierten, mit der Leitung verbundenen Blattfedern stößt. Hier wie bei dem obigen Apparat wird durch die Kontaktgebung die Leitung mit der Erde verbunden und dadurch der Stromkreis geschlossen, so daß der Schreibhebel des Registrierapparates auf der Station angezogen wird und die Vorbeifahrt des Zuges über den Kontakt vermerkt.

Statt der Hebelübertragung benutzen Siemens & Halske eine hydraulische, und zwar eine solche mit Quecksilber. Bei ihrem Apparat liegt unter der Schiene ein flaches rundes Gefäß aus Gußeisen (Fig. 584 u. 585), in dessen Deckel ein Stahlstempel D steckt. Dieser liegt unter dem Schienenfuß und wird durch die Durchbiegung der Schiene in den Deckel hineingedrückt; um das Eindringen von Sand u. f. w. zu verhindern, liegt ein Gummiring als Abdichtung um den Kopf des Stempels. Mit seinem unteren Ende ruht der Stempel auf einer Zwischenplatte, die ihrerseits auf einer Stahlblechmembran liegt.

Diese Membran schließt den unteren tellerförmigen Raum des Gefäßes ab, welcher mit Quecksilber gefüllt ist und durch eine Röhre mit dem Topf verbunden ist (Fig. 584). Durch den Druck auf die Membran wird das Quecksilber im Verbindungsröhre hoch gepreßt und steigt in den oberen Raum der Verbindungsröhre; dieser ist durch einen Glasdeckel verschlossen, durch welchen eine dreizinkige Gabel aus Stahl in den Raum führt.

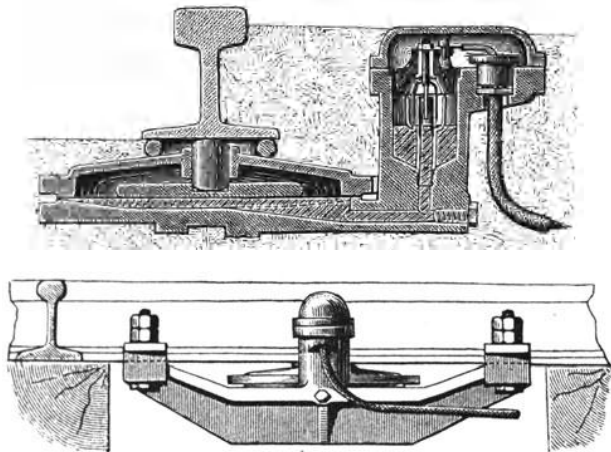


Fig. 584 u. 585. Schienenkontakt von Siemens & Halske.

Das aufsteigende Quecksilber kommt nun in Berührung mit dieser isolierten und mit der Leitung verbundenen Gabel und stellt dadurch Kontakt her, da das Quecksilber durch die gußeisernen Teile mit der Erde in Verbindung steht. Den oberen Teil des Verbindungsröhres umgibt ein Becher, in welchem das aus dem Rohre überlaufende Quecksilber fließt; in diesem Becher liegen zwei der Gabelzinken, der dritte liegt im Rohre selbst und wird also zunächst in Verbindung mit dem aufsteigenden Quecksilber kommen. Durch das überlaufende Quecksilber kommen dann weiter auch die beiden andern Zinken mit der Erde in leitende Verbindung. Ist nun das Rad über den Schienenkontakt gerollt und hört der Druck auf, so sinkt das Quecksilber im Rohr zurück, und die leitende Verbindung mit der mittleren Zinke hört auf. Das im Becher angesammelte Quecksilber hält aber die Verbindung noch aufrecht, und daher wird die Vorüberfahrt des Zuges nicht durch eine Reihe einzelner Punkte, sondern durch einen langen Strich markiert werden. Ist der Zug vorbeigefahren, so wird durch die Aufwärtsbewegung der Stahlmembran das Quecksilber aus dem Becher durch einen feinen Ablaufkanal, das aus der ebenfalls engen Ablauföffnung im Bodenraume des Topfes in die Steigröhre zurückgesaugt.

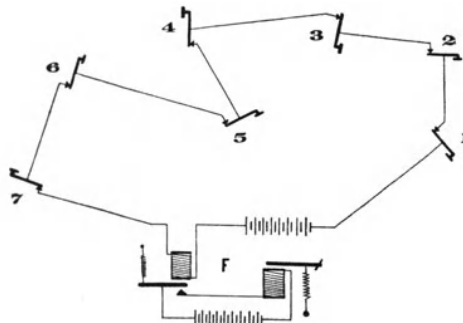


Fig. 586. Schaltung für Feuerwehrtelographen.

Der Querschnitt des Quecksilbertellers und der der Steigröhre stehen im Verhältnis wie 600 : 1, so daß also die kleine Durchbiegung der Schiene eine erhebliche Steighöhe der Quecksilbersäule bewirkt.

Die Feuerwehrtelographen.

Die Zwecke der Feuerwehr erheischen es, daß sie von einem entstandenen Brande thunlichst rasch benachrichtigt werde, und so lag es nahe, hierfür elektrische Einrichtungen zu schaffen, welche der Centralstelle telegraphisch die Nachricht übermitteln. Zu diesem Zwecke werden auf verschiedenen Punkten des Gebietes, für welches die Feuerwehr dient, Ruf- oder Meldestellen eingerichtet, welche der Centralstelle den Alarm zuschicken. Anfänglich benutzte man hierfür gewöhnliche Telegrapheneinrichtungen, Zeigertelographen, die in Polizeiamtern oder an ähnlichen öffentlichen Stellen aufgestellt waren, und auf geschene Feuermeldung Ort und Art des Brandes der Feuerwehr zutelegraphierten. Später ging

man zu einem andern System über, bei welchem das Publikum selbst in den Stand gesetzt wird, das Alarmsignal abzugeben, und welche gleichzeitig erkennen lassen, von welcher Rufstelle der Alarm kam. Naturgemäß muß der Apparat für solche Zwecke derart eingerichtet sein, daß er in einfacher Weise gehandhabt werden kann und dann selbstthätig das Signal und seine eigne Bezeichnung abtelegraphiert. Dies sind die selbstthätigen Feuer-telegraphen, welche jetzt in den meisten größeren Städten eingerichtet worden sind.

Um die Art, in welcher diese Feuer-telegraphen wirken, zu verstehen, denken wir uns eine Anzahl Rufstellen 1—7 durch eine Kreisleitung untereinander und mit der Feuerwehr F verbunden (Fig. 586). Die an jeder Rufstelle unterbrochene Leitung wird durch Taster geschlossen, so daß also der Strom, den die Batterie der Zentralstelle ausschickt, durch die Leitung freist. Wird nun an einer Stelle ein Taster niedergedrückt, so wird der Stromkreis geöffnet, und diese Unterbrechung erscheint nun als Zeichen auf der Zentralstelle, wie wir ähnliches bereits früher auf S. 465 gelegentlich der Besprechung der Einschaltung mehrerer Unter in eine Ruhestromschaltung kennen gelernt haben.

Nun könnte der Unkundige zwar den Taster einer Rufstelle niederdücken, aber man kann nicht von ihm erwarten, daß er ein bestimmtes Signal, welches die betreffende Rufstelle angibt, in Morse-Zeichen telegraphiert. Damit dies bewirkt wird, gibt man dem Taster für diese Apparate eine andre Gestalt. Man setzt ein kleines Messingrädchen, das entsprechende Ausschnitte erhält, auf eine durch ein Uhrwerk bewegte Achse und läßt den Rand derselben durch die Kontaktsschneide einer Blattfeder berühren (Fig. 587). Die Messingscheibe und die Blattfeder sind, abgesehen von der Berührungsstelle, gegeneinander isoliert, und die erstere ist mit der einen, die Feder mit der andern der beiden in die Rufstelle mündenden Leitung verbunden. Wenn sich nun das Rädchen dreht, so wird an denjenigen Stellen, an welchen der Rand eingeschnitten ist, die Berührung zwischen Kontaktfeder und Rad aufgehoben und erst wieder hergestellt werden, wenn ein unversehrtes

Stück des Randes beim Umlauf des Rädchens an die Schneide der Feder gelangt. Jede Unterbrechung des Stromkreises bringt aber ein Morse-Zeichen in dem Schreibapparat auf der Feuerwehr hervor, und indem wir nun die Ausschnitte der Rädchen der einzelnen Stellen verschieden gestalten, werden die Stellen gesonderte Zeichen hervorrufen, aus denen sich die telegraphierende Stelle erkennen läßt.

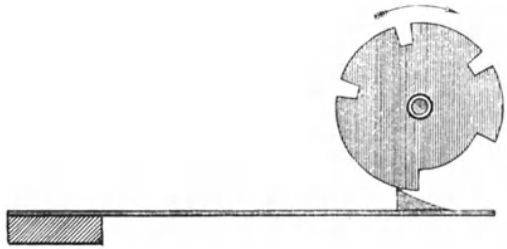


Fig. 587. Mechanischer Zeichengeber für Feuerwehrtelegraphen.

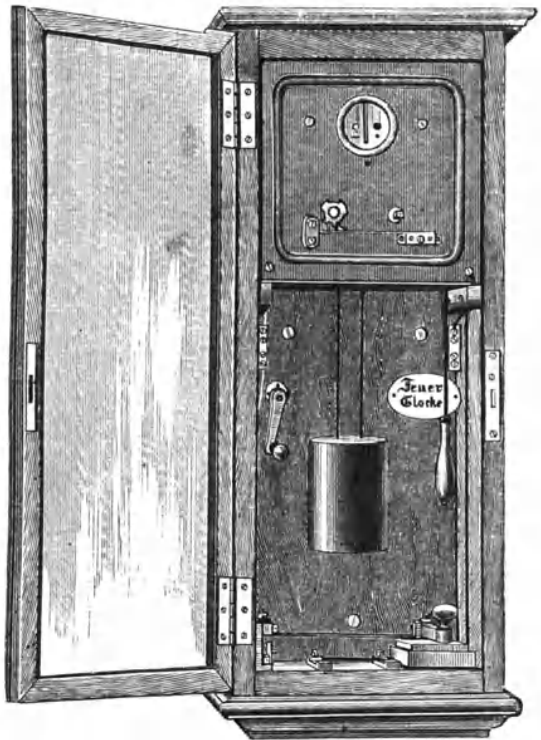


Fig. 588. Feuermelder von Siemens & Halske.

Nunmehr haben wir nur noch nötig, bei jedem Apparat eine Auslösung anzubringen, durch welche das Uhrwerk in Thätigkeit gesetzt werden kann, worauf es dann in gedachter Weise sein Morse=Zeichen abtelegraphieren wird. Diese Auslösung kann in einfachster Weise mit einem Zug oder einem Druckknopf oder etwas ähnlichem verbunden werden, das von jedem leicht gehandhabt zu werden vermag.

Ein auf diesen Prinzipien beruhender Apparat von Siemens & Halske ist in Fig. 588 dargestellt. In dem oberen Teile eines durch eine Glasscheibe verschlossenen Schränkchens ist ein Uhrwerk aufgestellt, welches durch ein Gewicht betrieben wird. Seitlich von dem Gewicht erblicken wir den Handgriff eines Zuges, durch welchen das Uhrwerk behufs Alarmierung ausgelöst wird. Sobald die Auslösung bewirkt ist, kommt das Kontakträdchen, welches wir vorn auf der Verschlußplatte des Uhrwerkes erblicken, in Umdrehung und bewirkt nun in Verbindung mit den unter ihm liegenden Kontaktfedern die entsprechenden Unterbrechungen des Stromkreises. Nach einer Anzahl Umdrehungen des Rädchens wird das Uhrwerk durch eine selbstthätige Vorrichtung wieder gesperrt, und der Apparat ist somit wieder zur Abgabe eines weiteren Alarmzeichens bereit. Auf dem Boden des Apparates steht ein Morse=Taster, welcher den des Telegraphierens kundigen Feuerwehrmann in den Stand setzt, der Centralstelle eine beliebige Depesche zuzusenden, so daß also die Alarmstelle auch gleichzeitig als sendende Station benutzt werden kann.



Fig. 589. Einfacher Feuermelder von C. & C. Fein.

Am den Apparat nicht mutwilligen Eingriffen auszuweichen, bleibt die Thür des Schränkchens verschlossen, und man ist für die Benutzung des Apparates gezwungen, die Verschlußscheibe einzuschlagen; man geht dabei von der Voraussetzung aus, daß der bloße Mutwille nicht zu einem solchen gewaltsamen Schritt verführen und selbst die Bosheit davor zurückschrecken wird, zumal die Zertrümmerung der Scheibe nicht ohne einiges Geräusch erfolgen kann. Der beste Schutz solcher Apparate bleibt freilich der Gemeininn der Bürger, und in Amerika baut man so stark auf denselben, daß bei manchen dortigen Alarmanlagen einfache, in offenen Kästen untergebrachte Druckknöpfe angewendet werden. Dies ist freilich billiger und einfacher, setzt aber starke moralische Qualitäten bei

dem Publikum voraus, die auch nicht durchweg drüben zu finden sind. Man hat deswegen dort bei derartigen, leicht zugänglichen Alarmanlagen die Einrichtung getroffen, daß die Kästen durch Thürchen verschlossen sind und, sobald ein solches geöffnet wird, ein Läutewerk ertönt. Dies macht die Vorübergehenden, denen die Bedeutung der Vorrichtung bekannt ist, sofort aufmerksam, und sie werden sich sagen: Aha, es brennt irgendwo! Gemäß einer allgemeinen verbreiteten menschlichen Eigentümlichkeit werden sie sich dann weiter für die Sache interessieren und, falls ein Mißbrauch festgestellt wird, volkreichtlich eingreifen.

Für kleinere Anlagen hat man den Apparat dahin vereinfacht, daß das zeichengebende Rädchen von Hand mit einer Kurbel gedreht wird; dabei hängt aber die Wiedergabe der Zeichen von der größeren oder kleineren Drehgeschwindigkeit ab und auch von der Gleichmäßigkeit derselben, so daß Irrtümer entstehen können und um so leichter, als der Alarmierende sich zumeist nicht in einer phlegmatischen Stimmung zu befinden pflegt, in welcher er mit Ruhe und Gewissenhaftigkeit die Kurbel im vorgeschriebenen Tempo umleiert.

Besser wird diese Einrichtung, wenn man die Drehung der Kurbel oder den Zug oder Druck an einem Knopf dazu verwendet, das Uhrwerk aufzuziehen, das nun seinerseits das Zeichenrädchen umtreibt. Ein derartige Feuermelder von C. & C. Fein ist in

Fig. 589 abgebildet. Bei demselben wird das Uhrwerk für die Bewegung des Signalrädchens durch die Drehung der Kurbel im Sinne des Uhrzeigers aufgezo- gen. Je nachdem man diese Kurbel um ein größeres oder kleineres Stück dreht, erhält das Signalräd- chen eine zwei- drei- oder viermalige Umdrehung und wiederholt dementsprechend oft das Zeichen. Es hat dies den Zweck, die Zentralstelle von der Art des Feuers zu benach- richtigigen, was der Alarmierende bei der gedachten Anordnung dadurch bewirkt, daß er die Kurbel je nach Art des Feuers bis auf eine der Bezeichnungen: Klein-, Mittel- oder Großfeuer dreht.

Der einfache Mechanismus dieses Feuermelders ist aus Fig. 590 ersichtlich. Durch die Bewegung der Kurbel wird eine Feder aufgezo- gen, welche das Kontaktrad in Um- drehung setzt; gleichzeitig wird ein auf die Kurbelachse gesetztes Sperrrad gedreht, welches nachher bei der Zurückbewegung durch die gespannte Bewegung das Uhrwerk sperrt. Je weiter das Sperrrad vorwärts gedreht worden ist, desto länger wird es dauern, bis das- selbe die Bewegung wieder stillstellt, und diese Dauer ist so bemessen, daß während der- selben das Kontaktrad die entsprechende Anzahl Umdrehungen machen kann.

Entsprechend der Anzahl Umläufe des Kon- taktrades wird die Zentralstelle das Ortszeichens der Rufstelle zwei-, drei- oder viermal erhalten und daraus die Art des Feuers erkennen.

Ob die Möglichkeit einer Abgabe verschie- dener Zeichen bei dem Alarmapparat zweckmäßig ist, wollen wir hier nicht erörtern. Manche Feuerwehrfachmänner verneinen sie, weil sie dem Publikum nicht ein Urteil über die Art des ent- standenen Feuers zutrauen und ihm nur das einfache Alarmzeichen ermöglichen wollen; nach ihren Anschauungen soll sich der Alarmierende auf nur drei Thätigkeiten beschränken: Scheibe einschlagen, Knopf ziehen, stehen bleiben, bis die Feuerwehr herangerafft ist; das kann jeder, mehr aber nur wenige.

Elektrische Wärmemelder. An diese Feuerwehrtelegraphen können wir einige andre Apparate anreihen, welche ohne die Zuhilfenahme der menschlichen Thätigkeit entstandene Brände melden. Sie beruhen darauf, daß sie die Überschreitung eines bestimmten Temperat- urgrades in einem Raume durch ein Signal anzeigen, und so wollen wir vorerst die ein- facheren Wärmemeldeapparate betrachten, welche nur die Über- oder auch Unterschreitung eines Temperaturgrades ohne Rücksicht auf Brandgefahr anzeigen. Apparate dieser Art sind in vielen Betrieben angewendet, bei denen die genaue Erhaltung einer bestimmten Temperatur notwendig ist.

Die einfachsten Apparate dieser Art bestehen aus einem Thermometer, in dessen Quecksilbergefäß ein Platindraht eingeschmolzen ist (Fig. 591). Ein zweiter Draht ist in der Quecksilber- röhre eingeschmolzen und reicht bis zu der Stelle, welche die Quecksilber- säule bei dem kritischen Temperaturgrad erreicht. Soll das Thermometer ein Signal geben, wenn der kritische Grad erreicht ist, so schaltet man es mit einer Batterie und einer Klingel in eine Leitung ein. Steigt die Quecksilbersäule bis an den Platindraht, so wird der Strom geschlossen. Er geht aus der Batterie durch den in das Quecksilber- gefäß ragenden Draht durch die Quecksilbersäule zum zweiten Platindraht und weiter zur Klingel und zur Batterie.

Soll mittels des Instrumentes die Unterschreitung eines Temperaturgrades ge- meldet werden, so hätte man Ruhestromschaltung anzuwenden, und die Klingel wird ertönen, wenn die Quecksilbersäule unter den oberen Platindraht gesunken und damit der Stromkreis unterbrochen worden ist.



Fig. 590. Mechanismus des Zeitsichen Feuermelders.

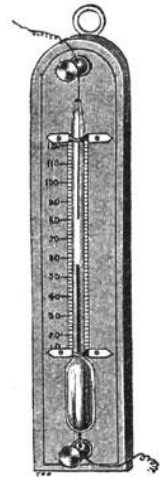


Fig. 591. Einfacher Wärmemelder.

Zur Anzeige eines entstandenen Brandes eignen sich diese Apparate nicht. Denn nimmt man den Alarmgrad zu hoch, so ist Gefahr vorhanden, daß die Apparate zu spät melden, und der Brand schon eine große Ausdehnung gewonnen hat, bevor die Erhöhung der Temperatur sich bis auf das Thermometer fortgepflanzt hatte. Eine zu niedrige Ansetzung des Alarmgrades würde vielfach zu unnützen Alarmierungen führen, da lokale Temperaturerhöhungen gelegentlich vorkommen können, ohne daß irgend welche Feuergefährdung vorhanden ist.

Im allgemeinen kann die Veränderung der Temperatur nicht mit Sicherheit zur sicheren Erzeugung eines Feueralarmes dienen, obwohl mehrfach solche Apparate konstruiert worden sind. Eine solche Konstruktion ist in Fig. 592 wiedergegeben. Hier ist eine Halbkugel aus Messingblech oben durch eine dünne Membran geschlossen. Wird dieser hohle Körper erwärmt, so dehnt sich die in ihm enthaltene Luft aus und drückt die Membran, welche sich nach außen hin wölben wird. Nun ist über der Membran ein Kontaktstift angebracht, der bei der Ausbauchung der Membran mit ihr in Berührung kommt und dadurch einen Strom schließt, der seinerseits eine Alarmklingel ertönen läßt.

Solche Apparate sollen nun an der Decke des zu schützenden Raumes befestigt werden. Entsteht ein Brand, so rechnet man darauf, daß die von der Flamme des

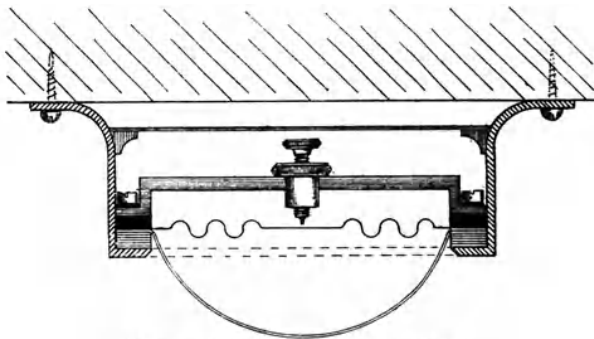


Fig. 592. Selbstthätiger Feueralarmapparat.

Brandes erhitzte Luft sofort nach oben steigen und den Apparat rasch erwärmen wird, so daß er in Funktion tritt. Nun liegt die Sache aber leider nicht immer so, wie man es wünscht, und der beim Brande entstehende warme Luftstrom vermeidet sehr oft gerade den Schutzapparat, so daß er erst in Thätigkeit kommt, wenn das ganze Zimmer in Flammen steht. Verläßlich sind solche selbstthätigen Vorrichtungen

jedenfalls nicht, und dann wirken sie vielleicht eher schädlich als nützlich, wenn sie eine falsche Sicherheit veranlassen.

Die Zeittelegraphie.

Bei der Zeittelegraphie kann es sich um drei Aufgaben handeln; entweder soll die Zeit fortschreitend in die Ferne angezeigt werden, und dies wäre die Zeittelegraphie im engeren Sinne, oder es soll ein bestimmter Zeitpunkt markiert werden, so daß hiernach die Korrektur der Uhren erzielt werden kann, und dies bedeutet das Zeitsignal, oder endlich es soll eine Uhr zu bestimmten Zeitpunkten telegraphisch derart beeinflusst werden, daß ihr falscher Gang berichtigt wird, was als telegraphische Stellung der Uhren zu bezeichnen wäre. Für alle drei Aufgaben finden wir Systeme in Verwendung und wollen hier die hauptsächlichsten Einrichtungen dieser Art kurz beschreiben.

Elektrische Zeigerwerke. Soll die Zeit dauernd in die Ferne übermittelt werden, so kann dies bei dem jetzigen Stande der Elektrotechnik nur dadurch geschehen, daß ein Zeigerwerk von Sekunde zu Sekunde oder von Minute zu Minute und in andern gleichen Zeitabschnitten durch einen zugesendeten Stromstoß um ein dem Zeiteil entsprechendes Stück weiterbewegt wird, so daß also der Zeiger, wenn er beim Beginn der Bewegung auf der richtigen Zeit stand und die Stromstöße in den richtigen Intervallen erfolgen, auch entsprechend dem Fortschreiten der Zeit vorrücken wird. Zur Absendung der Stromstöße muß ein genau gehendes Uhrwerk vorhanden sein, welches den Strom zur richtigen Zeit abschickt und auf diese Weise die Zeigerwerke mit sich gleichgehend erhält.

Es ist nun leicht ersichtlich, daß eine einzige stromsendende Uhr eine ganze Anzahl von Zeigerwerken betreiben kann, und hierin liegt der wesentliche Vorteil der elektrischen Uhren begründet, bei denen nur eine genau gehende Uhr und mit ihr verbunden eine

Anzahl einfacher Zeigerwerke aufgestellt zu werden brauchen, um die Zeit an vielen Orten gleichzeitig und mit großer Genauigkeit anzuzeigen.

Wir wollen zunächst die elektrischen Zeigerwerke betrachten, mit deren Beschreibung wir an die Zeigertelegraphen anschließen können. Wir haben bei diesen Apparaten gesehen, daß die aufeinanderfolgenden Stromstöße den Zeiger von Buchstaben zu Buchstaben weiterriicken. Nun denken wir uns an Stelle der Buchstaben 60 Minutenstriche gesetzt und die Achse des Zeigers durch die bekannte Radübertragung noch mit der Achse eines Stundenzeigers verbunden, so gewinnen wir sofort ein brauchbares Prinzip für ein elektrisches Zeigerwerk, welches auch mehrfach in Anwendung gekommen ist.

Bei den Zeigertelegraphen wird ein Anker von einem Elektromagneten angezogen, und diese Bewegung wird auf ein Rad übertragen, das dadurch um einen Zahn weiter rückt. Diese Anordnung finden wir auch bei den älteren elektrischen Uhren, deren einfachste Form uns das Zeigerwerk von Siemens & Halske verdeutlichen kann. Wir sehen hier (Fig. 593), daß ein Elektromagnet einen einarmigen Hebel anzieht, welcher beim Loslassen durch eine Feder zurückbewegt wird. An dem Hebel sitzt oben ein Sperrtegel, der bei der Anziehung des Hebels das Steigrad C um einen Zahn weiter schiebt. Damit diese Bewegung nicht über eine Zahnbreite hinausgeht, sitzt unter dem Sperrtegel noch ein Stift, welcher bei der Vorwärtsbewegung des Hebels in das Steigrad eintritt, sobald dies um einen Zahn weitergegangen ist und es in dieser Lage festhält. Wie das Steigrad weiter mit Minuten- und Stundenzeiger verbunden ist, brauchen wir nicht zu beschreiben, da dieser Teil des Mechanismus mit denen anderer Uhren identisch ist. Die in regelmäßigen Zeiträumen erfolgenden Stromstöße werden nun das Steigrad und die Zeiger entsprechend dem Verlaufe der Zeit weiter bewegen, und auf diese Weise wird das Zeigerwerk in synchronem Gange mit der Zentraluhr bleiben.

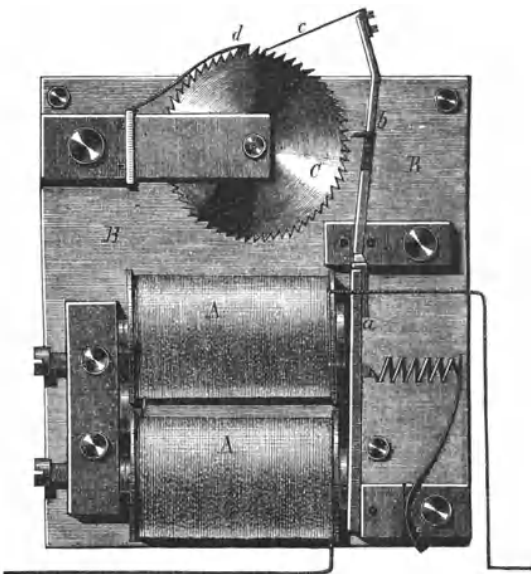


Fig. 593. Zeigerwerk von Siemens & Halske.

Eine zweckmäßigere Anordnung zeigt die Uhr von Th. Tiede in Berlin, welche auf der Berliner Sternwarte zur Zeitübertragung von einer astronomischen Hauptuhr benutzt wird. Der Mechanismus zur Übertragung der Bewegung des Ankers auf das Steigrad ist hier identisch mit demjenigen, welchen wir bei dem Magnetinduktionstelegraphen von Siemens & Halske kennen gelernt haben, und es läßt sich ein solcher Telegraph ohne weiteres auch für Zeitübertragung benutzen, wenn man, wie wir dies im weiteren sehen werden, Wechselstrom anwendet. Tiede benutzt jedoch an Stelle des Wechselstromes einen „Wechselmagneten“, d. h. er stellt zu beiden Seiten des Hebelarmes je einen Elektromagneten (Fig. 594) auf und führt diesen beiden abwechselnd die Stromstöße zu, so daß also die Elektromagnete den Hebel hin- und herbewegen und auf diese Weise das Steigrad weiterbewegen. Naturgemäß muß er auch zwei Stromkreise anordnen und die abgehenden Stromstöße abwechselnd über den einen und den andern leiten. Für diese zwei Stromkreise braucht er zwei getrennte Hin- und eine gemeinsame Rückleitung, und für umfangreiche Anlagen würde dies ein Nachteil sein. Bei kleineren Anlagen dagegen fällt das bißchen mehr an Draht nicht ins Gewicht, und dann empfiehlt sich die Tiedesche Anordnung, welche die gleichen Vorteile der gleich zu erörternden Wechselstromuhren, vor diesen aber den Vorzug hat, daß die Kontaktgebung, deren wir weiter unten gedenken, eine einfachere ist.

Bei den Uhren, welche mit Stromstößen von gleicher Richtung arbeiten, ist es möglich, daß bei der Kontaktgebung durch Unvollkommenheiten des Kontaktes zwei Stöße statt eines erzeugt werden und daher der Zeiger um zwei Stellungen weiterrückt, während er für die Stromgebung an dem betreffenden Zeitpunkte nur um eine Stellung weitergehen sollte.

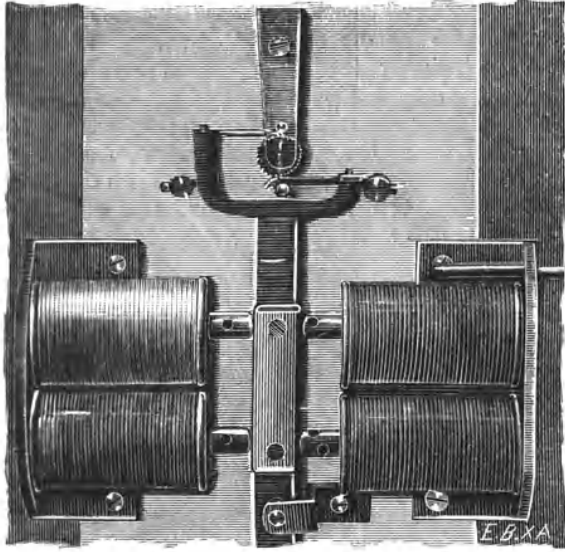


Fig. 594. Zeigerwerk von Tiede für Dreileitung.

Daß eindringende atmosphärische Elektrizität den Anker bewegt und ihn daher in seinem Gange um eine oder mehrere Stellen verrückt. Auch dieser Nachteil wird bei dem Tiedeschen Wechselmagnetssystem vermieden, denn entweder wird die eindringende atmosphärische Elektrizität den Anker nicht bewegen, weil er schon an dem erregten Elektromagneten liegt, oder sie wird ihn bewegen.

Im letzteren Falle verfrüht die Luftelektrizität die Bewegung des Ankers; wenn aber dann der nächste Stromstoß ankommt, so findet er den Anker schon vom Elektromagneten angezogen und ändert also an der Stellung des Zeigers nichts, die jetzt wieder die richtige ist.

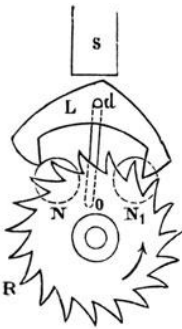


Fig. 595. Stöhrrers Wechselstromuhr.

Die gleichen Vorteile lassen sich nun auch mit zwei Leitungen erreichen, wenn man Wechselstrom anwendet, und dies beabsichtigte schon Steinheil, der bereits 1839 auf die Idee einer elektrischen Zeittelegraphie kam. Der erste, der den Wechselstrom praktisch für den Betrieb von elektrischen Zeigewerken anwendete, war E. Stöhrrer, welcher seiner Uhr die in Fig. 595 abgebildete Anordnung gab. Ein Stahlmagnet S magnetisiert den drehbaren Anker O aus weichem Eisen, so daß derselbe an seinem freien Ende den gleichen Pol wie das einwirkende Ende S erhält. Dieser Anker wird nun durch die Pole NN' eines Elektromagneten beeinflusst. Ist nun N' ein gleicher Pol wie S, so ist N der entgegengesetzte, und es wird daher der Anker in die Lage gezogen werden, welche die Abbildung zeigt.

Wechselt nun der Strom in den Elektromagneten, so wechseln auch die Pole N und N' und der Anker wird in die entgegengesetzte Lage gebracht werden. Bei dieser Bewegung bewegt nun mit jedem Hin- oder Hergange das mit O verbundene Schappement das Steigrad R um einen Zahn weiter.

Vollkommener ist die Konstruktion von Hipp, dessen elektrische Uhren eine große Verbreitung gefunden haben. In derselben wird ebenfalls ein polarisierter Anker wie

Bei langen Luftleitungen ist ferner die Möglichkeit gegeben, daß die Luftelektrizität die Bewegung des Ankers schon vom Elektromagneten angezogen und ändert also an der Stellung des Zeigers nichts, die jetzt wieder die richtige ist.

bei Stöhrer benutzt, aber die Anordnung der Anker, des polarisierenden Magneten und der Elektromagneten ist eine andre; Fig. 596 u. 597 werden die wesentlichen Teile des Werkes erkennen lassen. Der Elektromagnet ist ein Hufeisenmagnet, welcher mit seinem Joch P an dem Pole eines kräftigen Stahlmagneten M befestigt ist. Die beiden freien Enden des Elektromagneten werden also die gleiche Polarität wie der mit dem Joch verbundene Pol des Stahlmagneten zeigen. Geht nun ein Strom durch die Spule des Elektromagneten, so wird er an dem einen Pol die gleiche Polarität erzeugen, wie ihn der Stahlmagnet hervorruft, hier wird also eine Verstärkung des Magnetismus eintreten; am andern Pole wird der Strom aber die entgegengesetzte Polarität hervorzurufen streben und den durch den Stahlmagneten erzeugten Magnetismus zu vermindern oder aufzuheben suchen. Wird die Stromrichtung in den Spulen gewendet, so tritt die Verstärkung an dem letzteren Pole auf, während der vorhin verstärkte Pol geschwächt wird, so daß also ein Wechselstrom bald den einen, bald den andern Pol in seiner Wirkung überwiegen lassen wird. Eine ähnliche Anordnung haben wir früher bei der Wechselstromklingel (Fig. 546) kennen gelernt.

Der Stahlmagnet hat einen zweiten längeren Schenkel, dessen Ende der horizontal drehbare Anker A gegenüberliegt. Die Form desselben erkennt man aus Fig. 597.

Dieser Eisenanker wird durch die Einwirkung des Magnetpols an seinem äußersten Ende die gleiche Polarität wie sein Pol, also die entgegengesetzte der Elektromagnetpole haben, und von diesen beiden gleich stark angezogen werden, wenn kein Strom durch die Spulen geht. Werden aber die Spulen vom Strom durchflossen, so wird die Anziehung eines Elektromagnetpols überwiegen und der Arm des drehbaren Ankers wird von diesem Pole angezogen werden. Beim nächsten Stromwechsel überwiegt die Wirkung des andern Elektromagnetpols und der Arm des Ankers geht zu diesem hin, so daß also der Wechselstrom ein Hin- und Hergehen des Ankers hervorruft. Die seitlichen Ansätze am Arm des Ankers dienen dazu, daß der anziehende Pol eine für die ganze Drehbewegung möglichst gleichmäßige Wirkung auf den Anker ausübt.

Mit dem Anker ist eine Nocken- oder Kegelspindel verbunden, welche bei jedem Hin- und Hergang das Steigrad um einen Zahn weiterschiebt und dadurch den Stromwechsel in Wechsel der Zeigerstellungen umsetzt.

Bei den vorigen Konstruktionen sehen wir den Strom einen Anker hin und her bewegen und diese Bewegung auf ein Steigrad übertragen werden. Man hat nun aber durch andre Anordnungen dem Anker eine stetig fortgehende, drehende Bewegung zu geben gewußt, so daß der Anker durch Zahnräder unmittelbar mit der Minutenzeigerachse verbunden werden kann. Um das Prinzip dieser interessanten Uhren erkennen zu lassen,

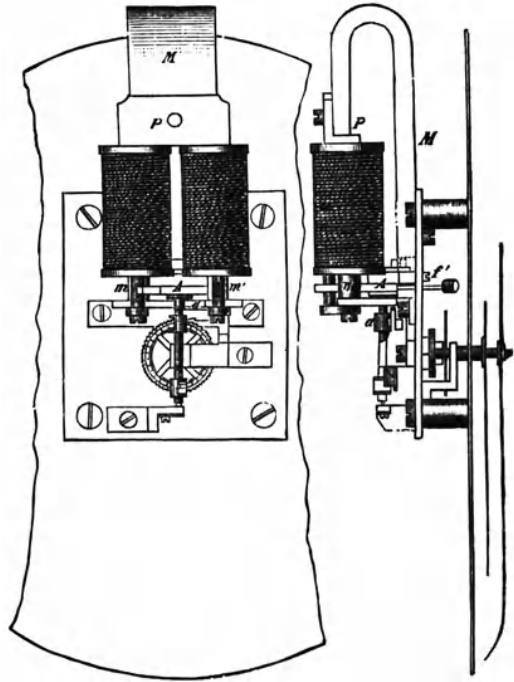


Fig. 596. Elektrisches Zeigerwerk von Hipp.

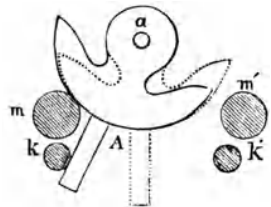


Fig. 597. Elektrisches Zeigerwerk von Hipp.

wollen wir hier eine solche Konstruktion beschreiben, welche eine Vereinfachung einer von Arzberger angegebenen Uhr mit Drehanker ist. In Fig. 598 sehen wir einen hufeisenförmigen Elektromagneten, welcher seine zwei schneidernartigen Polschuhe einander zugewendet trägt. Zwischen diesen Polschuhen dreht sich nun ein eigentümlich geformter Anker, dessen äußerste Spitzen diametral gegenüberliegen. Nach rechts verläuft der Rand von diesen Spitzen aus in einer sich dem Mittelpunkt nähernden Randkurve, wie die Figur erkennen läßt. Der Anker sei hohl und etwa zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt. Wenn nun der Elektromagnet stromlos ist, so wird das Quecksilber in einen Arm des Ankers fließen und denselben in folgedessen so stellen, wie Fig. 598 zeigt. Nun soll der Elektromagnet durch einen Strom erregt werden. Er wirkt dann offenbar auf beide Arme des Ankers, aber es wird die Wirkung eines Poles auf denjenigen Arm größer sein, welcher ihm den gebogenen Rand zuwendet, weil dieser Rand ihm näher steht, als die gerade Kante des andern Armes. Die Folge hiervon ist, daß jeder Pol einen Arm stärker anzieht und der Anker sich in der Richtung des Uhrzeigers dreht. Er kommt nun in die

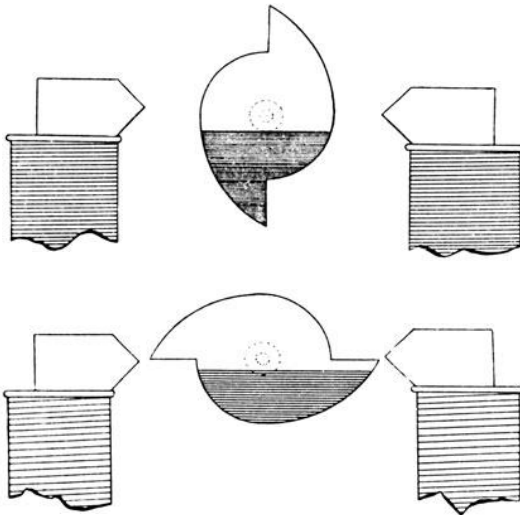


Fig. 598 u. 599. Arzbergers Zeigerwerk.

Lage, welche Fig. 599 zeigt. Aber hierbei fließt das Quecksilber aus dem einen Arm in den andern, und wenn nun die Stromwirkung aufhört, so zieht das Übergewicht des quecksilbergefüllten Armes den Anker um eine Vierteldrehung weiter, und zwar im Sinne, in welchem die Magneten den Anker gedreht haben. Der Anker zeigt nun wieder eine der in Fig. 598 abgebildeten analoge Stellung, und beim nächsten Stromstoß wird sich das Spiel wiederholen, so daß also jeder Stromstoß mit dem darauf folgenden Stromlosigkeitsintervall den Anker um eine halbe Kreisdrehung weiterbewegt.

Bei Arzberger ist nun das Quecksilber durch eine mechanische Einrichtung anderer Art ersetzt, auch die Zahl der Arme des Ankers größer als zwei. Aber es kam uns nur

darauf an, das Prinzip dieses Drehankers zu zeigen, welches darin besteht, daß die eigentümliche Form des Ankers die Fortbewegung desselben in einer bestimmten Drehrichtung bedingt und außerdem die Anziehung des Magneten gleichzeitig Energie im Anker aufspeichert, welche nach Aufhören des Stromes den Anker um ein weiteres Stück und in die richtige Anzugslage bewegt.

Wendet man Wechselstrom an, so kann man die erwähnte Aufspeicherung entbehren und es dem Polwechsel übertragen, daß der anziehende Elektromagnet den Anker jederzeit in einer Lage vorfindet, bei welcher der eine Pol den einen, der andre den andern Hebelarm anzieht und dadurch die fortschreitende Drehung hervorbringt. Zu diesem Zwecke wendet man einen polarisierten Anker an, welcher durch seine besondere Form von den anziehenden Polen des Elektromagneten stets in der gleichen Richtung weiter bewegt wird. Ein einfachstes Beispiel sehen wir in Fig. 600. Der Drehanker ist ein S-förmig gebogener Magnet, dessen Pole sich diametral gegenüberstehen. Er nehme für einen Augenblick die Lage, welche Fig. 600 A zeigt, ein und es werde der Elektromagnet jetzt so erregt, daß gleichen Polen des Ankers gleiche des Elektromagneten gegenüberzustehen kommen. Alsdann wird der links stehende (Nord-) Pol des Elektromagneten den gegenüberliegenden Nordpol des Ankers abstoßen. Da aber in seiner Nähe der süd magnetische Teil des Ankers liegt, so zieht er diesen an, und aus beiden Wirkungen geht hervor, daß

sich der Anker wie der Uhrzeiger drehen wird. Hat er sich so weit gedreht, daß dem Nordpol jetzt der süd magnetische Arm des Ankers gegenüberliegt, so hört die Drehung noch nicht auf; denn einerseits ist die Randkurve des Armes so gestaltet, daß sie nach dem Pol des Ankers etwas nach außen geht, so daß die weiterschreitende Drehung des Ankers den Arm dem Elektromagnetpol näher bringt, andererseits ist die magnetische Wirkung des Armes am unteren Ende, wo er mit dem Querbalken verbunden ist, schwächer als am

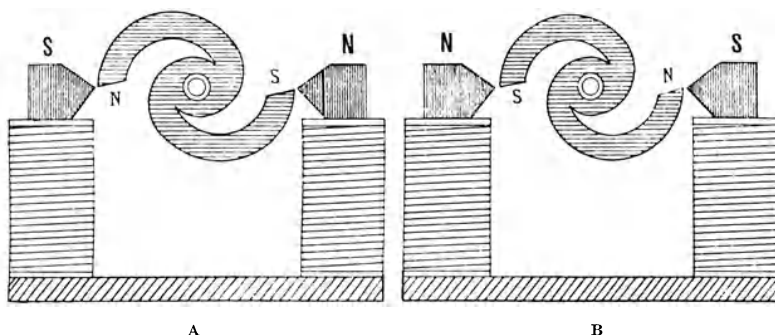


Fig. 600. Fortschreitende Drehbewegung eines asymmetrischen Ankers durch Wechselstromwirkung.

freien Ende, am Pole. Die Folge beider Umstände ist, daß die Anziehung zwischen Arm und Elektromagnetpol mit fortschreitender Drehung des Ankers zunimmt, und weil der Pol den Anker in diejenige Lage zu bringen sucht, bei welcher die Anziehung am stärksten ist, so wird der Anker so weit gedreht, daß das Ende seines süd magnetischen Armes dem Nordpol des Elektromagnetpols gegenüber zu liegen kommt. Das Gleiche findet auch bei den andern Polen des Armes und Elektromagneten statt, und die Folge ist, daß der Anker um eine halbe Kreisdrehung bewegt wird und in die Lage kommt, welche Fig. 600 B zeigt.

Tritt nun ein neuer Polwechsel des Elektromagneten ein, so wird der Anker wiederum um 180° weiter gedreht, und wir sehen, daß die dem Elektromagneten zugefendeten Stromstöße mit wechselnder Richtung eine fortschreitende Bewegung des Drehankers zur Folge haben werden. Erfolgen die Stromstöße in regelmäßigen Intervallen, so kann die Vorrichtung zur Anzeige der Zeit benutzt werden, indem man jede halbe Drehung des Ankers durch Übertragung zu einem Minuten sprung des Zeigers verwendet.

Eine solche Anordnung sehen wir in der Uhr von Thomas, welche in Fig. 601 abgebildet ist, angewendet. Auf der senkrechten Welle sitzt unten ein polarisierter Anker von der eben beschriebenen Form, welcher sich zwischen den Polen eines Elektromagneten dreht. Die Übertragung auf das Minutenrad erfolgt durch eine Schraube ohne Ende. Nach dem vorher Gesagten wird man die Wirkungsweise der Uhr sofort übersehen.

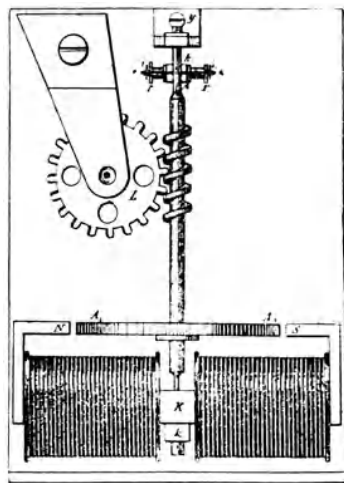


Fig. 601. Elektrische Uhr von Thomas.

Ein verwandtes Prinzip sehen wir in der Wechselstromuhr von Grau in Kassel verwendet, welche von C. Theodor Wagner in Wiesbaden verbessert worden ist und fabriziert wird. Die Grau-Wagner'sche Uhr hat aber an Stelle eines sich bewegenden Stahlmagneten bewegliche Polschuhe gesetzt und erzielt damit, daß der polarisierende Stahlmagnet festliegt, deshalb auch größer und kräftiger gewählt werden kann. Die

Gestaltung dieses Uhrwerkes lassen unsre beiden Fig. 602 u. 603 erkennen. Durch die Polenden eines hufeisenförmigen Stahlmagneten M führt eine Welle, auf welcher zwei eigentümlich geformte Anker sitzen, von denen jeder aus zwei diametral gegenüberstehenden Armen mit seitlichen Ansätzen am Ende besteht. Die beiden Arme kreuzen sich unter einem rechten Winkel und sind durch das Messingstück d voneinander getrennt. Je einer dieser Arme liegt dicht vor einem Pole des Stahlmagneten und wird von diesem derart polarisiert, daß er an den freien Enden die Polarität des betreffenden Poles erhält. Die Pole des Elektromagneten sind nun mit Polschuhen bewehrt, und diese derart gestellt, daß, wenn dem einen Polschuh das Ende des einen Armes gegenüberliegt, dem andern ein Ende des andern Armes gegenübersteht.

Die Handkurven der nasenförmigen Ansätze sind nun nicht Kreisbogen, sondern ziehen sich vom Ende des Armes zur Spitze der Nase etwas nach innen, was die Abbildung

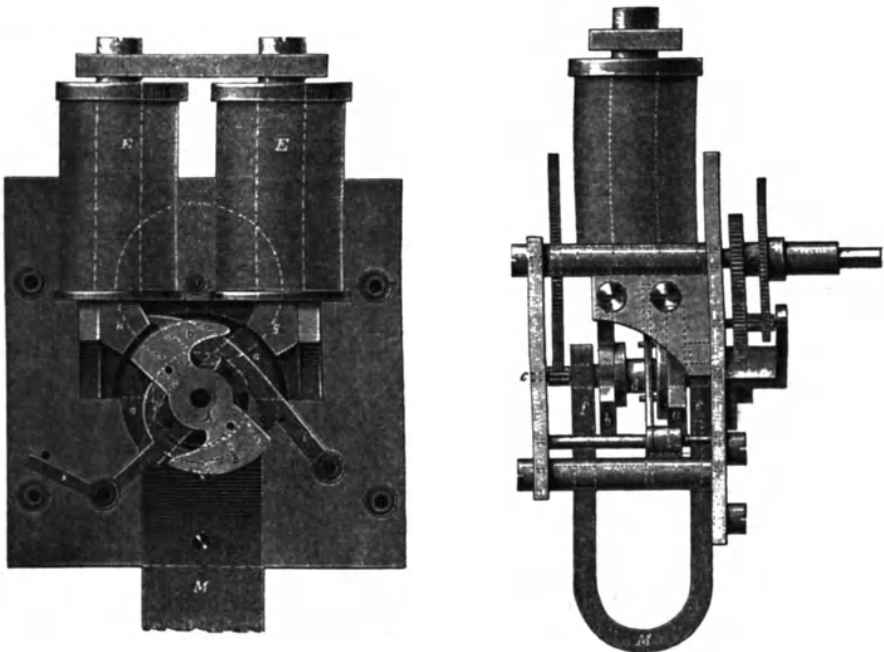


Fig. 602 u. 603. Elektrische Uhr von Grau-Wagner.

nicht erkennen läßt. Nehmen wir an, der Schenkel f des Stahlmagneten sei der Südpol, so sind die Enden des Ankerteils b süd magnetisch und die des Ankerteils a nord magnetisch. Sobald nun ein elektrischer Strom von der Normaluhr geschlossen wird und durch den Elektromagneten E gelangt, durch welchen die Polschuhe h und g dieselben Pole wie die ihnen gegenüberstehenden Ankerteile erhalten (also h den Südpol und g den Nordpol), so wirkt der Südpol bei b auf die ihm zunächst liegenden Ankerteile b und a ein, und zwar abstoßend auf b und anziehend auf a, während der Nordpol bei g abstoßend auf a und anziehend auf b wirkt. Der Anker dreht sich infolge dieser vierfachen magnetischen Wirkung, und zwar wegen der Form der Nasen so weit, bis sich ihm der angezogene Ankerteil so weit als möglich genähert hat, d. h. bis das Ende des Armes dem Polschuh gegenüberliegt. In der nächsten Minute entsendet die Normaluhr einen Strom von entgegengesetzter Richtung, und der Anker dreht sich abermals um 90° in derselben Richtung weiter. Diese Drehungen werden durch das auf der Achse c befindliche Trieb unmittelbar auf das Zeigerwerk übertragen. Eine besondere Fangvorrichtung hindert den Zeiger, nach bewirkter Vorrückung über diese Stellung hinauszugehen, so daß er nicht hin und her

schwanken kann. Wie man sieht, ist das Grundprinzip dieser Uhr identisch mit demjenigen der vorher beschriebenen und beruht darauf, dem Anker eine zur Achse des magnetischen Feldes unsymmetrische Lage zu geben, welche ihn für die nächste Bewegung vorbereitet und es verhindert, daß er bei dem Wechsel der Polarität nur hin und her schwankt.

Die hier beschriebenen Anker sind polarisierte; man kann aber auch Anker benutzen, die aus weichem Eisen bestehen und nicht polarisiert sind, indem wir ein magnetisches Feld sich drehen lassen, dessen Bewegung der Anker folgt. Es seien (Fig. 604) vier Pole auf eine Kreisperipherie mit 90° Abstand gestellt. Von diesen liegen S und N, die Pole eines Elektromagneten, vertikal übereinander, die eines Stahlmagneten dagegen rechts und links in der Horizontalen. Zwischen ihnen bewegen sich zwei Quadranten eines Eisenringes, welche durch einen um den Mittelpunkt drehbaren Arm verbunden sind. Jeder Quadrant trägt nach einem Ende hin, das in die Drehrichtung zeigt, eine Verlängerung, während die hinteren Enden radial abgeschnitten sind.

Die Wirkung des Magnetensystems auf diesen Anker stellt sich uns nun in nachstehender Weise dar. Unter dem Einfluß eines Stromes von einer gewissen Richtung habe das Elektromagnetensystem die Pole, wie sie in Fig. 604 A bezeichnet sind. Die Stellung des Ankers mit dem entgegengesetzten Pol des permanenten Systems durch einen Eisenquadranten verbunden ist. Wechselt nunmehr der Strom, so ist jeder Quadrant mit gleichen Polen verbunden und wird somit abgestoßen werden. Andererseits wird er aber von den beiden benachbarten Polen angezogen werden. Läge er zu diesen beiden symmetrisch, so könnte er entweder keine Bewegung machen, oder falls er eine solche machte, würde dieselbe bei den verschiedenen Stromwechslern nur eine hin und her gehende, nicht eine fortschreitende sein. Ist er aber unsymmetrisch und zeigt eine Verlängerung nach dem in einer bestimmten Drehrichtung liegenden Pol, so wird er naturgemäß von diesem letzteren angezogen werden und schreitet nach diesem Pol hin fort. Er wird also die Lage, welche Fig. 604 B zeigt, einnehmen und entsprechend beim nächsten Stromwechsel in dieser Richtung weiterschreiten.

Die Verbindung der festen und der wechselnden magnetischen Pole zu einem Drehfeld läßt sich noch in anderer Weise bewirken. Zwei Stahlmagnete NS (Fig. 605) und zwei Elektromagnete NS und N'S' werden derart zusammengesetzt, daß auf je einen Stahlmagnet ein Elektromagnet folgt, wie dies die Figur zeigt, und ferner an jedem Elektromagnet die gleichen Pole der Stahlmagnete anliegen, also an dem einen die Süd-, an dem andern die Nordpole und ebenso auch an jedem Stahlmagneten die gleichen Pole der Elektromagnete. Geht nun der Strom durch die Elektromagnete, so wird, wenn beispielsweise die Stromrichtung eine derartige ist, daß N und N' Nordpole werden, bei N ein Nordpol und S' ein Südpol entstehen, während die bei N' und S entstehenden Pole durch die entgegengesetzten anliegenden Pole der Stahlmagnete aufgehoben werden. Wechselt der Strom, so werden die Pole bei N und S' verschwinden, dagegen solche bei N' und S entstehen.

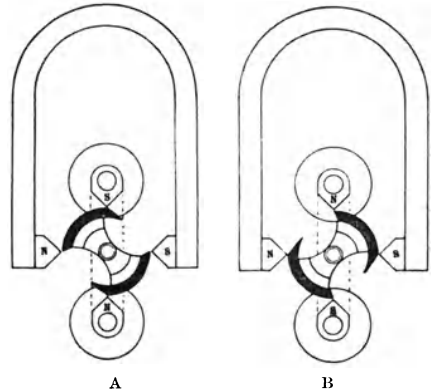


Fig. 604. Freier rotierender Anker.

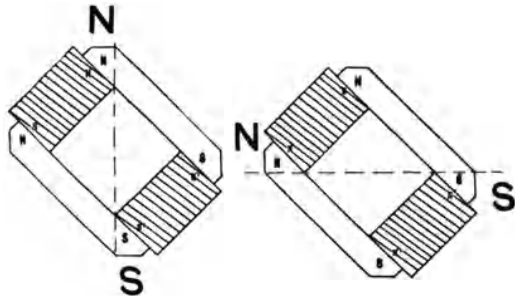


Fig. 605. Wechsel der Pollagen in einem Magnetensystem.

Dieser Wechsel der Pollagen läßt sich nun benutzen, um bei einem im magnetischen Felde drehbar befestigten Anker eine fortschreitende Bewegung hervorzubringen.

Die zwei Elektromagnete E_1 und E_2 und die zwei Stufenmagnete M_1 und M_2 sind nach dem oben gegebenen Schema zusammengesetzt, wie es Fig. 606 zeigt. Die hervorragenden würfelförmigen Enden der Elektromagnete dienen gleichzeitig als Polschuhe für

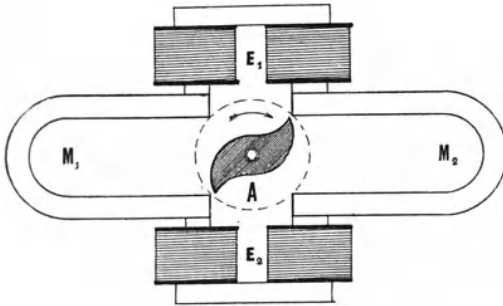


Fig. 606. Umtrieb eines Ankers durch den Wechsel der Pollagen.

die betreffenden Schenkel der Elektromagnete und der Stahlmagnete; ihre nach innen zustehenden Kanten stehen auf der Peripherie eines Kreises und sind je um 90° von den beiden nebeneinanderstehenden entfernt. In diesem Kreise dreht sich der freie Anker A, dessen besondere Form durch folgende Gründe bedingt ist. Würden wir ein einfaches gerades Stäbchen an Stelle von A setzen, so würde dieses zwischen den wechselnden Polen hin und her oszillieren, aber nicht eine fortschreitende Bewegung annehmen. Um dies zu bewirken, muß

die Anziehung nach einer, nach bestimmter Drehrichtung hin liegenden Seite stärker sein als nach der andern, und zu diesem Zwecke muß, sobald der Anker eine feste Lage zwischen zwei Polen einnimmt, jede Ankerhälfte demjenigen Pole, nach welchem sie sich beim nächsten Stromwechsel hin bewegen soll, näher stehen als dem andern, welchen sie vorher verlassen hat.

Zu diesem Zwecke geben wir den verbreiterten Enden des Ankers eine solche Randkurve, welche sich von der vom Mittelpunkt weitesten Spitze in der Richtung der beabsichtigten Drehung nach dem Centrum hineinzieht. Der Anker wird nun von den Polen so weit angezogen werden, daß seine Spitzen den anziehenden Polen gegenüberstehen. Tritt nun der Ubergang der Polarität auf das andre Paar Pole ein, so findet jeder Pol einen der Hebelarme seiner Anziehung näher liegend, und dadurch wird der Anker stets im gleichen Sinne weiterbewegt werden.

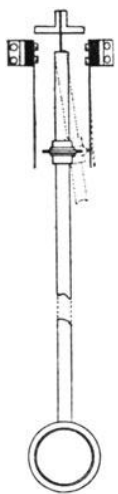


Fig. 607. Abgabe der Stromstöße an der Primäruhr durch das Pendel.

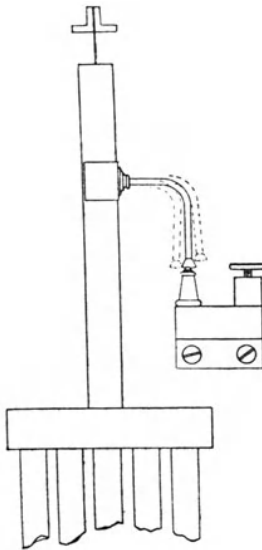


Fig. 608. Quecksilberkontakt am Pendel.

Die Einrichtung an den Hauptuhren.

Es bleibt uns noch übrig, die Einrichtungen zu beschreiben, welche von Sekunde zu Sekunde oder von Minute zu Minute oder in andern Zeitintervallen den elektrischen Zeigerwerken die Stromstöße zuschicken, durch welche sie im Sprunge weiter bewegt werden. Sollen die Stromstöße von Sekunde zu Sekunde oder auch jede zweite Sekunde erfolgen, wie dies bei astronomischen Apparaten erforderlich ist, so wird man eine Kontakteinrichtung an dem Sekundenpendel einer astronomischen Uhr anbringen

können. Das einfachste wäre es, daß das Pendel bei seiner Abweichung nach einer Seite hin einen federnden Kontakt trifft und dadurch den durch ihn und den Kontakt geführten Strom schließt, wie Fig. 607 dies zeigt. Allein, so wenig auch die Kraft fein mag, welche die Feder bei ihrer Ausbiegung fortnimmt, so ist sie doch groß genug, um den Gang dieser feinsten Uhrwerke zu stören, und man hat deswegen andre Einrichtungen benutzt, welche einen weniger störenden Einfluß auf den Gang des Pendels haben. Tiede

setzt an das Pendel eine feine Platinschneide (Fig. 608), welche einen aus einem Röhrchen hervorstehenden Quecksilbertropfen bei der äußersten Stellung des Pendels schneidet und hierdurch Stromschluß bewirkt. Das Röhrchen, welches das Quecksilber enthält, ist auf der Rückwand des Uhrkastens befestigt und mit einer Schraube versehen, durch welche man den Tropfen entsprechend weit herausdrücken kann, um ihm die richtige Größe zu geben.

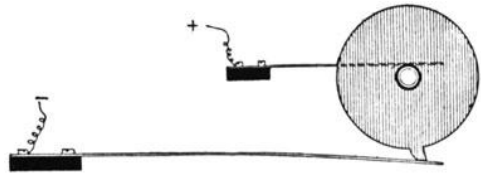


Fig. 609. Schleifkontakt an der Primäruhr.

Sollen die Stromstöße von der Normal- oder Primäruhr von Minute zu Minute abgesendet werden, so kann man sich der einfacheren Schleifkontakte bedienen. Am einfachsten würden wir verfahren, wenn wir auf die Sekundenachse der Primäruhr einen metallenen Daumen (Fig. 609) setzten, welcher nach jedem Umgange der Welle, also nach 60 Sekunden an einer Kontaktfeder vorbeistreift und dadurch den Strom schließt. Bei dieser Einrichtung läuft nun das Sekundenrad während des größten Teiles seines Umlaufes ungehindert; während der Zeit aber, in welcher der Kontaktarm die Kontaktfeder trifft, ist an der Sekundenachse eine erheblich vermehrte Arbeit zu verrichten, und diese plötzliche Anstrengung wird dem gleichmäßigen Gange der Uhr schaden. Um diesen Übelstand zu beseitigen, hat Arzberger, dessen Uhr wir früher erwähnten, die für die Kontaktgebung benötigte Arbeit auf die ganze Umlaufzeit verteilt, so daß jeder Schlag des Sekundenpendels einen Bruchteil derselben leistet. Zu diesem Zwecke hat er auf die Sekundenachse eine Schnecke (Fig. 610—612) gesetzt, auf welcher zwei Federn a und b nebeneinander, ohne sich zu berühren, schleifen. Eine dieser Federn ist etwas länger als die andre, so daß die längere noch auf dem höchsten Punkte des Randes liegen bleibt, wenn die kürzere abfällt. Bei diesem Abfall kommt nun der Kontaktstift a, mit dem Kontaktplättchen b₁ in Verührung und bleibt so lange auf demselben liegen, bis sich beim nächsten Sekundenschlage die Schnecke so weit gedreht hat, daß auch der längere Hebel abfällt und dadurch die Verbindung zwischen Kontaktstift und Kontaktplatte aufgehoben wird. Mit dem Stift und dem Plättchen sind die beiden Leitungen verbunden, so daß also die Verührung beider Kontaktteile einen Stromschluß herstellt. Selbstverständlich darf die Schnecke keinen Stromweg

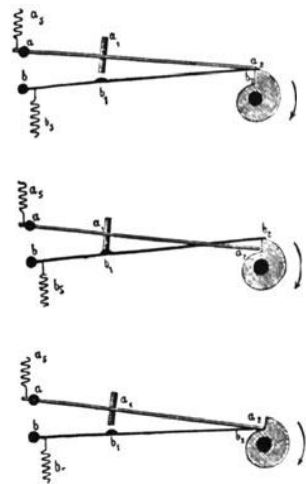
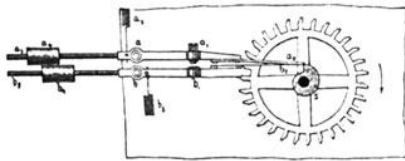
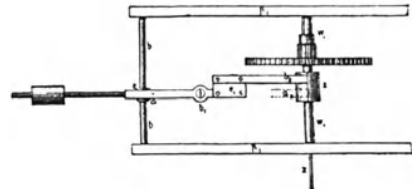


Fig. 610—612. Prinzip des Arzberger'schen Kontaktes.



A



B

Fig. 613. Arzberger's Kontakt.

zwischen beiden Federn vermitteln, und zu diesem Zwecke müssen die auf der Schnecke schleifenden Federn von den Hebeln, auf denen die Kontakte sitzen, isoliert sein; sie werden deswegen mit einer isolierenden Zwischenlage auf den Enden der Hebel befestigt, wie Fig. 613 dies erkennen läßt, welche die konstruktive Ausführung der eben dargelegten Idee erläutert.

Soll die Normaluhr Wechselstrom abschicken, so wird man am zweckmäßigsten die Schaltung wählen, welche wir bei dem Wechselstromtaster (Fig. 459) kennen gelernt haben. Eine solche wendet Wagner an, der jedoch die Stromschließung nicht unmittelbar vom Uhrwerk, sondern durch ein besonderes Laufwerk besorgen läßt, welches von Minute zu Minute durch das Uhrwerk ausgelöst und nach bewirkter Kontaktgebung gesperrt wird. Wie bei dem Wechselstromtaster liegen bei dieser Einrichtung (Fig. 614) die beiden

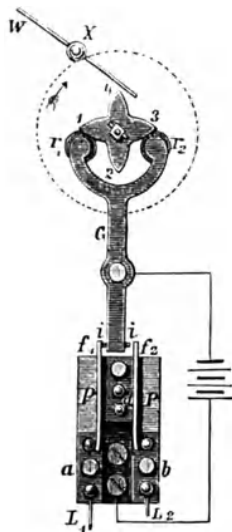


Fig. 614. Wagner's Kontakt.

Kontaktfedern in der Ruhe an dem einen Pol der Batterie. Der sich nach der einen oder andern Seite bewegende Kontakthebel legt sich gegen die eine Feder, hebt sie von ihrem Kontakt ab, indem er selbst mit ihr in leitende Berührung kommt. Die mit der betreffenden Feder verbundene Leitung wird also mit dem zweiten Pol der Batterie in leitende Berührung gebracht, während die andre Leitung an dem ersten Pol liegen blieb. Durch die Drehung des Stromes, welcher über die Laufrollen des gabelförmigen Endes des Kontakthebels gleitet, wird der untere Arm des Kontakthebels abwechselnd nach rechts und links bewegt und somit der Strom abwechselnd in der einen und andern Richtung durch den Stromkreis geschickt.

Einfacher, wenn auch nicht zweckmäßiger, kann man verfahren, wenn man eine doppelte Batterie anwendet. Verbindet man die Mitte der Batterie (Fig. 615) mit der einen Leitung, während die andre mit einem durch das Uhrwerk bewegten Kontaktdaumen verbunden ist, so wird dieser letztere, der nach jeder halben Umdrehung mit einer der beiden Kontaktfedern in Berührung kommt, die Absendung von Wechselströmen bewirken. Die Kontaktfedern sind nämlich mit den beiden Polen der Batterie verbunden, und wenn die mit dem Daumen verbundene Leitung mit dem positiven Pol der Batterie verbunden wird, steht die

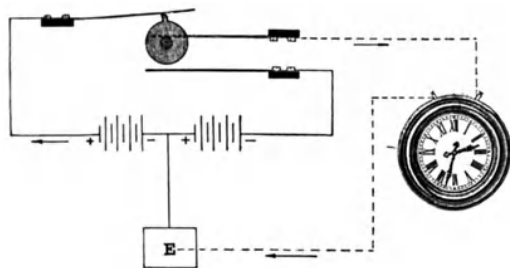


Fig. 615. Stromwechsel durch Kontaktgebung an zwei Batterien.

zweite Leitung mit dem negativen Pol der zwischen positivem Pol und zweiter Leitung liegenden halben Batterie in Verbindung, die andre Hälfte der Batterie tritt bei einem solchen Stromschluß nicht in Thätigkeit. Wird der Daumen mit der andern Feder in Verbindung gebracht, so hat er seine Leitung an diesen angelegt, und indem nun die früher unthätige Hälfte der Batterie eingeschaltet wird, die andre ausgeschaltet bleibt, kommt die an der Mitte der Batterie liegende Leitung mit einem positiven Pol in Verbindung.

Wo eine geringe Stromleistung erforderlich ist, mag die Verdoppelung der Batterie durch die Ersparnis in der Kontakteinrichtung gerechtfertigt erscheinen, bei größeren Batterien würde der Mehraufwand an Elementen aber teurer kommen als eine kommutierende Kontakteinrichtung wie die von Grauwagner.

Es braucht wohl nicht erst gesagt zu werden, daß neben diesen Kontakteinrichtungen an den Normaluhren noch

viele andre Anordnungen angegeben und verwendet worden sind; jeder findige Uhrmacher, dem die Aufgabe obliegt, eine Normaluhr zu bauen, wird sich voraussichtlich seine Konstruktion selbst schaffen. Da wir an dieser Stelle aber nur zu zeigen haben, wie die Einrichtungen in den Normaluhren zur Abgabe von Stromstößen in bestimmten Intervallen sich gestalten können, so dürfen wir uns mit den hier vorgeführten Konstruktionen begnügen und die Beschreibung andrer Anordnungen den Spezialwerken überlassen.

Elektrische Stundensteller. Nach den elektrischen Zeitgeräten haben wir noch der Einrichtungen zu gedenken, in welchen der elektrische Strom nicht den Zeiger in Über-

einstimmung mit dem Gange einer Normaluhr bewegt, sondern nur dazu dient, den Gang der Uhren zu berichtigen. Wir können hier zwei Klassen unterscheiden; in der einen wird der Zeiger von Stunde zu Stunde gestellt, so daß seine etwaigen Abweichungen, die er während der Zwischenzeit in seinem Laufe erfahren hat, berichtigt werden. In der andern Klasse sehen wir nicht den Zeiger, sondern den Gang der Uhren selbst beeinflußt und in Übereinstimmung mit demjenigen einer astronomischen Uhr gebracht. Einrichtungen der ersteren Art nennt man Stundensteller, während man die der andern als der elektrischen Regulierung von Uhren zu bezeichnen hat.

Bei den Stundenstellern darf man von der Voraussetzung ausgehen, daß die Abweichung der Uhr von der richtigen Zeit in der Stunde ein oder höchstens zwei Minuten nach vorwärts oder rückwärts betragen wird. Der Minutenzeiger wird sich also, wenn er zur vollen Stunde gestellt werden soll, in unmittelbarer Nähe des 60. Minutenstriches befinden; an dieser Stelle wird er nun gefaßt und auf den 60. Minutenstrich oder auf die Stundenziffer XII gestellt. Es wird genügen, wenn wir nur eine derartige Vorrichtung beschreiben, und zwar wählen wir die von Barraud & Lund, welche in London seit Jahren vielfach in Gebrauch ist und sich durch ihre Einfachheit auszeichnet. Auf dem Zifferblatt der Uhr sehen wir (Fig. 616) über der Ziffer XII einen kreisbogenförmigen Ausschnitt angebracht, in dessen Ecken zwei etwas hervorstehende Stifte sitzen.

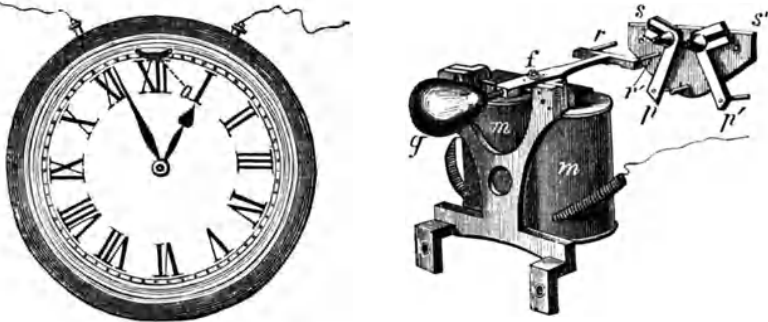


Fig. 616 u. 617. Stundensteller von Barraud & Lund.

Mit der vollen Stunde bewegen sich diese Stifte nach der Mitte des Ausschnittes zusammen, und da der eine oder andre von ihnen den in ihrer nächsten Nähe befindlichen Minutenzeiger erfassen wird, so schiebt er ihn auf die Stelle, wo beide Stifte zusammentreffen, auf den 60. Minutenstrich.

Die Stifte werden durch einen einfachen Elektromechanismus zusammengeführt, den wir in Fig. 617 abgebildet erblicken. Die beiden eben erwähnten Greifstifte sitzen an den Enden zweier Winkelhebel, deren obere Arme Schlitze tragen. In diesen Schlitzen liegen die zwei Stifte, welche als Zinken der am Anker des Elektromagneten befestigten Gabel erscheinen; unser Bild zeigt die Stifte nicht in die Schlitze eingeschoben, weil der Elektromagnet zur besseren Verdeutlichung etwas zurückgezogen dargestellt ist. Durch das Gegengewicht am Ankerhebel wird der Anker vom Elektromagneten abgehoben, und dabei werden die Winkelhebel, welche scherenartig zusammenwirken, mit ihren unteren Armen auseinander gebracht, so daß die Greifstifte in der Fangstellung stehen. Wird nun aber — und dies erfolgt genau mit Schluß der Stunde — ein Strom dem Elektromagneten zugeschickt, so zieht er seinen Anker an, die Gabelzinken drücken die oberen Hebelarme der Schere nieder, die unteren Hebelarme mit den Greifstiften gehen zusammen und der Zeiger wird auf XII geschoben.

Elektrische Regulierung von Uhren. Bei der elektrischen Regulierung der Uhren wird, wie gesagt, der Gang elektrisch beeinflußt und in Übereinstimmung mit dem Gang einer Normaluhr, die eine entsprechende Präzision besitzt, gebracht, so daß also die sekundären Uhren, obwohl nicht als Präzisionsuhren gebaut, doch den genauen Gang einer solchen erhalten. Zu diesem Zwecke dient am besten die Einwirkung auf das

Pendel, dessen Vor- und Nachschwingungen gegen das Pendel der regulierenden Uhr berichtigt werden. Von den in Anwendung gekommenen Systemen wollen wir das bei den Berliner Normaluhren in Anwendung gebrachte mit einigen Worten erläutern.

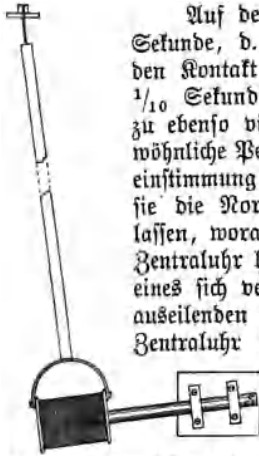


Fig. 618. Uhrenregulierung in der Berliner Normaluhrenanlage.

Auf der Sternwarte ist eine Zentraluhr aufgestellt, welche jede zweite Sekunde, d. h. bei dem Ausschlag des Pendels nach einer Seite hin durch den Kontakt am Pendel, wie in Fig. 607 und 608 erläutert, auf etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde Stromschluß bewirkt und den Strom in sechs Leitungen, die zu ebenso vielen Normaluhren gehen, schickt. Diese Normaluhren sind gewöhnliche Pendeluhren, deren Gang durch die Zentraluhr in genauer Übereinstimmung mit dem ihrigen gehalten wird. Zu diesem Zwecke zwingt sie die Normaluhren, ihre Pendel genau wie ihr eignes schwingen zu lassen, woraus dann eine Übereinstimmung der abhängigen Uhren mit der Zentraluhr hervorgeht. Zu diesem Zwecke beschleunigt der Strom den Gang eines sich verzögernden Pendels einer Normaluhr und hält den etwa voraus-eilenden zurück, bis das abhängige Pendel mit dem maßgebenden der Zentraluhr übereingeht. Um dies zu bewirken, tragen die Pendel der

Normaluhren (Fig. 618) Spulen von feinem Draht, dessen Enden am Pendel entlang und am Ende desselben führen und in passender Weise mit der Stromleitung verbunden sind. Seitlich im Gehäuse der Uhr ist ein Stabmagnet angebracht, über dessen freien Pol sich die Spule, ohne ihn zu berühren, bei der Ausschwingung nach der Magnetseite schiebt. Geht

nun ein Strom durch die Spule, so wird dieselbe von dem Magneten angezogen werden. Findet nun der kurze Stromstoß gerade in dem Augenblicke statt, in welchem das Pendel

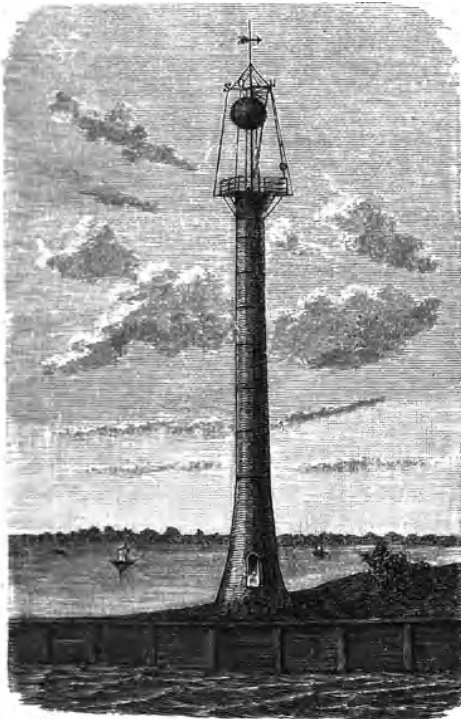


Fig. 619 a. Zeitball.

in der weitesten Ausschwingung einen Augenblick stillhält, so wirkt die Anziehung auf das Pendel nicht ein. Ist aber das Pendel etwas zurückgeblieben und hat seine Spule den Magneten noch nicht erreicht, wenn der Stromstoß eintritt, so muß die nunmehr entstehende Anziehungswirkung den Gang des Pendels beschleunigen. Und in gleicher Weise wird auch bei einer Vorauseilung des Pendels der Stromstoß veranlassen, daß die Spule, welche sich von dem Magnetpole schon entfernt hat, zurückgehalten, der Gang des Pendels also verzögert wird. Das Pendel wird also gezwungen, mit den Stromstößen oder, was dasselbe, mit dem Pendel der Normaluhr gleichen Takt zu halten, mit andern Worten, die Normaluhr muß genau den gleichen Gang mit der sehr genau gehenden Zentraluhr machen.

Optische Zeitsignale. Ein Wort erfordern noch die elektrischen Zeitregulierungsvorrichtungen, welche nicht auf mechanischem Wege ein entferntes Uhrwerk leiten, sondern die Bestimmung haben, zu einem gegebenen und bekannten Zeitpunkt, sagen wir genau um 12 Uhr mittag ein kurzes Zeichen zu geben, welches den Eintritt dieses

Zeitpunktes weithin sichtbar kund thut, sodasß man hiernach den Gang einer Uhr bestimmen und verbessern kann. Auf diese Weise wird u. a. die genaue Zeit an die Telegraphenämter

übermittelt. Von größerer Wichtigkeit ist diese Einrichtung für die Schifffahrt, welche bekanntlich die genaue Zeitbestimmung zur Ortsbestimmung auf dem pfadlosen Meere benutzt und ein Interesse daran hat, die Schiffszuhren in genauem und bekanntem Gange zu halten.

Diesem Zwecke dient nun der Zeitball. Ein großer Ball ist an einer hohen Stange, die auf einem Mast oder Turm weithin sichtbar steht, aufgezogen und wird durch ein Sperrwerk festgehalten. Der von einer Sternwarte punkt 12 Uhr ausgesandte Strom löst nun die Sperrung, und der Ball fällt herab, was dem Schiffer den genauen Eintritt des Mittagzeitpunktes anzeigt und ihm ermöglicht, seine Chronometer genau einzustellen.

Den einfachen Elektromechanismus dieser Vorrichtung findet der Leser in Fig. 619 b abgebildet.

Der in drei Stangen geführte Ball wird von der Zange Z gehalten. Der um 12 Uhr ankommende Stromstoß bewirkt nun, daß der Elektromagnet E einen Anker anzieht, welcher den bisher festgehaltenen Hammer H fallen läßt. Dieser schlägt auf den Sperrhebel des Rades R und bringt dieses zur Auslösung. Nunmehr stürzt der Fallkloß F herab und drückt mit seinen Gleitflächen die oberen Arme der Zange Z zusammen; die unteren Arme öffnen sich, und der Ball wird frei.

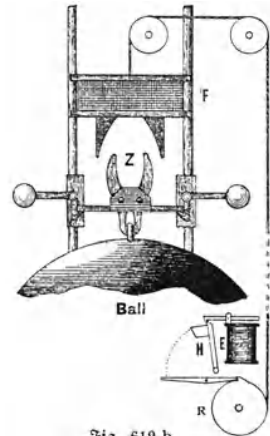


Fig. 619 b. Auslösmechanismus.

Die Chronographen. Die bisher beschriebenen Einrichtungen für die Zeitlegraphie dienen der Zeitanzeige in die Ferne oder der Regulierung der für diese Thätigkeit bestimmten Werke. Wir sehen aber den Strom noch in einer andern Beziehung zur Zeit verwendet, nämlich für die Zeitmessung und zwar insbesondere für Präzisionsmessung dieser Art und für Messungen sehr kleiner Zeiteile. Die Wissenschaft, vor allem die Astronomie bedarf für ihre Zeitbestimmungen einer sehr weitgehenden Genauigkeit, und wenn die Übung und gewisse Kunstgriffe den astronomischen Beobachter die Zeit auch noch nach Zehntelsekunden bestimmen lassen, so ist es doch erforderlich, diese Genauigkeit noch weiter zu bringen und dabei die subjektiven Einwirkungen thunlichst auszuschließen. Dafür verwendet der Astronom den elektrischen Strom und gewinnt den Vorteil, daß dieser ihm den Zeitpunkt nicht nur bestimmt, sondern auch die Bestimmung aufzeichnet, so daß er am Tage bequem nachlesen kann, was er beobachtet hat.

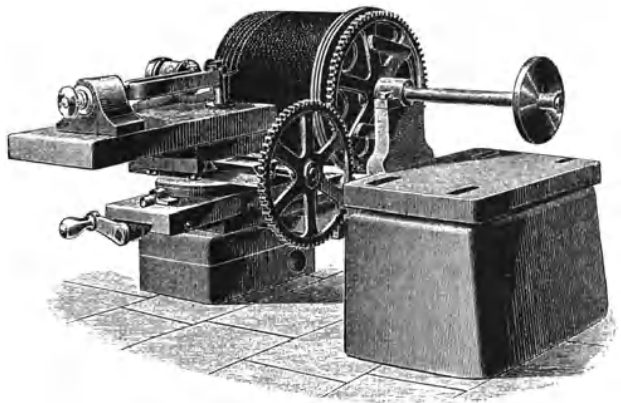


Fig. 620. Stimmgabelchronograph.

Der Physiker und Techniker müssen häufig sehr kleine

Zeiträume bestimmen, welche Hundertstel oder gar Tausendstel von Sekunden sind, und auch hier hilft ihm der Strom, welcher, um ein einleuchtendes Beispiel zu geben, die Zeiträume mißt, in welcher die fliegende Kanontugel verschiedene Teile ihrer Bahn durchfliegt.

In dem Chronographen, welchen wir in Fig. 620 abgebildet sehen, ist ein Prinzip benutzt, das später in einer andern Verwendung — beim Phonographen — wieder erscheinen wird. Bei demselben werden nämlich die Bewegungen eines schwingenden Körpers, einer tönenden Stimmgabel aufgezeichnet, und da diese Schwingungen sehr regelmäßig und in sehr kleinen Zeiteilen erfolgen, so kann man mittels dieser Vorrichtung einen Zeitraum in sehr kleine, gleiche Zeitperioden zerlegen und dieselben voneinander

unterscheiden, auch durch eine Hilfsvorrichtung bestimmen, in welche dieser Zeitperioden ein Vorgang fällt.

Wie unsere Abbildung zeigt, bewegt sich vor der schwingenden Stimmgabel eine Trommel, um welche ein beruhtes Papierblatt gelegt ist. Einer der Gabelschenkel trägt am Ende einen kleinen, leichten Metallstift, welcher das Papierblatt berührt und bei der Schwingung der Stimmgabel eine weiße Linie auf dem beruhten Blatte einschreibt. Wird die Trommel gedreht, so wird durch die Verbindung beider Bewegungen eine Wellenlinie auf das Blatt eingezeichnet, von welcher jede Welle einen gleichen Zeitteil bedeutet, der von der Schwingungszahl der Stimmgabel abhängt. Damit nach einer vollen Umdrehung der Trommel die eingeschriebene Wellenlinie nicht durch die bei der nächsten Umdrehung erzeugte überdeckt wird, ist die Stimmgabel auf einen Support gesetzt, welcher durch eine Schraube mit jeder Umdrehung der Trommel um ein Stück verschoben wird. Ein auf die Schraubenspindel gefetztes Zahnrad, das in eben ein solches der Trommelmelle eingreift, läßt die Bewegungen der Trommel und der Stimmgabel in Übereinstimmung gehen. Um die Stimmgabel dauernd in Bewegung zu halten, wirkt auf den einen Schenkel derselben ein kleiner Elektromagnet, der den Schenkel abwechselnd anzieht und losläßt, auf diese Weise der Gabel fortwährend Impulse erteilend.

Die einzelnen Wellenberge begrenzen nun wie die Minutenstriche auf dem Zifferblatte der Uhr gewisse Zeitteile, die aber hier Hundertstel von Sekunden sind. Läßt man nun durch einen zweiten Schreibstift, welcher durch einen Elektromagneten bewegt wird, Querstriche in die Wellenlinien (vgl. Fig. 625) einzeichnen, so kann die zeitliche Entfernung zweier solcher Striche leicht und sicher durch die Anzahl der zwischenliegenden Wellenberge bestimmt werden.

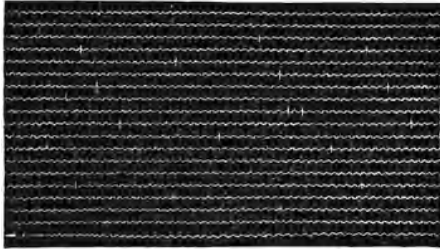


Fig. 621. Die Schrift und die Markierzeichen des Stimmgabelchronographen.

Soll nun ein Ereignis zeitlich bestimmt werden, so verbindet man den ebengenannten Schreibmagneten oder einen zweiten gleichen elektrisch mit dem Apparat, in welchem sich

die zu bestimmenden Vorgänge ereignen, und trifft die Anordnung derart, daß der oder die Vorgänge den Stromkreis schließen, den Anker des Schreibmagneten also zum Anzug beugen, was die Einzeichnung eines Querstriches in die Wellenlinie zur Folge hat. Aus zwei solchen Strichen, welche zwei aufeinander folgenden Vorgängen entsprechen, kann man nun durch Abzählung der zwischenliegenden Wellenberge das Zeitintervall ermitteln.

Elektrische Wächterkontrollapparate. Um die Wächter in ihrer regelmäßigen Begehung des vorgeschriebenen Weges zu kontrollieren, bedient man sich zumeist der Wächterkontrolluhren, in denen durch Uhrwerk ein Papierstreifen bewegt wird. An einzelnen Stellen des vorgeschriebenen Weges sind verschieden geformte Schlüssel an Ketten befestigt, welche der Wächter in ein Schlüsselloch der Uhr einzustecken und umzudrehen hat, wodurch dann auf dem bewegten Papierstreifen neben der Marke des Zeitpunktes ein Loch eingestochen wird. Jeder Schlüssel schiebt sein Loch auf einer ihm zugehörigen Linie ein, und so läßt sich später feststellen, zu welcher Zeit sich der Wächter bei dem betreffenden Schlüssel befand. Diese Einrichtung ist nun keineswegs sicher und hat manche Mängel. Man hat deshalb mehrfach elektrische Wächterkontrollapparate eingeführt, bei denen sich die Uhr mit dem Papierstreifen in fester Aufstellung an einem dem Wächter unzugänglichen Orte befindet und der Wächter das Merkzeichen durch Kontaktgebung an den von ihm zu besuchenden Stellen erzeugt.

Zu diesem Zwecke sind an den Kontrollstellen, welche so gelegt sind, daß der Wächter bei ihrem Besuche den ganzen ihm vorgeschriebenen Weg begehen muß, Kontakteinrichtungen angebracht, die aus einem Druckknopf oder Taster bestehen, manchmal auch derart mit den Thüren verbunden sind, daß der Wächter beim Öffnen derselben ohne weiteres den Kontakt herstellt (Thürkontakte, s. S. 483) und also nur seinen Rundgang in vorgeschriebener

Weise zu machen hat, wobei die richtige oder unrichtige Erfüllung seiner Pflicht von Kontaktapparat sofort dem registrierenden Apparate gemeldet und von diesem aufgezeichnet wird.

Von den Kontakten führen Leitungen zu dem registrierenden Apparate und zu Elektromagneten, von denen je einer zu einer Kontaktstelle gehört. Diese Magnete bewegen Hebel, die an ihren Enden mit Stahlspitzen versehen sind und mit denselben beim Anzuge ein Loch in einen Papierstreifen stechen. Ein Uhrwerk bewegt nun diesen Papierstreifen mit geringer Geschwindigkeit — etwa 40 Millimeter in der Stunde — weiter. Durch die auf dem Papierstreifen angebrachten Zeitmarken läßt sich erkennen, zu welcher Zeit eine Durchslochung stattgefunden hat, und da weiter jeder Elektromagnet sein Loch auf einer ihm zugehörigen Längslinie des Papierstreifens einsticht, so ist sofort zu ersehen, wann an einer bestimmten Kontaktstelle der Kontakt bewirkt worden ist.

Ein Mangel stellt sich bei diesen Apparaten heraus, wenn die Anzahl der Kontrollstellen groß ist, weil alsdann die Zahl der Leitungen und Elektromagnete entsprechend wächst. Theodor Wagner in Wiesbaden hat deswegen der Kontrollvorrichtung eine andre Gestalt gegeben, bei welcher im ganzen nur drei Leitungen und zwei Elektromagnete benötigt werden und die Zahl der Kontrollstellen unbegrenzt ist.

Diese Kontrolluhren, von denen Fig. 623 eine Form darstellt, bestehen aus einem Werk, welches einen genau in Stunden und Minuten eingeteilten Papierstreifen fortbewegt. Vor der Papierwalze sind zwei Elektromagnete angeordnet, in welche alle fünf resp. zehn Minuten durch eine am Werk angebrachte Kontaktvorrichtung abwechselnd ein Strom geschickt wird, so daß der Papierstreifen bald auf der rechten oder linken Seite durchstoßen wird, je nachdem der Wächter seinen ersten oder zweiten Rundgang gemacht hat. Zu einer elektrischen Kontrollvorrichtung gehören ferner die auf jeder Station anzubringenden Kontrollumschalter, welche durch zwei Leitungsdrähte mit der Kontrolluhr verbunden werden, wie in dem

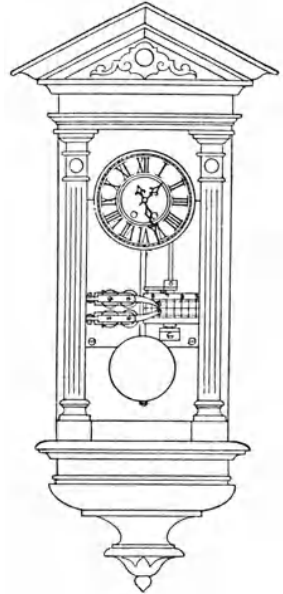


Fig. 622. Wächterkontrollapparat von Wagner.

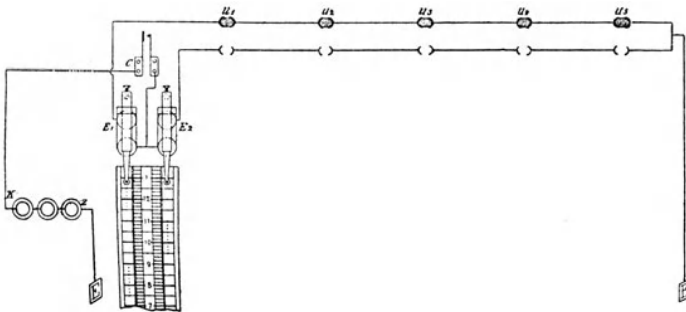


Fig. 623. Leitungsschema zum Wächterkontrollapparat.

Leitungsschema angegeben. Diese Kontrollumschalter bezwecken das Ausschalten des einen Leitungsdrahtes und das gleichzeitige Einschalten der andern Leitung. Wenn die Kontrollumschalter sämtlich nach gleicher Richtung gedreht sind, so ist die eine Leitung geschlossen und der in diesem Kreis eingeschaltete Elektromagnet der Kontrolluhr durchsticht alle fünf resp. zehn Minuten den Papierstreifen in der betreffenden Rubrik. Sobald der Wächter, welcher bei Antritt seines Dienstes die Leitung für den Elektromagnet I

durch die Kontrollumschalter geschlossen findet, den Umschalter der ersten Meldestelle umgedreht hat, wird die Leitung hierdurch unterbrochen und die Stiche bleiben so lange aus, bis sämtliche Umschalter nach der gleichen Richtung gedreht sind, worauf die Stiche in der zweiten Rubrik erscheinen. Auf dem folgenden Rundgang müssen die Umschalter nach der andern Richtung gedreht werden, wodurch die Punkte schon beim Herumdrehen des ersten Umschalters ausbleiben. Wenn der Wächter alle Meldestellen besucht hat, so zeigen sich die Stiche wieder in regelmäßiger Reihenfolge in der ersten Rubrik. Die jeweilige Stellung der Umschalter ist an denselben aus dem Erscheinen des roten und weißen Schildes der Öffnungen zu erkennen.

Der Papierstreifen bildet eine bleibende Kontrolle über den Dienst des Wächters und läßt genau erkennen, wann er jeden einzelnen Rundgang angetreten und beendet hat. Der Wächter kann das Verstellen der Kontrollumschalter in ganz beliebiger Reihenfolge bewirken, nur muß er seine Funktion bei jedem Rundgange auf allen Meldestellen aus-

üben, da sich jede Unregelmäßigkeit auf dem Papierstreifen durch Ausbleiben der Punkte markieren würde.

Der Abstimmungs-telegraph. Das Abstimmen in den Reichs- und Landtagsversammlungen und die Feststellung der Ergebnisse nehmen viel Zeit und Mühe in Anspruch, und darum hat man versucht, die rein mechanische Arbeit bei diesen Vorgängen dem elektrischen Strom zu übertragen. Es sind nun eine ganze Anzahl von Apparaten für diese Zwecke teils vorgeschlagen, teils ausgeführt worden, und wenn dieselben zur Zeit in keiner gesetzgebenden Versammlung in Verwendung sind, so dürfte es den Leser doch inter-

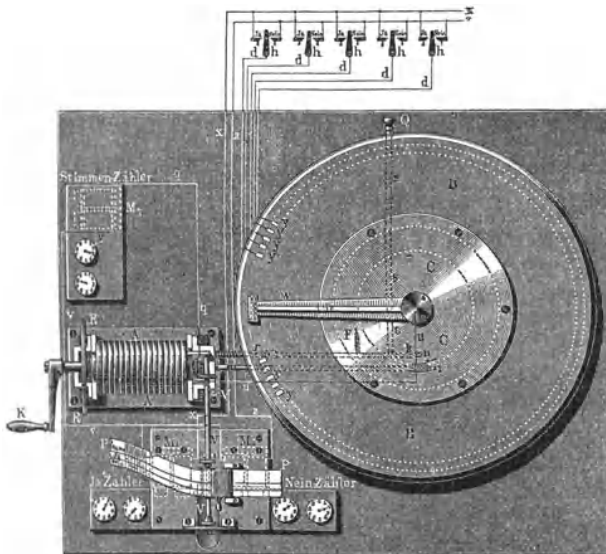


Fig. 624. Siemens' Abstimmungs-telegraph.

essieren, einen solchen Apparat näher kennen zu lernen. Wir wählen hierfür denjenigen, welchen unser Werner von Siemens angegeben hat, weil derselbe in einfachster und vollkommenster Weise alles leistet, was von einem solchen Apparate verlangt werden kann. Wir wollen zunächst schildern, wie sich eine solche elektrische Abstimmung vollzieht. Ein jeder Abgeordneter besitzt zunächst einen eignen Schlüssel, mit dem er sein Ja oder Nein an dem Apparate schließen kann. Die Schlüssel sind alle verschieden, nicht etwa weil zu befürchten ist, es könne ein Abgeordneter mogeln, und wenn die Gelegenheit es gibt, an dem leeren Platze eines abgerufenen Abgeordneten, der zweifellos mit Nein! gestimmt haben würde, das Ja! anschließen, sondern der Ordnung wegen. Wenn nun jeder Abgeordnete seine Stimme an dem an seinem Platze befindlichen Kontakt angeschlossen hat, dreht ein Diener die Kurbel der Abstimmungs-Registrier Vorrichtung, und auf einem Zifferblatt erscheint die Gesamtzahl der Ja-Sager, auf einem andern die der Nein-Stimmer, auf einem dritten die aller Abstimmenden. Aber nicht genug hiermit erscheint auch noch auf einem Papierstreifen, auf welchem die Namen aller Abgeordneten gedruckt sind, neben jedem Namen die Abstimmung des betreffenden Abgeordneten gedruckt, so daß das Ergebnis für die spätere Zeit festgelegt ist und allezeit nachgesehen werden kann.

Die hierfür in Anwendung zu bringende Einrichtung ist nun in Kürze folgende. Auf einer großen Scheibe sind im Kreise so viel Kontaktstücke angebracht, als Abstimmungsstellen

vorhanden sind und über diesem Kreis läuft ein radialer Kontaktarm, welcher nacheinander die Kontaktstücke mit einer Stromquelle in Verbindung bringt. Jedes Kontaktstück, ist mit einem Abstimmungskontakt verbunden, und bei dem Umlauf des Kontaktarmes wird also jedem dieser Kontakte für eine kurze Zeit ein Strom zugeführt. Indem nun der Abgeordnete den Kontakthebel, in welchem die von seinem Kontaktstück kommende Leitung endigt, an den Ja- oder Nein-Kontakt legt, leitet er den ihm zugeführten Strom über die Ja- und Nein-Leitung zu dem entsprechenden Ja- oder Nein-Zählapparat. Jeder einer Abstimmungsstelle zugeführte Strom besteht nun aus zwei Stromstößen von wechselnder Richtung, und ein solcher doppelter Stromstoß bewirkt, daß in dem Zählwerk der Zeiger um eine Zahl weiter rückt.

Außer über den Ja- und den Nein-Zähler geht der Strom auch noch durch einen Morse-Apparat, welcher zwei Schreibmagnete hat, von denen der eine in der Ja-, der andre in die Nein-Leitung eingeschaltet ist.

Die Schreibhebel tragen polarisierte Anker und werden daher nur von einem Impuls jedes Doppelstromstoßes angezogen. Es wird nun für jeden einer Abstimmungsstelle zugeführten Doppelimpuls je nach der Stellung des Abstimmungskontaktes der Ja- oder der Nein-Schreibhebel angezogen werden und hierdurch wird auf der Ja- oder Nein-Zeile ein Punkt erzeugt. Da nun der Papierstreifen des Schreibapparates jedesmal um ein gleiches Stück vorwärts geschoben wird, wenn der Kontaktarm auf der Scheibe von einem Kontaktstück zu einem nächsten übergeht, so sind nur noch die einzelnen Stellen des Streifens für jedes Kontaktstück, also auch für jede Abstimmungsstelle zu bezeichnen, und dies geschieht am einfachsten, indem man den Namen des betreffenden Abgeordneten an der zugehörigen Stelle auf den Papierstreifen setzt. Neben diesem Namen wird dann der Punkt erscheinen, den der Ja- oder Nein-Schreibhebel auf die betreffende Zeile des Papierstreifens setzt.

Hinter den Elektromagneten vereinigen sich die Ja- und Nein-Leitungen zu einer einzigen, welche über das dritte Zählwerk führt. Über dieses werden also ohne Unterschied alle Stromstöße, welche von der Kontaktscheibe einen Weg über einen Abstimmungskontakt gefunden haben, geleitet, und somit werden alle Abstimmungen gezählt. An den Kontakten, in denen der Kontakthebel nicht an die Ja- oder Nein-Leitung gelegt war, blieb der Hebel isoliert, und der Kontakt ließ also keinen Stromstoß durch, so daß von diesen Stellen auch keine Einwirkung auf die Zählwerke ausgeübt werden konnte.

Die Handhabung des Apparates, welcher in Fig. 624 abgebildet ist, gestaltet sich sehr einfach. Ein Diener des Hauses dreht die Kurbel des Magnetinduktors, welchen wir auf der Figur von oben gesehen erblicken, so lange, bis sie feststeht; eine besondere Sperrvorrichtung bewirkt, daß die Zahl der Umdrehungen des Ankers eine genau bemessene wird. Mit der Ankerwelle stehen nun der Kontaktarm auf der Scheibe und die Welle des Schreibapparates, welche den Papierstreifen bewegt, in Verbindung, und es wird mit jeder Umdrehung des Ankers der Kontaktarm von einem Kontaktstück zum andern gebracht, so daß jedes Kontaktstück einen Doppelstromstoß vom Induktor erhält, sowie sich der Papierstreifen um eine Namensbreite weiter bewegt. Es werden sich also die vorher geschilderten Vorgänge in genauer Übereinstimmung abspielen.

Die Telephonie.

Einleitung. Die Erfindung des Telephons. Das Prinzip des Telephons. Verschiedene Telephonkonstruktionen. Das Telephon als Sender und Empfänger. Das Mikrophon. Die induktive Übertragung von Stromwellen. Die Schaltung der Telephonapparate und die Schaltungsvorrichtungen. Verschiedene Fernsprechapparate. Die Umschaltvorrichtungen. Zentralfernsprechanlagen. Die Überlandverbindungen. Verschiedene Anwendungen des Telephons und Mikrophons. Der Phonograph. Das elektrische Fernsehen.



Simplicius Simplicissimus hatte, wie er selbst sagt, unter „seinen gewissen Künsten“, mit denen er in ziemlich unverfrorener Weise zu eignem Nutzen arbeitete, auch eine solche, „ein Instrument zuzurichten, vermittelt dessen man, sonderlich bei stiller Nacht, wunderbarlicherweise alles hören kann, was in unglaublicher Ferne ertönt oder geredet wird, was sonst unmeniglich oder unmöglich ist, den Schildwachen und sonderlich bei Belagerungen sehr nützlich.“ Leider hat der durchtriebene Schelm es bei der Benennung des Titels seiner „Kunst“ belassen und sich einer näheren Beschreibung des wunderbaren Instrumentes enthalten. Wir können deswegen die Vermutung nicht unterdrücken, daß es mit dieser Kunst ebenso bestellt war wie mit seinen Heiltränken, die er den Lothringischen Bauern aufschwazte, und von deren Heilkraft er selbst so überzeugt war, daß er stets das Dorf, in welchem er seine Mischungen verhandelt hatte, abends mit Eilfertigkeit zu verlassen pflegte, weil er mit gutem Grund fürchtete, die enttäuschten Bauern würden ihn verhauen. Wir neigen darum zu der Annahme, daß Simplicius ein solches fernhörendes Instrument gern hätte haben wollen, und diesen Wunsch mögen manches Jahrhundert hindurch auch andre Leute gehegt haben, aber da der Wunsch allein noch nicht zur Erlangung genügt, so hat die Welt erst mehr als zwei Jahrhunderte nach den Thaten des Simplicius das Instrument erhalten, mit welchem man „wunderlicherweise hören kann, was in unglaublicher Ferne ertönt oder geredet wird“.

Dieses Instrument ist das Telephon, welches dem Worte Schwingen verliehen und es befähigt hat, im Augenblick über viele Meilen hin zu fliegen und am andern Orte gehört zu werden, wie es an der Ausgangsstelle gesprochen worden ist.

Durch seine Erfindung ist der mündliche Verkehr der Menschen, welcher vordem seine sehr engen Grenzen hatte, in ungeahnter Weise erweitert worden, und bei der großen Bedeutung, welche das gesprochene Wort im Leben hat, muß die Erfindung für die Zukunft von weittragenden Folgen werden. Schon jetzt, wo die Erfindung in ihrer brauchbaren Form noch nicht zwei Jahrzehnte alt ist, hat das Instrument eine staunenswerte Verbreitung gefunden und sich, wenn einmal in Benutzung genommen, zu einem unentbehrlichen Verkehrsmittel gestaltet. Einige Jahrzehnte weiter, und wir werden es in

seiner Vervollkommnung den Verkehr eines ganzen Volkes und der Völker untereinander vermitteln sehen, und es wird ein ebenso allgemeines wie unentbehrliches Kulturwerkzeug geworden sein, wie die Feder.

Die Erfindung des Telephons.

Die Erfindung des Telephons verdanken wir dem Deutschen Philipp Reis und dem Anglo-Amerikaner Bell; der erstere hat zuerst ein Instrument geschaffen, welches Töne auf elektrischem Wege übertragen konnte, der zweite hat dieses Instrument zu einer praktisch brauchbaren Form umgestaltet, und ihm verdanken wir die geniale und einfache Einrichtung, welche das heutige Telephon besitzt. Es erscheint als müßige Frage, welchem der beiden Erfinder der größere Anteil an der Erfindung zukommt; ein jeder von ihnen hat seinen Teil dazu beigetragen und es läßt sich in objektiver Weise gar nicht bestimmen, welcher Anteil der größere ist; statt aller unnützen Streitereien wollen wir uns des Besitzes der schönen Erfindung freuen und beide Männer, denen wir sie verdanken, in gleicher Weise ehren.

Philipp Reis wurde 1834 in Gelnhausen geboren, wo sein Vater Bäckermeister war. Früh verwaisst, trat er auf Verlangen seines Vormundes als Lehrling in ein Kaufmannsgeschäft, obwohl er selbst lieber Techniker geworden wäre; aber die Beschäftigung am Ladentisch und Schreibpult konnte sein Interesse an den Naturwissenschaften nicht unterdrücken, und er blieb bestrebt, sich in denselben weiterzubilden.

Nach beendigter Lehrzeit trat er als Schüler in die Gewerbeschule des Dr. Poppe ein, und da er bei dem gegenseitigen Unterricht der Schüler einen besonderen Beruf zum Unterrichten in sich zu finden glaubte, so beschloß er, Lehrer zu werden. Ein glücklicher Zufall verschaffte ihm in seinem 24. Lebensjahre eine Lehrerstelle an dem Garnierschen Institute in Friedrichsdorf, und in dieser Stellung ist er bis zu seinem, leider zu früh erfolgten Tode im Januar 1874, wenige Jahre vor der Bellschen Erfindung, geblieben.

Reis hatte schon bald nach seinem Eintritt in das Garniersche Institut den Gedanken an eine elektrische Übertragung des Tones erfaßt und das „Telephon“ — so hatte er seine Erfindung geheißt und dieser von ihm entstammende Name ist dem Instrument geblieben — schon im Jahre 1860 erfunden. Bereits im Jahre 1861 wurde der Apparat im Physikalischen Vereine zu Frankfurt a. M. vorgeführt, und 1863 zeigte ihn Wöttger auf der Naturforscherversammlung in Stettin.

Um Reis' Apparat zu verstehen, wollen wir zunächst den Empfänger, welcher den Ton wiedergibt, betrachten. Schon dreißig Jahre vor Reis hatte man die Beobachtung gemacht, daß ein Elektromagnet unter gewissen Umständen einen Ton erzeugt, wenn der Strom rasch geöffnet und geschlossen wird. Bei passender Einrichtung wird dieser Ton eine Schwingungszahl haben, welche der Unterbrechungszahl entspricht. Wenn man nun einen zweiten Apparat einrichtet, welcher den Stromkreis in derselben Folge unterbricht und schließt, wie die Wellen eines Tones auftreten, so kann man durch Einschaltung eines solchen Apparates und des vorgedachten lautgebenden Elektromagneten in den Stromkreis den Ton, den man auf den ersteren wirken läßt, im zweiten wieder erscheinen lassen, und da beide Apparate voneinander entfernt stehen können, so erhält man eine Lautübertragung auf elektrischem Wege. Diese Idee erfaßte Reis und führte sie aus. Sein großes Verdienst ist es, daß er die Tonwellen in Stromänderungen umsetzte, welche mit der gleichen Geschwindigkeitszahl wie die Tonschwingungen wechseln, und diese Änderungen am entfernten Orte wieder als Töne erscheinen ließ. Damit war das Prinzip der Telephonie gewonnen, und wäre Reis besser unterstützt worden, hätten nicht Krankheit und Mißmut ihn an der Vervollkommnung seiner Erfindung gehindert, so hätte er vielleicht auch noch den Schluß gefunden, den einige Jahre später Bell der Erfindung gegeben hat.

Wir wollen uns nun ansehen, wie Reis die Stromunterbrechung im Rhythmus der Stromwellen erzielte. Zu diesem Zwecke hatte er sich den Mechanismus des Ohres zum Vorbilde genommen, bei welchem der ankommende Ton zunächst das Trommelfell trifft,

dieses in übereingehende Schwingungen versetzt und dann durch die anliegenden Knöchelchen weiter zum inneren Ohre übertragen wird. Diese mechanischen Vorgänge wendete Reis in seinem Geber an, den wir in Fig. 625 erblicken. Ein viereckiges Holzkästchen hat an der Seite ein Schallrohr, in welches man hineinspricht. Oben hat das Kästchen eine kreisrunde Öffnung, welche mit einer elastischen Membran überspannt ist; im übrigen ist es nach allen Seiten hin abgeschlossen. Spricht oder singt man in das Schallrohr, so wird der Ton die Membran treffen und in Schwingungen versetzen, welche denen des Tones gleich sind.

Nun hatte Reis oben in der Mitte der Membran ein Platinplättchen angebracht, das durch einen nach dem Rande gehenden Platinstreifen in Verbindung mit dem einen Pol der Batterie stand. Über der Membran war ein winkelförmiger Steg aus Metall auf dem Kasten befestigt, und dieser trug eine nach unten gerichtete Platinnadel, welche das Plättchen auf der Membran gerade berührte, wenn diese in Ruhe war. Von dem Messingsteg ging nun eine Leitung zu dem sofort zu beschreibenden Empfänger, und der

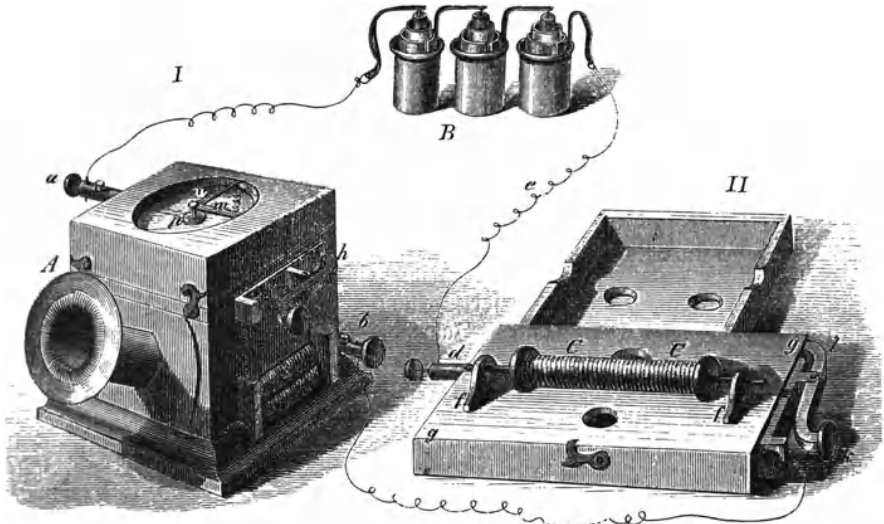


Fig. 625. Der Telephonapparat von Reis.

Strom wurde von diesem dann weiter zur Batterie zurückgeführt. Geriet nun die Membran unter Einwirkung des Tones in Schwingung, so wurde das Platinplättchen beim Abwärtsschwingen der Membran von der Nadel abgebracht, der Strom unterbrochen; beim Aufwärtsschwingen kam das Plättchen wieder mit der Nadel in Berührung, und der Strom wurde wieder geschlossen. Es erzeugte also jede Tonwelle einen Stromschluß und eine Unterbrechung, also einen gesonderten Stromstoß.

Der Empfänger bestand aus einer Stricknadel, welche horizontal auf einem Resonanzkasten befestigt und von einer Drahtspule umgeben war, durch welche der Strom geleitet wurde. Bei jedem Stromstoß wurde die Stricknadel magnetisch, und mit Aufhören des Stromes verlor sie den Magnetismus zum Teil wieder. Durch diesen Wechsel des Magnetismus entstehen Töne, welche den in den Geber hineingesprochenen gleich sind. Die weiteren Teile am Geber dienen zur Stromschließung und für den Anruf.

Mit dieser Vorrichtung ließen sich nun musikalische Töne ziemlich deutlich übertragen und in gewisser Beschränkung auch artikulierte Laute. Zu einer praktischen Verwendbarkeit ist der Apparat zwar nicht gelangt, denn dazu blieben seine Leistungen noch zu mangelhaft und zu unsicher; aber zweifellos ist Reis' Erfindung zum Fundament für die Telephonie geworden, denn auf seiner Erfindung haben andre weiter gebaut, hat Bell das heutige Telephon geschaffen.

Um Bells Anteil an der Erfindung des Telephons zu würdigen, müssen wir uns die Mängel des Reisschen Telephons klar machen. Bei diesem Apparate schießt der Sender eine Reihe von Stromstößen aus. Der im Empfänger mitschwingende Körper, sei es nun eine Stricknadel oder eine Membran, auf deren Verwendung merkwürdigerweise Reiss nicht verfallen ist, wird bei Beginn des Stromstoßes in eine bestimmte Richtung gerissen und für die Dauer des Stromstoßes nach dieser mit ziemlich unverminderter Kraft hingezogen, sozusagen festgehalten; hört der Stromstoß auf, so fährt der schwingende Körper zurück und ist sich selbst überlassen, bis der neue Stromstoß kommt. Die Anziehung erfolgt also sofort in größter Stärke und hält für eine gewisse Zeitdauer unvermindert an, um darauf wieder für eine Zeitdauer ganz aufzuhören. Zur deutlichen Wiedergabe des Tones ist es aber gut, wenn die Kraft, welche die Membran bewegt, allmählich anschwillt, abnimmt, um dann in entgegengesetzter Richtung zu- und darauf abzunehmen, so daß also die Membran auf ihrem ganzen Hin- und Herwege von dem Strome bewegt wird. Hierfür war in erster Reihe erforderlich, daß der Strom allmählich an- und abschwilt, daß die Stromstöße in Stromwellen verwandelt werden.

Aber auch der Empfänger muß so eingerichtet sein, daß die Membran mit anschwellendem Strom aus ihrer Ruhelage allmählich in ihre äußerste Lage gezogen wird, um dann beim Abschwellen des Stromes auf ihre Ruhelage zurück- und dann darüber hinaus zu einer zweiten äußersten Lage gelassen zu werden. Zu dieser sehr wichtigen Erkenntnis wurde Bell durch seine Versuche geführt, und nun wollen wir sehen, wie er das von ihm mit bewundernswertem Scharfblick erkannte Ziel in einfacher und genialer Weise erreichte.

Das Prinzip des Telephons. Wenn wir dem Pol eines Magneten einen Eisenanker nähern, so verstärken wir den Magnetismus des

Magneten, oder mit andern Worten, durch die Annäherung des Eisenstückes wird der Weg der aus dem Pole austretenden Kraftlinien verbessert, und es treten dadurch mehr von diesen Linien aus dem Pole heraus. Entfernen wir das Eisenstück, so muß entsprechend die Zahl der Kraftlinien abnehmen. Diese Erscheinung sahen wir in dem Breguetschen Minenzünder (Fig. 92) zur Anwendung für Stromerzeugung gebracht, und wir wollen an diesem Apparate noch einige weitere Erscheinungen erläutern, welche in folgendem von Bedeutung sein werden. Wir haben bei der Beschreibung des Apparates erwähnt, daß durch das Abreißen des Ankers, welches durch einen Schlag auf den Hebel bewirkt wird, die Zahl der Kraftlinien, welche von Pol zu Pol des Stahlmagneten durch die Eisenkerne der Spule und den vorgelegten Eisenanker gehen, vermindert wird und infolgedessen in den Spulen ein Stromstoß entsteht. Legen wir den abgerissenen Anker wieder an die freien Enden der Eisenkerne an, so wird der Weg für die Kraftlinien verbessert, ihre Zahl nimmt wieder zu, und es entsteht durch dieses Anschwellen ein neuer Stromstoß, aber von der entgegengesetzten Richtung desjenigen, welcher beim Abreißen des Ankers erzeugt worden ist. Würden wir nun den Anker in rascher Folge abreißen und wieder anlegen, so schießt der Apparat eine Folge von Stromstößen mit wechselnder Richtung aus. Wir leiten nun diese Wechselstöße durch die Spulen eines zweiten gleichen Apparates (Fig. 626). Offenbar werden nun die Stromstöße der einen Richtung die Eisenkerne der Spulen dieses Apparates derart magnetisieren, daß sie den durch den Stahlmagneten erzeugten Magnetismus in Polschuhen verstärken, während ihn die andern Stromstöße schwächen müssen. Denken wir uns nun an dem Anker des zweiten Apparates eine Abreißfeder angebracht,

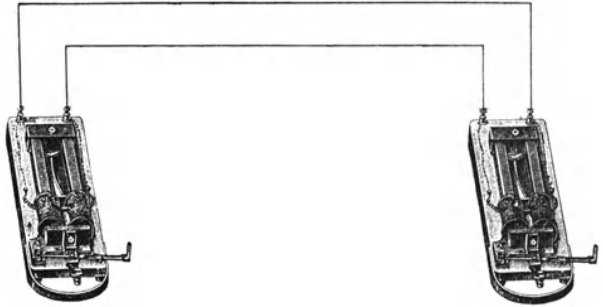


Fig. 626. Rhythmische Übertragung von Bewegungen durch zwei Breguetsche Apparate.

welche stark genug ist, die Anziehung der Pole zu überwinden, wenn der Magnetismus durch einen Stromstoß geschwächt ist, aber den Anker nicht zurückhalten kann, wenn der durch den Stromstoß der andern Richtung verstärkte Magnetismus ihn anzieht, so wird die rasche Folge der Stromstöße zur Folge haben, daß der Anker des zweiten Apparates bald von den Polen angezogen, bald durch die Feder abgerissen wird, und er wird sich in demselben Rhythmus bewegen wie der Wechsel der Stromstöße, also wie der Anker des ersten Stromerzeugenden Apparates. Würde der letztere eine so rasche Bewegung haben, daß er einen musikalischen Ton erzeugt, so würde auch der gleich schnell bewegte Anker der zweiten Maschine denselben Ton erzeugen. Denken wir uns die beiden Apparate in einer größeren Entfernung voneinander aufgestellt und durch Leitungen verbunden, so hätten wir das einfachste Beispiel einer elektrischen Übertragung eines Tones vor uns.

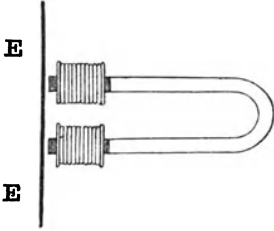


Fig. 627.
Erzeugung von Stromquellen durch eine schwingende Eisenmembran.

herein unmöglich ist, bedarf keines Nachweises, und wir sehen uns deshalb vor die Aufgabe gestellt, einen Eisenanker zu konstruieren, welcher genau wie der zu übermittelnde Ton schwingt und von diesem in Bewegung gesetzt wird. Die Aufgabe scheint keine leichte zu sein, denn die mechanische Wirkung eines Tones ist eine sehr kleine und erfährt noch durch die verschiedenen Umsetzungen manche Verluste. Zum Glück ist aber unser Ohr ein hochempfindlicher Apparat und vermag noch die nur mit den feinsten Instrumenten wahrnehmbaren Schwingungen der Luft deutlich zu erfassen.

Betrachten wir nun, wie der Ton einen Eisenanker in Schwingungen setzt und dadurch Stromstöße in derselben Geschwindigkeit wie seine eignen Schwingungen hervorbringen kann. Wir wissen aus der Akustik, daß elastische Platten, welche von einem Ton getroffen werden, in Schwingungen geraten; diese Erscheinung benutzen wir für unsere Zwecke. Wir spannen eine Platte aus dünnem Eisenblech $E_1 E_2$ in einen festen Rahmen (Fig. 627). Sie wird dann, wenn ein Ton sie von der einen Seite trifft, durch die einzelnen Verdichtungen und Verdünnungen der Luft, welche der Ton hervorruft, nach der einen und andern Seite hin ausgebogen werden und entsprechend der Tonhöhe schwingen. Stellen wir ihr jetzt auf der Rückseite einen Magnetpol gegenüber, welcher mit einem Polschuh aus weichem Eisen und darauf geschobener Drahtspule

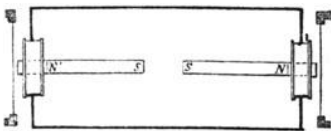


Fig. 628. Prinzip der telephonischen Lautübertragung.

bewehrt ist, so wird die Bewegung der Platte die aus dem Pol austretenden Kraftlinien in ihrer Zahl an- und abschwellend machen, und dieser Vorgang wird wie bei dem Breguetschen Apparate Stromstöße in der Spule hervorrufen. Freilich werden diese Stromstöße gegen die des Breguetschen Apparates sehr klein sein, aber sie genügen, um in einem zweiten gleichartigen Apparate, welcher durch Leitungen mit dem ersteren verbunden ist, den Magnetismus stärker und schwächer werden zu lassen, in derselben Art, wie wir es oben bei den beiden, miteinander verbundenen Breguetschen Apparaten erläutert haben. Wenn nun in dem zweiten Apparate (Fig. 628) die Anziehung des Magneten zunimmt, so biegt sich die Mitte der Eisenplatte $E_2 E_2$ nach dem Pole des Magneten hin; läßt die Anziehung nach, so bewirkt die Elastizität der Platte, daß die Ausbiegung kleiner wird, und so sehen wir, daß entsprechend dem Wechsel der Stromstärke die Mitte der Platte $E_2 E_2$ hin und her schwingen wird. Da nun die Platte $E_1 E_1$ mit derselben Zahl wie

der Ton, der sie trifft, schwingt und demzufolge auch ebenso rasch die wechselnden Stromstöße erfolgen, so wird auch die Platte $E_2 E_2$ mit der Platte $E_1 E_1$ in Übereinstimmung schwingen, und da diese letztere auf die umgebende Luft wirkt und dieser ihre Schwingungen mitteilt, so wird sie denselben Ton erzeugen, welcher bei der Wirkung auf die Platte $E_1 E_1$ vorhanden ist.

Auf diese Weise haben wir die elektrische Übertragung eines Tones erzielt und gleichzeitig bewirkt, daß die Stromstöße nicht plötzlich und mit Unterbrechungen, sondern wellenförmig in An- und Abschwellung und mit wechselnder Richtung erfolgen; die von uns erwähnten

Mängel des Reisschen Apparates sind also in der Bellschen Vorrichtung beseitigt und gleichzeitig ist der Apparat vereinfacht, und Sender und Empfänger zu einem identischen

Apparat geworden, so daß jeder der beiden Apparate in der einen oder andern Verwendung benutzt werden und dieselbe Einrichtung dem Hin- und dem Herrufe dienen kann.

Verschiedene Telephonkonstruktionen. Das Bell-Telephon (Fig. 629) besteht aus einem cylindrischen Holzkörper, welcher als Hülse und Griff dient. In der zentralen Bohrung liegt ein gerader Stahlmagnet, auf dessen oberes Ende ein Polschuh aus weichem Eisen gesetzt ist; über den letzteren wird dann die kleine Drahtspule geschoben und mit den Zuleitungsdrähten, welche durch das Holz des Griffes an die Klemmschrauben geführt sind, verbunden. Der Kopf des Griffes ist so weit ausgedreht, daß noch ein sechs bis zehn Millimeter breiter Rand stehen bleibt, auf welchem die Membran aufgelegt wird. Das auf den Kopf geschraubte Mundstück preßt die Membran fest und gibt ihr die nötige Spannung. In der Mitte des Mundstückes liegt die Schallöffnung, welche sich nach außen hin trichterförmig erweitert, um den hineingesprochenen Ton zu konzentrieren und auf die Mitte der Membran zu leiten. Für die Eisenmembran benutzt man Eisenblech von etwa zwei bis vier Zehntel Millimeter Stärke, welches zum Schutze gegen die Feuchtigkeit des Hauches an der Außenseite lackiert wird; zuweilen findet man auch Weißblech als Material für die Membran angewendet, das aber wegen seiner geringeren Elastizität weniger geeignet ist.

Um den Magnetismus und seine Schwankungen zu verstärken, setzte Werner

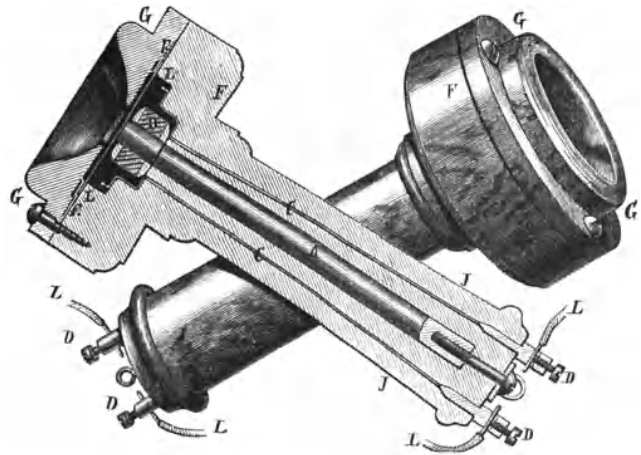


Fig. 629. Das Bell-Telephon.

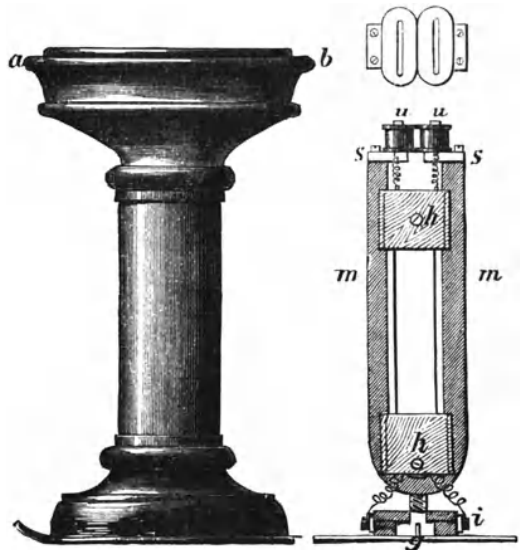


Fig. 630. Das Siemens-Telephon.

Siemens an Stelle des einen Poles, deren zwei und zwar entgegengesetzte, indem er statt des Stabmagneten einen Hufeisenmagneten anwendete. Unsere Fig. 630 läßt die Konstruktion dieses Telephons erkennen. Auf die Pole eines Hufeisenmagneten sind zwei kleine Winkel aus weichem Eisen SS geschraubt, welche die Polschuhe bilden und zwei flache Drahtspulen tragen. Die Zuleitungen zu den Spulen werden durch zwei an den Magnet geflemmte Holzstückchen h h gehalten und führen am unteren Ende des Magneten zu den Klemmschrauben, an welche die Enden der Leitungen befestigt werden. Siemens verwendete auch stärkere Membrane als seine Vorgänger, weil bei diesen die Kraftlinien einen besseren Weg haben und daher die Bewegungen der Membran stärkere Stromwirkungen erzeugen werden. Dieser Vorteil wird naturgemäß zum Teil durch die größere Starrheit der dickeren Membran wett gemacht, was sich namentlich dann als unvorteilhaft geltend machen wird, wenn das Telephon als Empfänger dient, in welchem die mechanische Einwirkung auf die Membran kleiner ist als im Sender.

Ebenfalls ein zweipoliges Telephon ist das von Alder in Paris, welches Fig. 631 und 632 darstellen. Hier sehen wir den Magneten zum ringförmigen Griff ausgebildet, welcher oben eine Metallkapsel trägt; diese umschließt die Pole und Polschuhe und trägt

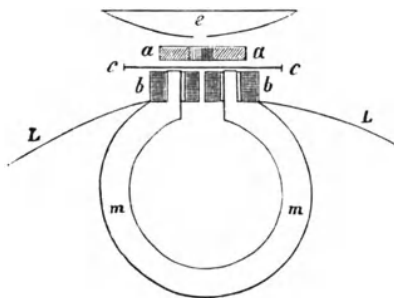


Fig. 631 u. 632. Das Alder-Telephon.

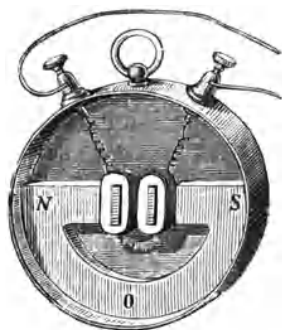


Fig. 633. Das Gower-Telephon.

Membran und Mundstück. Der Ringmagnet ist, wie Fig. 632 erkennen läßt, oben aufgeschnitten und trägt hier zwei Polschuhe mit den Spulen. Zwischen Membran und Mundstück ist ein Eisenring a a gelegt, welcher zur Verstärkung der magnetischen Wirkung dient. Abmessungen und Gewicht des Alder-Telephons sind erheblich kleiner als die des Siemens-Telephons, trotzdem hat dasselbe eine ausgezeichnete Wirkung, wo es als Empfänger benutzt wird.

Das Alder-Telephon hat namentlich in Frankreich eine große Verbreitung gefunden, wo es mit dem später zu beschreibenden Alder-Mikrophon vielfach in Fernsprechanlagen zur Anwendung gekommen ist.

Das Bestreben, das Telephon thunlichst handlich und leicht zu machen, das wir schon im Alder-Telephon befundet erblicken, hat Gower veranlaßt, dem Magneten eine solche Form zu geben, daß er in einer flachen runden Dose untergebracht werden kann. Wie er dies erreicht hat, lehrt uns unsere Fig. 633, welche nach dem Gesagten einer Erläuterung nicht bedarf. Bei einer derartigen Anordnung ist es möglich, das Telephon auf solche Abmessungen zu reduzieren, daß es in einer Westentasche Platz hat, ohne daß es dadurch an Deutlichkeit bei der Wiedergabe der Laute einbüßt. Eine andre Frage, die hier berührt werden mag, ist es, ob ein solcher flacher runder Körper, der mit gespreizter Hand gehalten wird, für längere Zeit bequem zu handhaben ist. Sedenfalls erscheint es bequemer und weniger ermüdend, wenn man das Telephon an einem Griff, welchen die ganze Hand umfaßt, halten kann. Etwas weiter unten kommen wir auf diese Frage noch zurück.

Eine verwandte Anordnung zeigt das Dofentelephon von Stöcker & Co. in Leipzig (Fig. 634), nur sehen wir bei ihm statt der zwei Spulen eine einzige, welche zentrisch in

der Dose liegt. Diese Spule umgibt den Polschuh des einen Poles; der zweite Pol trägt einen ringförmigen Schuh, welcher die Spule umgibt. Durch diese Anordnung werden die Kraftlinien ebenfalls und in wirksamer Weise konzentriert und durch die Membran geführt, und sie hat den Vorteil, daß sich die Wirkung des zentrischen Poles auf den Mittelpunkt der Membran richtet, während bei den früher beschriebenen doppelpoligen Telephonen die beiden Angriffspunkte exzentrisch, wenn auch in gleichen und entgegengesetzten Abständen vom Mittelpunkt stehen. Die Konzentrierung der Wirkung auf den Mittelpunkt der Membran gewährt den Vorteil, daß die Lautwiedergabe eine reinere ist als bei doppelpoligen Telephonen, deren Wirkungspunkte exzentrisch liegen, und daher sprechen auch die einpoligen Telephone, welche die Membran im Zentrum angreifen, im allgemeinen reiner, wenn auch nicht so laut, als die Telephone mit zwei nebeneinander stehenden Polen.

Die Einfügung des Magneten und der Spulen und die Anordnung der Membran und des Mundstückes beim Telephon Stöcker & Co. läßt unsre Fig. 635 erkennen, welche das Telephon im Vertikalschnitt zeigt.

Die kleinen Telephone, wie das von Alder und die Dofentelephone, haben zweifellos den Vorteil einer bequemeren Handhabung, welche bei dem gewichtigen Telephon von Siemens, wie es vorhin beschrieben wurde, wegen der schweren Magnete zu einer für die Dauer ermüdenden Kräfteanstrengung nötigt. Aber anderseits bietet die Anwendung starker Magnete und großer, dickerer Membrane den Vorteil, daß derartige Telephone lauter sprechen. In vielen Telephonanlagen, und so in denen der Deutschen Reichstelegraphenverwaltung, hat man sich deswegen für die schwereren Instrumente entschieden, ihnen aber durch eine geeignete Abänderung eine handlichere Gestalt gegeben, indem man den Magneten nicht senkrecht zur Membran stehen läßt, sondern ihn parallel zu derselben anordnet und nun ein löffelartiges Instrument gewinnt, welches sich an seinem Stiel bequemer ans Ohr halten läßt. Dieses dem Leser zweifellos aus den Fernsprechanlagen der Reichspost her bekannte Telephon, das wegen seiner Form mehrfach mit dem Küchenausdruck: Löffeltelephon genannt wird, zeigt unsre Fig. 636. Im Prinzip ist es dem früher beschriebenen Siemens-Telephon gleich, nur insofern weist es eine konstruktive Verbesserung auf, als die „Regulierung“ d. h. die Einstellung der Membran auf die wirksamste Entfernung von den Flächen der Polschuhe, nicht wie bei dem älteren Apparate durch die Bewegung des Magneten zu und von der Membran bewirkt wird, sondern die Membran verstellbar angebracht worden ist. Zu diesem Zweck umschließt den Kopf des Magneten ein ringförmiges Messingstück, das an seinem Außenrande ein Gewinde trägt; auf dieses letztere wird der Kopf des Telephons, der konische Teil, welcher die Membran trägt, aufgeschraubt, und hat hierfür ein

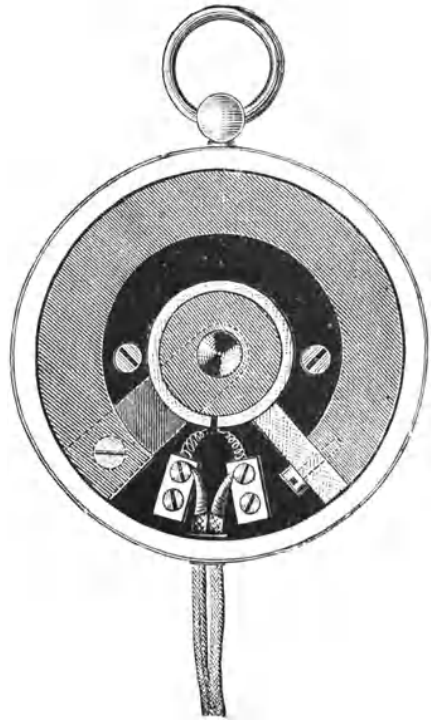


Fig. 634. Dofentelephon von Stöcker & Co

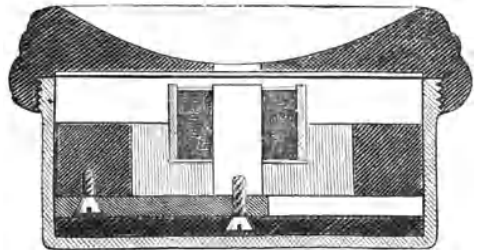


Fig. 635. Dofentelephon von Stöcker & Co. im Vertikalschnitt.

entsprechendes Muttergewinde in der unteren Öffnung. Der aufgeschraubte Kopf kann nun durch Drehung weiter vorwärts oder rückwärts geschraubt und dadurch die Membran den Polflächen genähert oder von ihnen abgebracht werden. Eine Klemmvorrichtung läßt nach bewirkter Einstellung der Membran den Kopf unverrückbar feststellen.

Ein älteres Telephon, das früher vielfach als Sender benutzt wurde — über den zweifachen Gebrauch des Telephons sprechen wir ausführlicher etwas weiter unten — ist das von Böttcher, welches die Eigentümlichkeit zeigt, daß bei ihm der Magnet mit-



Fig. 636. Neuere Telephon der Reichstelegraphenverwaltung; Köhler-Telephon.

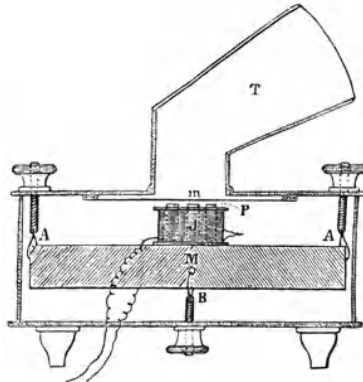


Fig. 637. Telephon von Böttcher.

schwingt und die magnetische und dadurch die elektrische Wirkung verstärkt. In einer flachen Metalldose (Fig. 637) ist ein Magnet M an einer Spirale in wagerechter Lage aufgehängt; dieser Magnet besteht aus zwei Magneten, welche in der Mitte der Dose mit den gleichen Polen zusammenstoßen.

Ein ganz eigenartiges Telephon von überraschender Einfachheit ist das von Dolbear, welches, wie Fig. 638 erkennen läßt, nur aus zwei dünnen Blechplatten besteht, die parallel und in geringer Entfernung voneinander liegen. Die eine Platte ist mit

der einen, die andre mit der andern Leitung verbunden, so daß also der Stromkreis nicht metallisch geschlossen, sondern zwischen den beiden Platten unterbrochen ist. Die Wirkung dieser Vorrichtung beruht darauf, daß der Stromstoß die eine Platte mit positiver, die andre mit negativer Elektrizität ladet, in ähnlicher Weise wie die auf S. 449 erwähnten Kondensatoren durch Stromstöße geladen werden. Die mit verschiedenen Ladungen versehenen Platten ziehen sich an, und da jeder Stromstoß, er mag in der einen oder andern Richtung erfolgen, beide Platten entgegengesetzt laden wird, so wird auch jeder Stoß eine Anziehung hervorrufen, jede darauf folgende Entladung die Platten infolge ihrer elastischen Wirkung wieder in die Ruhelage zurückschwingen lassen. Hier macht sich aber sofort ein Unterschied gegen die früher beschriebenen elektromagnetischen Telephone geltend; bei diesen erzeugte der eine Stromstoß eine Anziehung, der nächste von entgegengesetzter Richtung infolge Abschwächung der magnetischen Wirkung eine Entfernung der Membran von den Polen, es gehörten also zu einer vollständigen — hin und her gehenden — Schwingung der Membran zwei Stromstöße. Beim Dolbear-Telephon bewirkt aber jeder Stromstoß eine vollständige Schwingung, deshalb wird

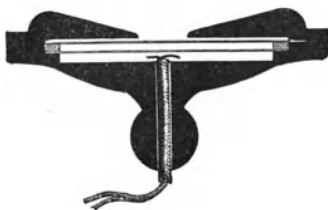


Fig. 638. Dolbear-Telephon.

der dieselbe Wellenstrom, der gleichzeitig zu einem elektromagnetischen und zu einem Dolbear-Telephon geleitet wird, in dem letzteren doppelt so viele Schwingungen erzeugen als im ersteren, oder mit andern Worten, der im Dolbear-Telephon hervorgebrachte Ton wird um eine Oktave höher sein als im elektromagnetischen. Neben dieser nicht immer vorteilhaften Veränderung der Tonhöhe steht der Verwendung des Dolbear-Telephons auch seine Lautschwäche entgegen; aber abgesehen von seiner geringen praktischen Bedeutung ist es ein Apparat, der nach der theoretischen Seite hin Interesse verdient, zumal er erkennen läßt, wie außerordentlich geringfügige Wirkungen das Ohr noch wahrnehmen kann.

Bei der engen Verwandtschaft, welche das Dolbear-Telephon in der Anordnung mit den Kondensatoren aufweist, läßt sich erwarten, daß auch diese einen Ton erzeugen, wenn

ihnen rasch wechselnde Ladungen zugeführt werden, und in der That läßt sich, trotzdem ihre Blätter nur eine geringe Bewegungsfreiheit haben, eine solche Wirkung erzielen, welche man gelegentlich für eine hübsche Spielerei, für das „singende Buch“ benützt hat. Zu diesem Zwecke werden abwechselnd Stanniol- und Papierblätter aufeinander gelegt und die Stanniolblätter, wie auf S. 449 erwähnt, nach Art eines Kondensators zu zwei Belegungen verbunden. Bringt man nun die beiden Belegungen durch Leitungen mit einem telephonischen Sender in Verbindung, so überträgt die Vorrichtung musikalische Töne. Die geschichteten Blätter kann man leicht in Buchform bringen, und wenn ein solches Buch an zwei Schnüren frei im Zimmer hängend plötzlich anfängt mit allerdings etwas piepiger Stimme zu singen, so bringt dies eine überraschende Wirkung hervor.

Das Telephon als Sender und Empfänger. Wir haben oben dargethan, daß das Telephon zwei Funktionen erfüllen kann. Wird seine Membran bewegt, so schießt es Stromstöße aus; erhält es Stromstöße, so bewegt es seine Membran, und der Wechsel der Stromstöße bleibt im gleichen Rhythmus mit den Schwingungen der Membran, gleichviel ob die einen oder die andern Wirkung oder Ursache sind. Das Telephon ist also ein umkehrbarer Apparat wie die Dynamomaschine, und wir können es daher an beiden Enden der Leitung benutzen, an dem einen als Stromerzeuger, als Sender, an dem andern als elektrischen Motor, als Empfänger. Sprechen wir also in eines von zwei derart verbundenen Telephonen hinein, so überträgt es die Lautwellen in Form von Stromwellen auf das andre Telephon, und dieses erzeugt wieder Lautwellen. Zwei Telephone und ihre verbindende Leitung stellen also die einfachste Vorrichtung zur Übertragung des Lautes auf elektrischem Wege dar.

Wir brauchen aber nicht bis auf die höchsten Höhen des menschlichen Erkennens zu klettern, um uns zu überzeugen, daß von der Energiemenge, welche wir bei der Erzeugung eines Lautes aufwenden, herzlich wenig bis in das Ohr unsres Zuhörers am andern Telephon gelangen wird. Zunächst gelangt ein großer Teil der von unserm Organ in die Luft gesendeten Energie gar nicht an die Membran des Telephons, denn der Schall verbreitet sich nach allen Seiten und nur ein Teil der Schallwellen trifft die Membran. Diese legtere entnimmt den Schallwellen wiederum nur einen Teil ihrer Bewegungsenergie, und von diesem Teil wird wiederum nur ein Teil in elektrische Energie verwandelt; von der letzteren geht ein Teil in den Leitungen, ein anderer in der Magnetisierungsarbeit, ein dritter in unnutzbaren Strömen verloren, und so bleibt bei dieser wiederholten Dividierung nur noch ein kleiner Bruchteil übrig, der in der Bewegung der Membran des Hörtelephons wieder erscheint. Aber auch dieses Energieteilchen gelangt nicht voll in das Ohr des Hörers, und wir danken es nur der genialen Konstruktion des Ohres, das an Empfindlichkeit dem Auge gleich, vielleicht sogar voransteht, wenn wir noch auf meilenweite Entfernungen hin das durch die Telephone übertragene Wort deutlich verstehen. Nebenbei gesagt, spielt allerdings die geistige Kombination, das Erraten, beim Verstehen eine wesentliche Rolle, und es ist bekanntlich schwer, telephonisch Worte zu verstehen, welche man noch nicht kennt, z. B. fremde oder unerwartete Namen.

Unter diesen Umständen erscheint das Telephon mehr geeignet, Stromwellen in Lautwellen umzusetzen, als umgekehrt Lautwellen in elektrische zu verwandeln, und man wird darauf hinstreben müssen, das Telephon als Sender wirksamer zu machen. Am nächsten läge es, die Abmessungen des sendenden Telephons zu vergrößern, um es für eine vermehrte Aufnahme der vom Munde ausgehenden Energie befähigt zu machen; aber die Erfahrung lehrt, daß dies seine Grenzen hat, und es erweist sich, daß das Telephon auch in seiner wirksamsten Konstruktion ein Sender von nur mäßiger Leistung bleibt.

Man schlug deswegen einen ganz andern Weg ein. Die vom Munde ausgehende Energie wurde nicht mehr als Betriebskraft der Wechselstrommaschine „Telephon“ — denn eine solche in Liliputformat ist ja das Instrument — benützt, sondern man wendete einen durch einen besonderen Stromerzeuger hervorgebrachten Strom für die dem Empfänger zu übermittelnde Energie an und benutzte die Energie der Stimme, des Lautes nur dazu, diesen Strom in wellenförmige Bewegung zu bringen, ihn in seiner Stärke auf- und abwärts zu regulieren. Um dies an einer größeren Einrichtung klar zu machen, denken wir

uns in die Leitung einen Rheostaten, wie ihn Fig. 212 gezeigt hatte, eingeschaltet. Es ist klar, daß wir unter geringer Aufwendung von Arbeit die Kurbel vorwärts und rückwärts drehen können, und daß diese Arbeit von der im Strom übermittelten Energie gar nicht abhängt, ebensowenig wie die Zugarbeit einer Lokomotive von der am Dampfhebel aufgewendeten Arbeit, nur von dessen Stellung abhängig ist. Es kam also nur darauf an, einen Stromregulierapparat zu konstruieren, welcher in übereingehender Bewegung mit den Lautwellen Widerstand in den Stromkreis ein- und ausschaltet und so den Strom auf- und niederschwanken macht. Dies ist nun in einem sehr einfach und klug erdachten Apparat erzielt worden, und zwar im Mikrophon. Bevor wir zu diesem interessanten Instrumente übergehen, noch eine Bemerkung; Reiss hatte, wie wir gesehen, die eigentliche Stromarbeit einem besonderen Stromerzeuger übertragen und den Lautwellen nur die Aufgabe gestellt, diesen Strom entsprechend den Lautwellen zu regulieren. Mit dem Mikrophon ist man also auf den Ausgang der Telephonie zurückgekommen, und dies verdient zu Ehren des ersten Erfinders der Telephonie hervorgehoben zu werden.

Das Mikrophon.

Wenn wir uns nun fragen, wie wir eine solche Regulierung eines Stromes, die ihn entsprechend den Tonwellen unsrer Stimme in seiner Stärke auf und nieder schwanken läßt, erzeugen können, so gibt uns das Ohmsche Gesetz eine erste Antwort auf diese Frage.

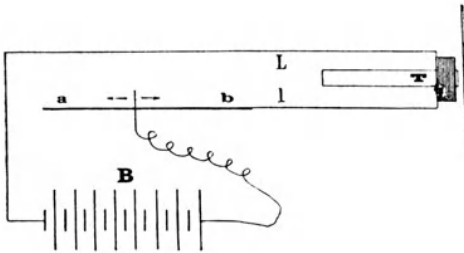


Fig. 639. Erzeugung von Stromwellen durch Widerstandsänderungen.

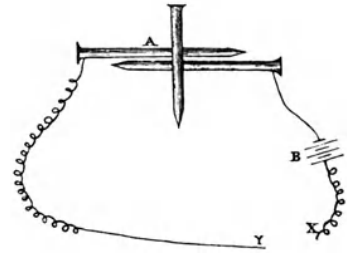


Fig. 640. Das Drahtstiftmikrophon.

Haben wir einen Stromkreis von einem bestimmten Widerstand vor uns und wirkt in demselben eine elektromotorische Kraft von einem bestimmten Grade, so wird auch die Stromstärke eine bestimmte Größe haben. Wenn wir nun durch irgend welche Mittel den Widerstand sich in gewissen Grenzen nach oben und unten ändern lassen, so muß auch die Stromstärke ins Schwanken kommen, sie wird für wachsenden Widerstand kleiner, für abnehmenden größer werden. Tragen wir nun Sorge, daß sich der Widerstand in Übereinstimmung mit den Tonwellen ändert, so werden in dem Stromkreise Schwankungen entstehen, welche denselben Rhythmus wie die Tonwellen haben, und leiten wir einen solchen schwankenden Strom durch ein Telephon, so muß sich die Membran desselben mit der gleichen Schwingungszahl bewegen, also einen Ton von der gleichen Höhe erzeugen, wie ihn derjenige hat, der die Widerstandsschwankungen hervorgebracht hat.

Um uns klar zu machen, wie eine solche Widerstandsänderung erzielt werden kann, denken wir uns eine Batterie B (Fig. 639) mit einem Telephon T verbunden. In die eine Leitung l haben wir ein blankes Drahtstück a b eingeschaltet und berühren dasselbe mit dem Zuleitungsdraht des einen Poles der Batterie. Fahren wir mit dem Ende des Zuleitungsdrahtes auf dem blanken Drahtstück hin und her, so wird von diesem Stücke bald ein größerer, bald ein kleinerer Teil eingeschaltet sein, und dementsprechend ändert sich auch der Widerstand des vom Drahtstück in den Stromkreis eingeschalteten Teiles. Da der Widerstand des übrigen Leitungskreises unverändert bleibt, so muß entsprechend der Verschiebung des berührenden Drahtendes auf dem blanken Drahte a b nach links oder rechts der Gesamtwiderstand des Stromkreises zu- oder abnehmen, es müssen Stromschwankungen entstehen, die Membran des Telephons sich also bewegen.

Wir könnten uns nun ja denken, daß der bewegliche Poldraht mit einer Membran verbunden wäre, gegen welche wir sprechen, und die also bei ihrer Bewegung das Drahtende auf dem blanken Drahte hin und her schieben würde, so daß wir also Stromschwankungen erzielen, die mit unsern Lautwellen in Übereinstimmung gingen. Praktisch wäre eine solche Anordnung aber nicht verwendbar, da eine geringe Verschiebung nicht genügend starke Schwankungen im Widerstand und in der Stromstärke hervorbringen würde und große Verschiebungen wegen der Reibung der beiden Drähte aneinander durch die schwache Kraft der Lautwellen nicht zu erzielen wären. Zum Glück steht uns aber ein andres Verfahren für die Widerstandsänderungen zur Verfügung. Wenn sich zwei Leiter lose berühren, so hat die Berührungsstelle einen gewissen Übergangswiderstand, und dieser ändert sich mit der Größe des Druckes, welcher die beiden Leiter gegeneinander drückt.

Wenn wir beispielsweise zwei Drahtstifte parallel nebeneinander legen (Fig 640), mit den beiden Polen einer Batterie verbinden und den Stromkreis durch einen dritten Drahtstift, der quer über die beiden ersten gelegt wird, schließen, so bilden die Berührungsstellen des oberen Stiftes mit den beiden unteren Widerstandsstellen, deren Widerstand von dem Druck, mit dem der oben liegende Stift auf dem unteren lastet, abhängt. Drücken wir auf den oberen Stift, so nimmt der Übergangswiderstand sofort ab und die Stromstärke zu. Aber wir haben eine solche grobe Wirkung gar nicht nötig, um die Schwankung der Stromstärke nachzuweisen, denn diese tritt schon ein, wenn wir auf den oberen Stift blasen, ja auch nur sprechen, und schalten wir ein Telephon in den Stromkreis ein, so wird die leiseste Druckänderung zwischen den Stiften im Telephon hörbar werden. Sprechen

wir gegen die Stifte, so wird jede Lautwelle den Druck der Stifte rhythmisch vermehren und vermindern, und es entstehen Stromschwankungen, welche im Telephon als gleicher Ton wiedergegeben werden. Klopfen wir auf die Tischplatte, auf welcher die Stifte liegen, so wird der hierdurch erzeugte Stoß die Stifte gegeneinander in Bewegung bringen, und es wird dadurch der Druck zwischen ihnen geändert werden, so daß auch hierdurch Stromschwankungen und Töne im Telephon erzeugt werden. Aber wir kommen auch hier mit weit schwächeren Wirkungen aus, und es genügt schon, daß wir unsre Taschenuhr auf die Tischplatte legen, um ihr Ticken im entfernten Telephon wahrzunehmen.

Man ersieht daraus schon, daß derartige Widerstandsänderungsvorrichtungen sehr viel stärkere Wirkungen hervorbringen, als das Telephon als Sender, und wir erhalten noch viel empfindlichere Apparate, wenn wir für die sich berührenden Leiter statt der Metallstäbe solche aus Kohle nehmen.

Ein derartiges Instrument ist das erste von Hughes konstruierte Kohlenmikrophon, welches in Fig. 641 dargestellt ist. Auf einem senkrecht stehenden Brettchen aus Resonanzbodenholz sind senkrecht übereinander zwei Kohlenstückchen C und C' befestigt, in deren zugekehrten Seiten halbkugelförmige Vertiefungen angebracht sind. Zwischen die Kohlen-

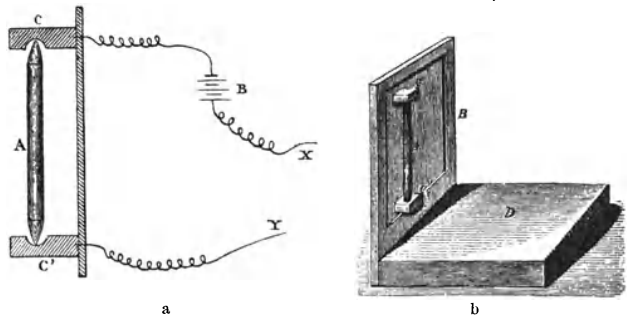


Fig. 641. Das Hughes-Mikrophon; älteste Form.

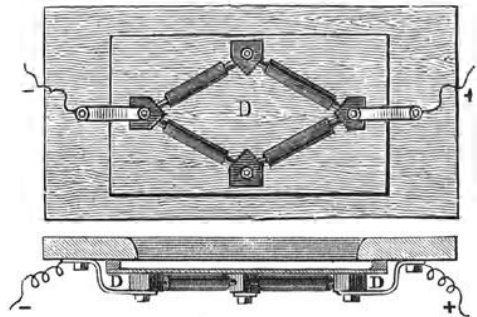


Fig. 642 a u. b. Crofley-Mikrophon.

stückchen stellt man in die Vertiefungen einen an beiden Enden zugespitzten Kohlenstab A und verbindet die Kohlenstückchen mit dem Stromkreis, in welchen eine Batterie und ein Telephon eingeschaltet sind. Spricht man jetzt gegen die Resonanzplatte, so hört man im entfernten Telephon deutlich die gesprochenen Worte. Ein leichtes Tupfen gegen die Platte erzeugt ein knatterndes Geräusch im Telephon, ein leichtes Blasen gegen die Kohle ein Brausen im Empfänger, und selbst der Fußtritt einer Fliege, die auf dem Resonanzbrettchen spaziert, wird noch deutlich im Telephon gehört.

Das einfache Mikrophon von Hughes ist von andern abgeändert und den praktischen Bedürfnissen angepaßt worden.

Die senkrechte Stellung des Kohlenstäbchens ist nicht ganz vorteilhaft, weil das lose Stäbchen sich in seinen Lagern bewegt und dadurch häufig ein schnarrendes oder knatterndes Geräusch im Telephon verursacht. Croßley brachte deswegen das Kohlenstäbchen in eine mehr wagerechte Lage, wobei es in den Lagern ruht und weniger leicht hin und her geworfen wird. Dieses Mikrophon von Croßley stellt untre Fig. 642 dar. Die Resonanzplatte ist in dem geneigten Deckel eines kugelförmigen Kästchens befestigt. Auf ihrer unteren Seite sind vier Kontaktstücke befestigt, in deren seitlichen runden Ausbohrungen die Zapfen der verbindenden Kohlenstäbe liegen. Der Strom tritt bei dem einen seitlich liegenden Kohlenstücke ein, geht in zwei Zweigen über die Verbindungsstellen zu dem gegenüber liegenden Kohlenstücke und verläßt bei diesem das Mikrophon.

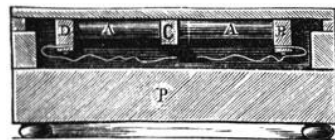
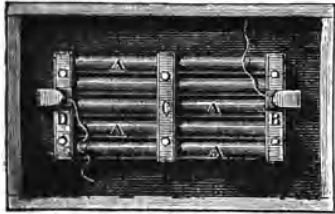


Fig. 643 u. 644. Aber-Mikrophon.

Verwandt mit diesen Konstruktionen ist das Mikrophon von Aber, das sich einen guten Namen erworben hat. Hier hat das Resonanzbrett die gleiche Lage wie bei dem vorigen Mikrophon; die zehn Kohlenstäbe (Fig. 643 u. 644) sind in zwei Reihen parallel nebeneinander gelegt und verbinden drei parallele Kohlenbalken, welche für die Aufnahme der Zapfen der Stäbe entsprechende Durchbohrungen erhalten haben. Der Strom tritt bei einem der seitlich stehenden Kohlenbalken ein und bei dem andern wieder aus. Vor dem Croßley-Sender hat die Aber-Konstruktion den Vorzug, daß sich der Mittelbalken an derjenigen Stelle der

Membran befindet, welche die stärkste Ausbiegung erleidet, so daß die Wirkung auf die Kohlenkontakte eine kräftigere ist.

Das Aber-Mikrophon gilt als eines der besten und hat in seinen verschiedenen Formen eine ausgedehnte Anwendung erlangt. Die Zahl der Kohlenstäbe kann eine beliebige sein; man erhält mit einem Kohlenstabe bereits eine gute mikrophonische Wirkung, welche jedoch mit der Zahl der Kontakte wächst. Über zehn Stäbe geht man im allgemeinen nicht hinaus, teils um die Membran nicht zu sehr zu belasten, teils weil eine weitere Vermehrung keine Verstärkung der Wirkung herbeiführt.

Im wesentlichen identisch mit dem Aber-Mikrophon, nur in der Zahl und Anordnung der Kohlenkontakte verschieden, ist das Mikrophon von Gower-Bell. Hier gehen acht Kohlenstäbe in radialer Stellung von einem zentralen Stück aus und münden in die seitlich auf Winkelbleche aufgesetzten Kohlenzylinder (Fig. 645); dieser Sender wird zum Aber-Mikrophon, wenn wir die drei Lagerstücke zu geraden, parallelen Balken werden lassen. Der Zweck der Gower-Bellschen Anordnung ist die thunlichste Beweglichkeit der Mittelstelle, welche beim Aber-Mikrophon durch den geraden Mittelbalken beeinträchtigt erscheint.

In Fig. 646 geben wir noch eine Ansicht einer Kohlenwalze, wie sie in den drei vorgenannten und späteren Mikrophonen als Verbindungsstück zur Anwendung kommt.

Das Croßley-, Aber- und Gower-Bell-Mikrophon haben den Nachteil, daß die Resonanzplatte angenähert wagerecht liegen muß, weil die Kohlenwalzen den Druck an den Kontaktstellen nur durch ihre Schwere bewirken. Nun bedingt die wagerechte Lage

der Sprechplatte, daß man bei Benutzung des Mikrophons den Kopf neigen muß, um gegen das Mikrophon zu sprechen; ohne Zweifel ist es aber erheblich bequemer, wenn man in aufrechter Haltung gegen eine senkrecht gestellte Platte, die in Mundhöhe liegt, sprechen kann, und deshalb suchte man die Mikrophone der vorgenannten Art dahin umzuformen, daß die Sprechplatte in eine senkrechte Stellung kommt.

Wenn man nun eines der vorgenannten Mikrophone einfach senkrecht stellen wollte, so würde man die Wirkung desselben bedenklich verschlechtern, denn bei der Bewegung der Sprechplatte würde nicht eine Vermehrung und Verminderung des Druckes an den Kontaktstellen hervorgerufen werden, sondern die Kohlenwalzen würden in den Zapflöchern rollen und dadurch ein störendes Geräusch im Telephon erzeugen. Dies ist leicht einzusehen, wenn wir Fig. 647 betrachten, welche uns einen Teil eines Kohlenbalkens mit Zapfloch und Zapfen von der Seite, sowie die senkrecht gestellte Sprechplatte P zeigt. Durch die Bewegung der Sprechplatte nach rechts wird die Wand des Zapfloches nicht stärker oder schwächer gegen die anliegende Fläche des Zapfens gedrückt, sondern der Zapfen gegen die linke Seite des Zapfloches geschleudert, so daß er rollt. Beim Aber-

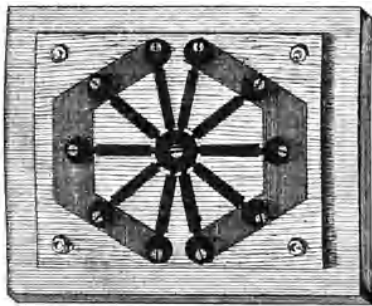


Fig. 645. Gower-Bell-Mikrophon.



Fig. 646. Kohlenwalze.

Fig. 647.
Rollende Bewegung
der Kohlenwalze in
den Zapflöchern.Fig. 648.
Die Kohlenwalze seitlich
an die innere Wand des
Zapfloches angebrückt.

und den andern vorgenannten Mikrophonen dagegen erfolgt wegen der wagerechten Lage der Sprechplatte die Bewegung der Balken gegen die Zapfen in einer Richtung, welche durch die Auflagestelle der Zapfen führt, so daß also hier der Druck thatsächlich vermehrt und vermindert wird.

Wollen wir nun bei der senkrechten Lage der Sprechplatte die gleiche Bewegung der beiden Kohlenteile gegeneinander wie bei der Aber-Konstruktion erzielen, so müssen wir statt der Schwere eine andre Druckwirkung anwenden, welche den Zapfen nicht an die untere, sondern an eine der seitlichen Flächen des Zapfloches legt, so daß nun (Fig. 648) der von Balken zum Zapfen gehende Druck durch die Auflagestelle geht und also hier den vorhandenen Druck vermehrt oder vermindert. Diese Wirkung ist auf verschiedenen Wegen zu erreichen, und wir wollen hier einige Konstruktionen dieser Art anführen.

Eine der einfachsten Anordnungen dieser Art ist die von Theiler, welcher zwei Kohlenstäbchen *kk* mit rundem Rücken parallel und senkrecht auf die Membran setzt und ein drittes Stäbchen *l*, das an einem Gummiband *g* hängt, darüber legt (Fig. 649), so daß es sich durch sein Gewicht mit Druck an die beiden senkrechten Stäbe anlegt. Wird die Membran bei der Bewegung nach rechts hinausgehoben, so wird hierdurch der Druck in den beiden Kontaktstellen vermehrt, bei entgegengesetzter Bewegung vermindert. Der Stromlauf im Apparat ist aus unsrer Figur ohne weiteres ersichtlich.

Eine bessere Konstruktion rührt von Dejongh her, welcher die Anzahl der Kontaktstellen vermehrt hat. In seinem Mikrophon sind zwei senkrechte Reihen von Kohlen-

plättchen (Fig. 650) auf die Membran gesetzt; die Plättchen jeder Reihe sind untereinander leitend verbunden und jede Reihe steht mit einer der Leitungen in Verbindung. Je zwei gleich hoch stehende Plättchen beider Gruppen sind nun durch eine anliegende horizontale Kohlenwalze verbunden. Diese Walzen liegen auf schräg in der Hinterwand befestigten Messingstiften und werden also durch die Schwere gegen die Kohlenplatten gedrückt.

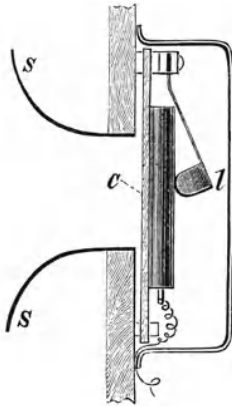


Fig. 649. Theiler-Mikrophon.

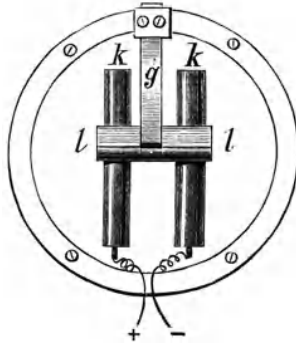
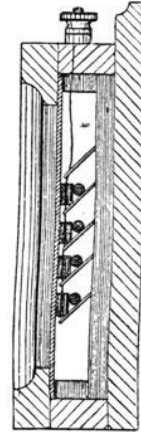


Fig. 650. Dejongh-Mikrophon.



Zweckmäßiger und einfacher als diese Konstruktionen ist eine andre, welche von der Aktiengesellschaft Mix & Genest in Berlin stammt und in den Fernsprechapparaten der Deutschen Reichspost ausgedehnte Anwendung gefunden hat. Bei derselben sind auf die Membran zwei Kohlenbalken gesetzt, welche nach Art der Uder-Anordnung durch Kohlenwalzen verbunden sind (Fig. 651). Um die Zapfen seitlich gegen die Wandung der

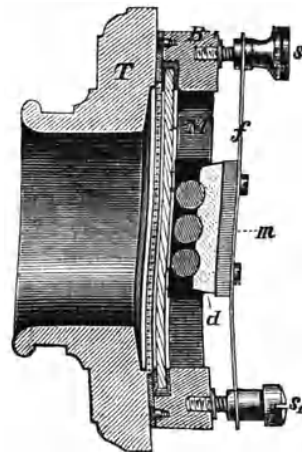
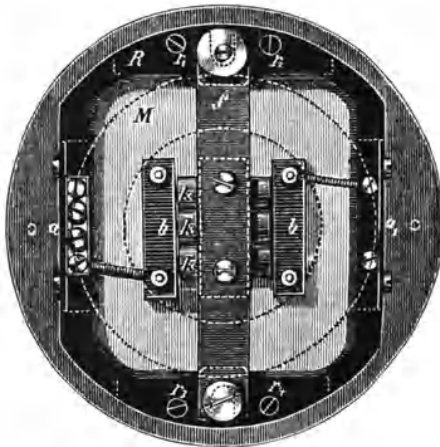


Fig. 651. Mikrophon von Mix & Genest.

Zapflöcher zu drücken, ist hinter den Kohlenwalzen ein federndes Rissen, das aus einem Streifen von dickem Filz besteht, angebracht. Dieses Rissen, das auf einer regulierbaren Feder sitzt, legt sich gegen die Mitte der Walzen und drückt ihre Zapfen an die der Membran zugewendeten Seiten der Zapflöcher an; seine Elastizität sichert den Walzen genügend Bewegung, damit sie ihre Lage gegen die Kohlenbalken etwas ändern und mit

mehr oder weniger Druck dieselben berühren können. Dabei ist aber jedes Rollen der Walzen wirksamst verhindert.

Der hier erreichte Zweck läßt sich auch durch andre mechanische Mittel erzielen, und es sind im Laufe der Jahre vielfache Abänderungen dieses Mikrophons aufgetaucht, die sich im Prinzip aber nicht von der hier gegebenen Anordnung unterscheiden.

Die im obigen beschriebenen Mikrophone benutzen mehrere Kontakte, welche gleichzeitig und in gleicher Weise durch die schwingende Membran beeinflusst werden. Man hat nun aber andre Konstruktionen verwendet, welche nur einen Kontakt und zwar in der Mitte der Sprechplatte, im Centrum der Bewegung haben. Dieselben haben vor den mehrkontaktigen Mikrophonen den Vorzug, daß sie den Schwingungen der Platte, welche bei ihnen weniger belastet ist, als bei den früher genannten Konstruktionen, besser zu folgen vermögen und daher die feinsten Abstufungen des Lautes besser wiedergeben.

Das älteste dieser einkontaktigen Mikrophone ist das von Berliner, welches in Fig. 652 abgebildet ist. Auf die Mitte der Eisenblechmembran ist ein kleines rundes Kohlenplättchen aufgesetzt, dessen äußere Fläche poliert ist. An dieser Fläche liegt der

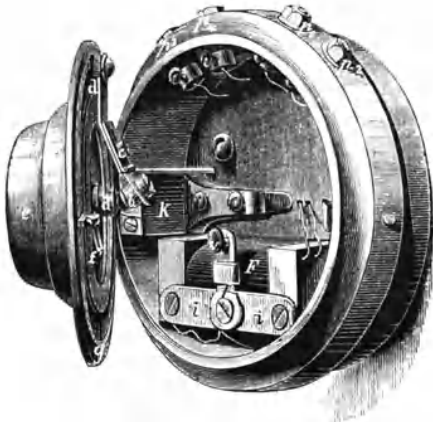


Fig. 652. Das Mikrophon von Berliner.

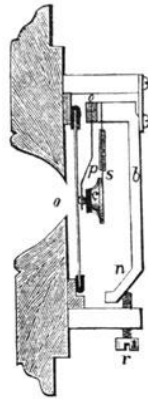


Fig. 653. Blake-Mikrophon.

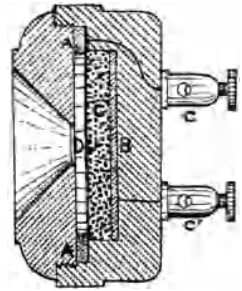


Fig. 654. Hunning-Mikrophon.

runde, polierte Kopf eines Kohlenzylinders an, welcher in eine Metallhülse gesteckt und mit dieser durch eine Feder an einem Arm befestigt ist. Der Strom wird der Kohlenplatte zugeführt, geht von dort aus durch die Berührungsstelle nach dem Kohlenzylinder und dann weiter in die Leitung. Bei der Bewegung der Membran wird nun die Kohlenplatte gegen den Kopf des Zylinders gedrückt bzw. von ihm abgedrückt und hierdurch der Übergangswiderstand geändert.

Empfindlicher noch als diese Vorrichtung ist das Mikrophon von Blake (Fig. 653), bei welchem die Membran durch keinen Kontaktkörper beschwert ist. Bei diesem Apparat legt sich ein Platinstiftchen oder Kügelchen, welches an einer feinen Feder befestigt ist, an die Mitte der Membran an und berührt mit seinem andern Ende die polierte Fläche eines gleichfalls federnd aufgehängten Kohlenplättchens. Die Nachgiebigkeit der Kontaktstücke und die Bewegungsfreiheit der Membran bedingen die hohe Empfindlichkeit und Leistungsfähigkeit des Apparates, welcher von allen Mikrophonen die Sprache am besten überträgt, aber eben wegen seiner Empfindlichkeit bei zu lautem Sprechen die Übertragung undeutlich macht und außerdem einer genauen Einstellung der Federn bedarf, welche sich leicht verändert.

Nach den Mikrophonen mit gesonderten Kontaktstellen haben wir noch diejenigen zu erwähnen, bei denen eine sehr große Anzahl Kontaktstellen von unbestimmter Form vorhanden ist, die Kohlenpulvermikrophone, deren Prinzip uns das älteste derselben, das von Hunning, erläutern wird. In einer flachen Holzdose (Fig. 654) sind parallel

zu einander und mit zwei bis drei Millimeter Abstand eine Kohlenplatte und ein Platinblech angebracht, von denen das letztere als Sprechmembran dient. Der Zwischenraum zwischen beiden Platten ist mit körnigem Kohlenpulver ausgefüllt. Wird nun in das Mundstück hineingesprochen, welches den Laut gegen die Mitte der Platinmembran leitet, so bewirkt die Bewegung derselben eine stärkere und schwächere Pressung des eingeschlossenen Kohlenpulvers und ändert dadurch den Widerstand dieser Schicht. Der Strom, welcher bei dem Platinblech ein- und an der Kohlenplatte austritt, wird also in seiner Stärke verändert werden.

Eine Abänderung dieses Hunning-Mikrophons bietet sich uns in dem „Universal-Transmitter“ von Berliner dar, welche Fig. 655 im Schnitt darstellt. Eine flache cylindrische Holzdose B ist mit der Öffnung nach unten an einem Holzkasten befestigt, welcher die später zu beschreibenden Teile eines Mikrophons aufnimmt. Auf diese Dose ist eine zweite geschraubt, welche sie abschließt und die Schallöffnung enthält; diese letztere klemmt die Metallmembran fest. Auf dem Boden der oberen Dose ist ein Kohlenblock C durch eine Schraube, welche außen eine Klemmschraube trägt, befestigt;

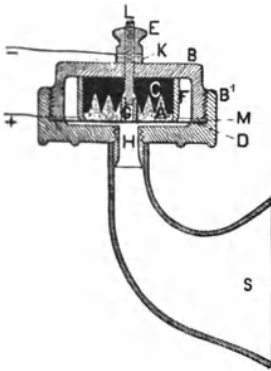


Fig. 655. Universal-Transmitter von Berliner.

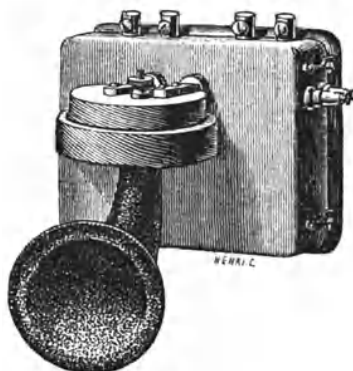


Fig. 656. Universal-Transmitter; Außenansicht.

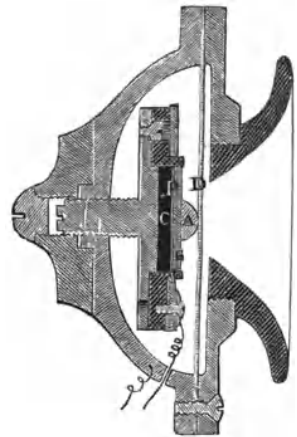


Fig. 657. Mikrophon von Edison.

derselbe enthält konzentrische Einschnitte mit Δ -förmigen Querschnitten. Eine Filzröhre umgibt den Kohlenblock und reicht bis auf die Membran herab. Der freibleibende Raum zwischen Membran und Kohlenblock ist mit Kohlenpulver angefüllt, auf welches die schwingende Membran in der bei der Beschreibung des Hunning-Mikrophons erläuterten Weise wirkt. Behufs Zuführung der Tonwellen an die Membran ist auf der unteren Dose eine trompetenartige, gebogene Schallröhre von Weichgummi angebracht, welche auf das im Schallloch steckende Rohrstück geschoben wird, und auf diese Weise wird erreicht, daß man ohne Neigung des Kopfes gegen das Mikrophon sprechen kann. Eine perspektivische Ansicht des Apparates gibt Fig. 656.

Dieses Kohlenpulvermikrophon von Berliner hat sich gut und namentlich auf langen Linien bewährt, wie sich denn überhaupt die Kohlenpulvermikrophone durch kräftige Wirkung auszeichnen.

Wir haben nun noch eines Senders zu gedenken, welcher zwar der Klasse der Mikrophone angehört, sich aber von den bisher beschriebenen Typen dadurch unterscheidet, daß in ihm nicht der Widerstand einer Übergangsstelle zwischen zwei Kohlenstücken, sondern derjenige eines Kohlenstückes geändert wird. Kohle hat nämlich die Eigenschaft, ihr Leitungsvermögen durch Druck zu ändern, und diese Eigenschaft benutzte Edison in seinem Sender, der aus dem Jahre 1878 stammt. Bei diesem Mikrophon ist eine runde Scheibe aus Kohlenstoff, etwa von der Größe eines Fünfpfennig- oder Markstückes, auf eine Metallplatte gelegt und von einem isolierenden Ringe eingeschlossen. Auf die Kohlen-

scheibe ist ein Platinblech gelegt, welches einen halbrunden Eisenbeinknopf trägt und mit ihm die Sprechmembran berührt. Der Strom geht nun von dem Platinblech durch die Kohlscheibe zu der Metallplatte, welche durch eine Regulierschraube der Membran genähert oder von ihr entfernt werden kann. Durch die Bewegung der Membran wird der auf die Kohlenplatte ausgeübte Druck geändert, und wegen der dadurch bedingten Veränderungen der Leitungsfähigkeit und des Widerstandes des Kohlenstückes werden Stromschwankungen erzeugt, welche den Bewegungen der Membran, also den Tontwellen entsprechen.

Die weiteren Teile des Apparates, Gehäuse und Mundstück, läßt unsre Fig. 657 ohne weiteres erkennen. Als bestes Material für die Kohlscheibe hat sich Lampenruß, der bei der unvollständigen Verbrennung von Terpentin entsteht, bewiesen, und aus diesem werden die Kohlscheiben durch Pressung gewonnen.

Die ganze Anordnung erinnert an die Kohlenpulvermikrophone, und es ist wahrscheinlich, daß auch bei dem Kohlenmikrophon von Edison im wesentlichen dieselben Ursachen mitspielen wie bei den Kohlenpulver- und den andern Mikrophonen, daß nämlich der Stromübergang von einem Kohlentheilchen zum andern durch den Druck erleichtert und bei Verminderung des Druckes verschlechtert wird.

Die induktive Übertragung der Stromwellen. Wir haben bisher angenommen, daß das sendende Mikrophon und das empfangende Telephon zusammen in einem Stromkreis liegen, wie dies das Schema (Fig. 628) gezeigt hat. Nun läßt sich leicht übersehen, daß die Stärke der Wirkungen, welche die Stromschwankung hervorrufen, im Zusammenhange mit dem Gesamt Widerstand der Leitung stehen wird. Haben wir im Stromkreis einen Gesamt widerstand von zehn oder zwanzig Ohm und betragen die Widerstandsänderungen im Mikrophon ein bis zwei Ohm nach oben und unten, so werden Stromwellen erzeugt werden, die im Verhältnis zur mittleren Stromstärke groß sind, sich also deutlich im Telephon hörbar machen werden. Wächst aber der Gesamt widerstand auf hundert und mehr Ohm, so werden die Wellen kleiner werden, da sich die Widerstandsänderungen im Mikrophon nicht ändern. Es würde dabei nichts nützen, daß wir die Wellen durch Vergrößerung der Stromstärke vergrößerten, denn ihr Verhältnis zur mittleren Stromstärke bliebe das gleiche.

Wir besitzen nun aber ein einfaches Mittel, die Stromwellen aus dem beeinflussten Strome auszuscheiden und sie allein dem Telephon zuzuschicken, können dabei auch den Widerstand des Mikrophonstromkreises auf verhältnismäßig geringer Größe halten. Dies erreichen wir in sehr einfacher Weise, indem wir die Stromwellen durch einen Transformator auf die zum Telephon führende Leitung übertragen. Zu diesem Zwecke benutzen wir unsre einfache, in Fig. 99 gegebene Vorrichtung und schalten die eine Spule derselben in den aus Batterie und Mikrophon gebildeten Stromkreis ein (Fig. 658). Die durch die Widerstandsänderungen hervorgerufenen Stromschwankungen werden bewirken, daß die im Eisenfern erzeugten Kraftlinien zu- und abnehmen, und zwar im selben Rhythmus wie die Stromstärke. Die Stromwellen wirken also gerade wie Wechselströme und erzeugen demnach in der zweiten Spule Wechselströme, welche zum Telephon gehen. Da wir durch entsprechende Bemessung der Windungszahl der zweiten Spule die Spannung der sekundären Ströme erhöhen können, so dürfen wir ein Telephon mit vielen Windungen anwenden und vermeiden bei dieser Anordnung, daß ein erheblicher Teil der ausgesendeten Energie auf der Leitung verloren geht.

Bei dieser Anordnung hängt die Stromstärke im Mikrophon nicht von der Länge der Leitung zum Telephon ab, und bei dem verhältnismäßig kleinen Widerstand des Mikrophonstromkreises kommen die Widerstandsänderungen in den Kohlenkontakten als große Stromwellen zur Geltung.

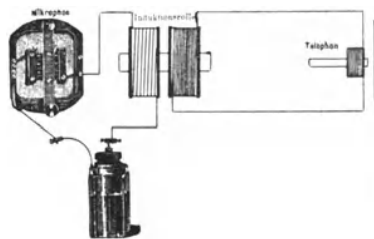


Fig. 658. Induktive Übertragung der Stromwellen.

Der Transformator, den wir bei diesen Übertragungen anwenden, ist sehr einfacher Art und besteht aus einer kurzen, etwa 6—8 Zentimeter langen Spule, auf welche zunächst als primäre Leitung, die in den Mikrophonstromkreis eingeschaltet wird, ein mit Seide umspinnener Draht von etwa 0,5—0,6 Millimeter Durchmesser in etwa 200 Windungen und über diesen ein dünnerer, in gleicher Weise isolierter Draht von 0,15 Millimeter in 1500—1800 Windungen gelegt wird. Als Eisenkern dient ein Bündel feiner Eisendrahte, das in den Hohlraum der Spule gesteckt wird. Zur Unterbringung dieses Induktors benutzt man zumeist das Gehäuse des Mikrophons, und so sehen wir schon in Fig. 652 die kleine Induktionspule F in das Gehäuse des Berliner-Mikrophons eingepaßt.

In ähnlicher Weise zeigt das in Fig. 659 abgebildete Mikrophon von Stöcker & Co., welches dem Typus von Fig. 651 angehört, die Induktionsrolle ist in dem kleinen Schränkchen, das als Mikrophongehäuse dient, untergebracht. Oben auf dem Apparate sehen wir vier Klemmschrauben stehen; zwei davon dienen dem Mikrophonstromkreise und eine derselben führt den Strom dem primären Drahte des Induktors und von dort weiter dem Mikrophon zu, von welchem aus er zur zweiten Klemme und weiter zur Batterie zurückgeht. Die beiden andern Klemmen sind mit den Enden des sekundären Drahtes verbunden und leiten die dort entstehenden Stromwellen in die Leitung zum Telephon.

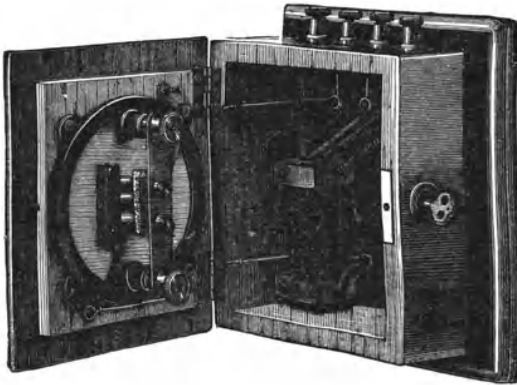


Fig. 659. Mikrophon mit Induktionsrolle.

Diese induktive Stromwellenübertragung werden wir nun stets anwenden, wo der Widerstand der Leitung gegen den des Mikrophons ein erheblicher wird. Auf kurzen Linien, im Hause u. s. w., kann man die Übertragung allerdings entbehren und den Fernsprechapparat darum einfacher gestalten.

Bei der unmittelbaren Übertragung kann das Telephon eine einfachere Form erhalten, indem man die Stahlmagnete fortlassen darf. Da nämlich bei der direkten Übertragung der Strom ununterbrochen das Telephon durchfließt, so wird

der Elektromagnet des Telephons, welcher durch die Spulen mit ihren Eisenkernen dargestellt wird, die Membran nach seinen Polen hin ausbiegen, beim Anschnellen dieselbe noch weiter anziehen und beim Abschnellen sie zurückschnellen lassen, so daß also analoge Schwingungen der Membran entstehen, wie bei dem früher beschriebenen Telephon mit Stahlmagnet. Es besteht aber hier der Mangel, daß die Membran, wenn der Strom ausgeschaltet ist, in ihre Ruhelage zurückgeht und beim Einschalten plötzlich nach den Magnetpolen ausgebogen wird. Bei solchen ruckweisen Anstrengungen der Membran leidet die feine Regulierung des Telephons, und dies dürfte auch der Grund sein, warum man den Stahlmagneten des Telephons nicht durch einen von einer Batterie erregten Elektromagneten ersetzt hat, was sehr einfach zu erzielen wäre und das Telephon kleiner und wirksamer gestalten ließe.

Die ruckweise Einwirkung auf die Membran wird bei direkter Übertragung auch bei den Telephonen mit Stahlmagnet stattfinden, und dies ist ein weiterer Grund, warum die direkte Übertragung nur in beschränktem Maße zur Anwendung kommt.

Die Schaltung und die Schaltungsvorrichtungen der Telephonapparate. Bei der Anwendung der Telephonapparate genügt es nicht, daß man von einem Orte zum andern sprechen kann, sondern man will auch zurückrufen können. Da das Telephon nun ein umkehrbarer Apparat ist, so wird die Schaltung für einen solchen Verkehr sehr einfach, denn wir haben nur die beiden Telephone, welche an den beiden entfernten Orten aufgestellt sind, durch zwei Leitungen zu verbinden, und können dann hin und her sprechen und hören, indem der Sprecher sein Telephon vor den Mund nimmt, der Hörer das

seine ans Ohr setzt. Weil nun aber der Wechsel der Rede es nötig macht, daß jeder der beiden sein Telephon bald an das Ohr, bald an den Mund bringt, so liegt es nahe, daß an jeder Stelle zwei Telephone angebracht werden, das eine zum Sprechen, das andre zum Hören. Auch dies bietet keine Schwierigkeiten, denn wir haben die Telephone nur hintereinander in die Leitung zu schalten, um den gedachten Zweck zu erreichen (Fig. 660). Wir könnten die beiden Telephone einer Stelle auch parallel an die Leitungen legen (Fig. 661), aber es empfiehlt sich dies weniger.

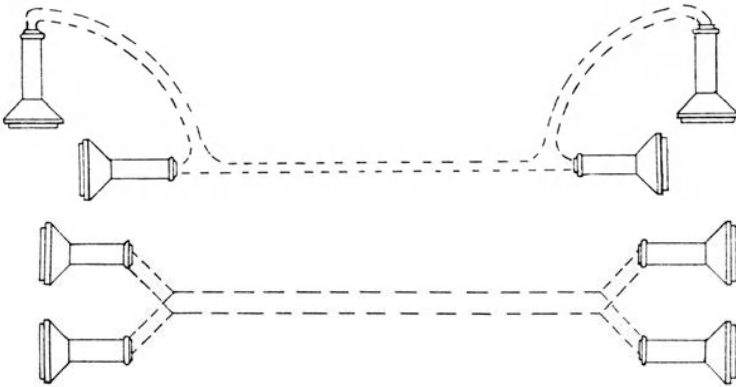


Fig. 660 u. 661. Reihen- und Parallelschaltung von Sprech- und Hörtelefon in einer Leitung.

So einfach, wie hier geschildert, gestalten sich nun die telephonischen Verkehrsverhältnisse in der Praxis nicht, denn es ist wohl nur eine Ausnahme, daß zwei Personen jederzeit in voller Übereinstimmung handeln und zur gleichen Zeit an ihr Telephon gehen werden; für gewöhnlich wird ein solches Einverständnis nicht vorhanden sein; zumeist will der eine dem andern etwas sagen, und damit dieser andre auch weiß, daß ihm etwas gesagt werden soll, muß er angerufen werden. Es muß also ein sichtbares oder besser ein hörbares Zeichen gegeben werden, welches den Anzurufenden darauf aufmerksam macht, daß er sein Telephon ans Ohr zu setzen hat.

Für diesen Anruf kann auf kürzeren Linien das Telephon selbst benutzt werden, indem man eine von Siemens & Halske erfundene Vorrichtung anwendet, die Lufttrompete. Dieselbe besteht aus einem konischen Hartgummirohr (Fig. 662), welches in die Schallöffnung des Telephons eingefügt wird. Das Innere des Rohres ist durch einen Messingwinkel in zwei Kammern geteilt und in den Winkel ist ein viereckiges Loch geschnitten, welches durch eine etwas absteigende Blattfeder *b* überdeckt wird. Bläst man in die obere Öffnung des Rohres, so gerät die Feder in Schwingungen und erzeugt einen klarinettenartigen Ton, welcher auf die Membran des Telephons übertragen wird und im andern Telephon, auf der anzurufenden Stelle, einen zwar dünnen, aber im Zimmer überall vernehmbaren Ton erzeugt; durch diesen wird der Anzurufende aufmerksam gemacht, daß man ihn zu sprechen wünscht. Zur Verstärkung des Tones sitzt unten im Messingwinkel noch ein beweglicher Stift, der mit seinem verdickten Ende auf der Membran ruht und bei dem Einblasen sich ebenfalls hin und her bewegt, wobei er einen klirrenden Ton auf der Membran hervorbringt und die Wirkung verstärkt.

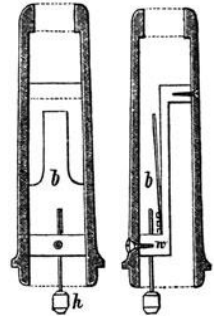


Fig. 662. Lufttrompete von Siemens & Halske.

Für größere Strecken und für einen stärkeren Anruf genügt diese Vorrichtung von schätzenswerter Einfachheit nicht, und man wendet deswegen die elektrische Klingel an. Damit kommen wir aber in die Schaltungen hinein. Es ist verständlich, daß wir die Leitungen, welche wir für die telephonische Übertragung benutzen, auch für den Anruf

werden anwenden wollen, denn zumal bei einer größeren Strecke würde die Anlage einer besondern Klingelleitung eine unerfreuliche Vermehrung der Anlagekosten bedeuten.

Wollten wir nun die Klingeln mit den Telephonen hintereinander schalten, so würden wir den Widerstand der Leitung erheblich vermehren und müßten starke Klingelbatterien anwenden, die telephonische Verständigung wäre erschwert und beim Klingeln würden die aufeinander folgenden Stromschließungen und =Öffnungen eine starke Bewegung der Telephonmembran erzeugen, die den Telephonen nicht sonderlich zuträglich wäre. Wir haben aber auch gar nicht nötig, eine solche Schaltung anzuwenden, vermeiden vielmehr die genannten Nachteile in einfacher Weise durch eine Umschaltung, durch welche für gewöhnlich nur die Klingelanlage mit der Leitung verbunden wird, während die angerufene Stelle ihr Telephon erst dann einschaltet, wenn der Anruf seine Wirkung gethan und den Anzusprechenden an das Telephon gerufen hat.

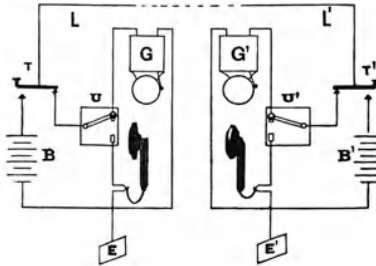


Fig. 668. Umschaltung für Anruf und Sprechverkehr.

Wie man auf einer Leitung hin und zurück rufen kann, das haben wir in der früheren Fig. 576 kennen gelernt. Diese Schaltung werden wir also auch bei der Verbindung zweier Telephonstationen anwenden. Um dieselbe für die weitere Umschaltung von Anrufapparat auf das Telephon verwendbar zu machen, haben wir nur noch einen Umschalter, wie er in Fig. 228 abgebildet ist, einzuschalten und haben damit den erstrebten Zweck erreicht. Demnach gestaltet sich unsere Schaltung in folgender Weise. Die Enden der Leitung L (Fig. 663) sind mit den Hebeln der beiden Tasten T und T' verbunden. Solange ein Hebel nicht niedergedrückt ist, verbindet er die Leitung mit dem Umschalter U bzw. U'. Diese Umschalter sind für gewöhnlich so gestellt, daß

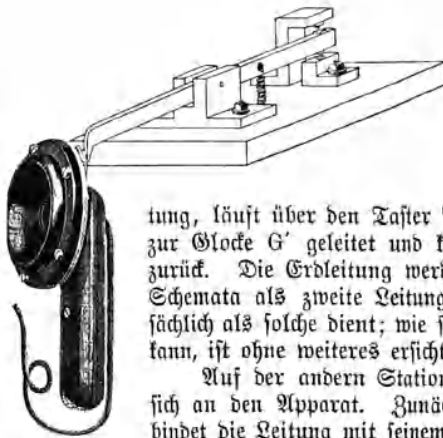


Fig. 664. Selbstthätiger Umschalter.

sie die Leitung mit den Glocken G und G' verbinden. Will nun eine Stelle die andre anrufen, so stellt sie zunächst ihren Umschalter U um, so daß die Leitung mit dem Telephon F verbunden ist, und drückt dann auf den Taster T. Dadurch wird die Leitung mit dem einen Pole der Batterie B verbunden, es geht ein Strom in die Leitung, läuft über den Taster T' nach dem Umschalter U', wird von diesem zur Glocke G' geleitet und kehrt durch die Erdleitung nach der Batterie zurück. Die Erdleitung werden wir, wie hier, so in den nachfolgenden Schemata als zweite Leitung benutzen, da sie in sehr vielen Fällen thätig als solche dient; wie sie durch einen besonderen Draht ersetzt werden kann, ist ohne weiteres ersichtlich.

Auf der andern Station läutet es jetzt, und der Angerufene begibt sich an den Apparat. Zunächst stellt er den Umschalter U' um und verbindet die Leitung mit seinem Telephon. Auf der anrufenden Stelle hatte der Rufende in Erwartung der Rückantwort, welche verabredetermaßen durch das Telephon erfolgt, sein Telephon an das Ohr genommen, und wenn nun der Aufgerufene in sein Telephon hineinspricht, so hört die erstere Stelle, daß man an der angerufenen Stelle für den Verkehr bereit ist. Nach Beendigung des Gespräches werden die Umschalter U und U' wieder auf die Glocken geschaltet, und damit ist die Anlage wieder für beiderseitigen Anruf bereit.

Zur Bethätigung des Umschalters benutzt man nun zumeist eine selbstthätige Einrichtung, bei welcher die Umschaltung dadurch erfolgt, daß man das Telephon an den Umschalterhebel hängt oder von ihm abnimmt. Es ist damit jedem Irrtum oder jeder Vergeßlichkeit vorgebeugt, denn wenn die aufgerufene Stelle antworten will, muß sie das Telephon von seiner Aufhängung abnehmen und schaltet damit ohne weiteres Zuthun die

Leitung auf das Telephon. Nach beendigtem Gespräch wird man auch bei größter Zerstreuung das Telephon nicht an seiner Leitung baumeln lassen, sondern es an seinen Platz hängen, und hiermit erfolgt dann wieder die Zurückschaltung auf die Anrufvorrichtung.

Ein solcher selbstthätiger Umschalter (Fig. 664) läßt sich in einfacher Weise herstellen. Ein Hebel ist drehbar gelagert; an seinem längeren Ende trägt er einen Haken, in welchem das Telephon hängt und durch sein Gewicht den Haken nach unten zieht. Dadurch wird das andre Ende des Hebels gegen den oberen Kontakt gelegt, der ihn mit der Anrufvorrichtung verbindet. Nimmt man das Telephon ab, so wird der entlastete Hebel durch eine am kürzeren Arm wirkende Feder derart bewegt, daß er sich an den unteren Kontakt legt, welcher mit dem Telephon verbunden ist.

Diese einzelnen Teile, welche für den telephonischen Sprechverkehr notwendig sind, werden wir nun in zweckmäßiger Weise in geschlossener Anordnung zu einem Apparate vereinigen. Ein einfaches Beispiel hierfür gibt uns der in Fig. 665 abgebildete Apparat, in welchem wir die drei Teile Telephon, Umschalter und Taster auf einem Brette angebracht sehen. Von den vier Klemmschrauben, welche wir auf demselben angebracht erblicken, dienen zwei zur Verbindung des Apparates mit Leitung und Erdleitung, während die beiden andern die Verbindung mit der Glocke herstellen; mit den zwei unteren wird die Batterie verbunden.

Ein etwas vollkommenerer Apparat ist der in Fig. 666 abgebildete. Bei diesem Apparate sind zwei Telephone benutzt, eins zum Sprechen, das andre zum Hören. Das erstere ist in dem Apparatgehäuse befestigt, während das andre am Haken des Umschalters hängt. Der seitwärts vom Umschalter stehende Taster besteht aus einer durch Druckknopf von außen bethätigten Feder, welche sich freigegeben an die mittlere Schiene, wenn abgedrückt dagegen an den oberen Metallbügel legt. Der vierte Apparat, den wir noch in dem Apparate angebracht erblicken, ist ein Spindelblykableiter, wie wir ihn auf S. 207 beschrieben haben.

Dieser Apparat wurde lange in den Zentralfernsprechanlagen der Deutschen Reichspostverwaltung benutzt und ist erst seit einigen Jahren durch die Mikrophonstationen derselben verdrängt worden. Die Außenansicht des Apparates gibt Fig. 667, welche auch die Verbindung der Klingel mit dem Apparate zeigt. Erheblich verwickelter wird die Schaltung der Telephonapparate, wenn man das Mikrophon zu Hilfe nimmt. Zunächst haben wir neben der selbstthätigen Umschaltung der Leitung noch eine selbstthätige Aus- und Einschaltung der Mikrophonbatterie nötig, denn man wird die Batterie nicht geschlossen lassen, wenn der Apparat nicht gebraucht wird. Selbstverständlich wird man nun die beiden selbstthätigen Schaltvorrichtungen derart verbinden, daß sie durch das An- und Abhängen des Telephons bethätigt werden, da sie beide in gleichem Sinne funktionieren sollen. Bei den Mikrophonapparaten ohne induktive Übertragung ist dies unschwer zu erreichen, denn die Ein- und Ausschaltung der Batterie findet gleichzeitig mit der des Telephons statt, wie dies die Schaltung Fig. 668 zeigt. Wird das Telephon abgenommen, so legt sich der Kontakthebel gegen

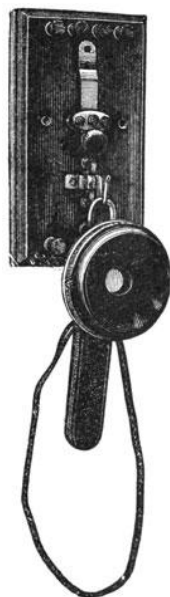


Fig. 665. Einfacher Telephonapparat.

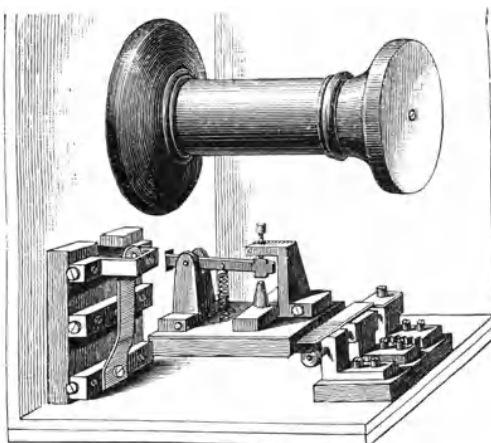


Fig. 666. Inneres des älteren Apparates der Deutschen Reichspostverwaltung.

den Kontakt, welcher den Sprechapparat einschaltet, wie dies beim vorigen Bilde erläutert worden ist; gleichzeitig werden aber auch Mikrophon und Batterie eingeschaltet. Der andre Pol der Batterie ist mit der Erde in Verbindung. Es geht dann der Stromweg über das Telephon durch das Mikrophon zu dem Umschalterkontakt und von dort aus weiter in die Leitung. Die weiteren Teile, Glocke, Taster und Anrufbatterie, haben wir fortgelassen, da sie in gleicher Weise wie in Fig. 663 angeordnet sind.

Wollen wir jetzt unsern Apparat für Induktionsübertragung errichten, so kompliziert sich die Schaltung weiter, da ein neuer Teil, der Induktor, hinzukommt. Zunächst sehen wir ein, daß wir zwei getrennte Stromkreise in dem Apparate erhalten, den Mikrophonstromkreis und den Telephonstromkreis, welche beide im Induktionsapparate induktiv verbunden sind. Der Mikrophonstromkreis wird auch hier durch den Umschalter beim Abhängen

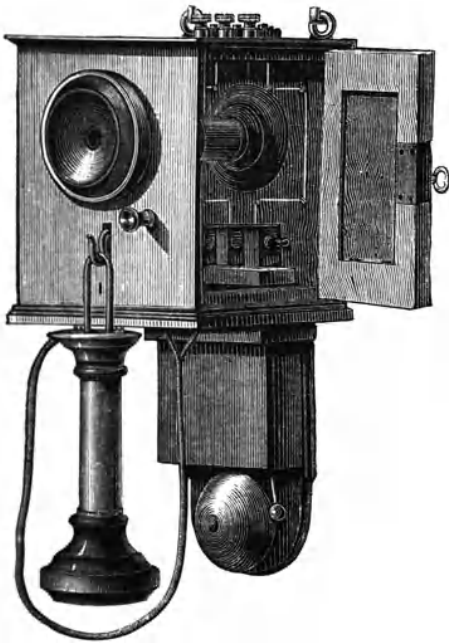


Fig. 667. Außenansicht des älteren Apparates der Deutschen Reichspostverwaltung.

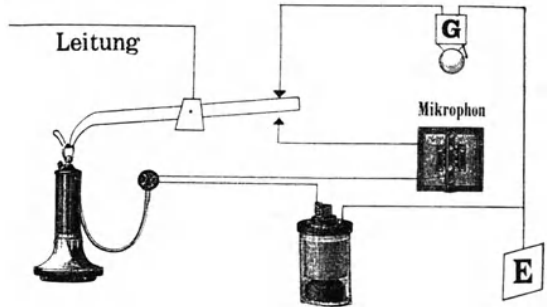


Fig. 668. Schaltungsvorrichtung bei Anwendung eines Mikrophons.

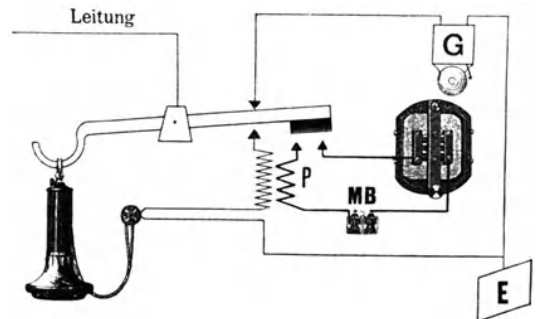


Fig. 669. Umschaltung bei Anwendung der induktiven Übertragung.

des Telephons geschlossen werden. Wir sehen zunächst (Fig. 669) Mikrophon *M*, Mikrophonbatterie *MB* und den primären Draht *P* der Induktionspule zu einem Kreis vereinigt, der bei Abnehmen des Telephons durch die beiden zugehörigen Kontakte am Umschalterhebel geschlossen wird. Die sekundäre Wicklung des Induktionsapparates ist mit dem einen Ende an die Erdplatte gelegt und in diesen Zweig ist das Telephon eingeschaltet, das andre führt nach dem zugehörigen Kontakt am Umschalter und bei abgenommenem Telephon weiter zur Leitung. Die vom Mikrophon erzeugten und durch den Induktionsapparat übertragenen Stromwellen gehen somit in die Leitung zur nächsten Station und kehren durch die Erde über das Telephon nach dem Induktionsapparate zurück.

Die hier gegebenen Schaltungen werden genügen, um erkennen zu lassen, wie man die für den Fernsprecbetrieb benötigten Umschaltungen und Verbindungen bewirkt, da sie die Grundlage für weitere Komplikationen abgeben; auf die letzteren einzugehen, unterlassen wir, da sie nur besonderen Zwecken von nebensächlicher Bedeutung dienen.

Verschiedene Fernsprechanlagen. Wir wollen nun einige gebräuchliche Formen der Fernsprechanlagen betrachten. Bei der Formgebung derselben waren neben ökonomischen

Rücksichten hauptsächlich die zweckmäßige Unterbringung der Teile und die bequeme Aufstellung und Handhabung maßgebend gewesen. Was die bequeme Handhabung angeht, so ist zu berücksichtigen, daß man einerseits dem Publikum möglichst wenig zumuten muß und darauf Bedacht zu nehmen hat, daß thunlichst jede Unbequemlichkeit bei der Benutzung des Apparates ausgeschlossen bleibt. Das Drücken eines Knopfes, das Abnehmen und Anhängen des Telephons, das Drehen einer Kurbel kann man dem Teilnehmer zutrauen; wollte man aber diese Verrichtung in bestimmter Verbindung verlangen, so ist sicher, daß ein solches Ansinnen den meisten Teilnehmern schon zu viel würde. Der Apparat muß deshalb so eingerichtet sein, daß er mit der gedachten geringen Zugabe seitens des Gebraucher's alles selbst besorgt. Diesem Zwecke dienen die selbstthätigen Vorrichtungen, wie wir sie geschildert haben. Es kommt nun darauf an, alle diese Vorrichtungen derart zu vereinigen, daß dem Gebraucher nur noch die Teile zugänglich bleiben, welche er zu benutzen hat. Alles weitere muß ihm entzogen bleiben, nicht nur um es gegen Staub zc. zu bewahren, sondern auch aus moralischen Gründen, denn bekanntlich spielen nicht bloß kleine Kinder gern mit Sachen, die sie nicht kennen, zumal mit elektrischen Vorrichtungen.

Bei den einfacheren Apparaten werden sämtliche Teile des Apparates in dem Gehäuse des Mikrophons untergebracht. Bei Mikrophonen vom Typus „Ader“ nimmt der Apparat dann die Form eines kleinen Kabinetts an, dessen Deckel die Schallplatte bildet. Unsrer Fig. 670, welche einen derartigen Fernsprechapparat von C. & G. Fein in Stuttgart zur Ansicht bringt, kann uns ein Bild dieser sehr verbreiteten Apparate geben. Auf eine Grundplatte, welche mit Schrauben an der Wand befestigt wird, ist das Mikrophongehäuse gesetzt. An der linken, uns nicht sichtbaren Seite ragt der Haken des Umschalterhebels heraus, an welchem das eine Telephon hängt; dieses muß stets benutzt werden, wenn man sprechen will, da durch seine Abnahme die Umschaltung bewirkt wird. Auf der vorderen Seite tritt der Knopf des Anrufumschalters hervor, den man zur Benachrichtigung der andern Stelle zu drücken hat. Auf dem unteren Teile der Grundplatte stehen die Klemmschrauben, zwei für die Mikrophon-, zwei für die Anrufbatterie. Oben sind zwei Klemmen aufgesetzt, von denen die eine zur Verbindung mit der Leitung, die zweite für die Erdleitung dient. Die große Scheibe über dem Apparate ist ein Blizableiter; derselbe besteht aus zwei runden, geriefelten Metallplatten, die mit geringem Zwischenraum übereinander liegen (vergl. S. 207), und von denen die eine mit der Leitungs-, die andre mit der Erdklemme verbunden ist.

Bei Mikrophonen mit senkrechter Sprechplatte gestaltet sich die Anordnung des Apparates vorteilhafter, weil er die Form eines flachen Schränkchens erhält, das auch die Glocke unschwer aufnehmen kann. Ein derartiger Fernsprechapparat von Stöcker & Co. in Leipzig ist in Fig. 671 u. 672 abgebildet. Die Thür des Schränkchens hat einen kreisrunden Ausschnitt, welcher die Schallöffnung für das Mikrophon bildet. Hinter demselben

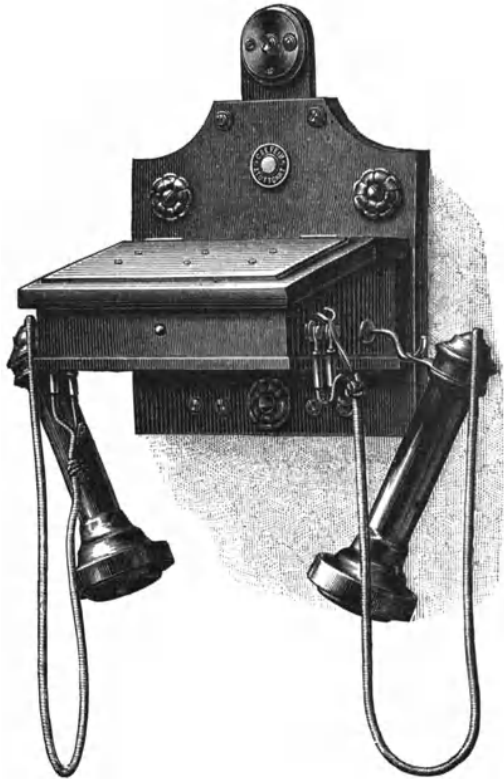


Fig. 670. Fernsprechapparat mit Ader-Mikrophon.

liegt die Schallplatte mit den Kohlen und der Bremsvorrichtung, wie dies Fig. 651 bereits erkennen ließ. Innen sehen wir auf der linken Seite den Taster angebracht, der durch den in Fig. 652 links sichtbaren Knopf bethätigt wird. Auf der rechten Seite erblicken wir die Induktionsrolle und den Umschalterhebel, der sich bei seiner Bewegung unter die Blattfedern schiebt und dabei die entsprechenden Stromverbindungen herstellt. Der frei bleibende untere Raum ist mit dem Mechanismus der Kaffelklingel besetzt, deren Glocke außerhalb des Apparates und unter demselben liegt. Zur Verbindung des Mikrophons mit dem Apparat dienen die Scharniere, auf welche noch zur größeren Sicherheit Kontaktfedern gesetzt sind, die sich beim Schließen der Thür aneinander legen.

In etwas anderer Form erscheint uns der heute von der Deutschen Reichspostverwaltung für die Teilnehmerstellen angewendete Apparat, welcher in Fig. 673

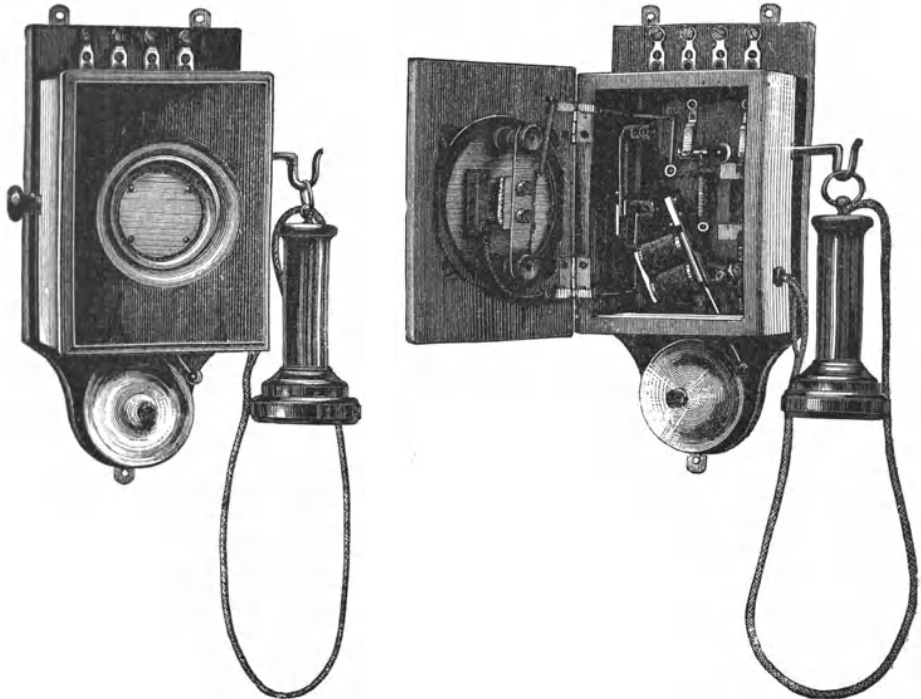


Fig. 671 u. 672. Fernsprechapparat mit senkrechter Mikrophonmembran.

abgebildet ist. Die innere Einrichtung ist im Prinzip die gleiche, wie bei den eben erwähnten Apparaten, nur sind die Konstruktionen der einzelnen Teile entsprechend der größeren Beanspruchung durch das nicht immer rücksichtsvolle Publikum stärker gehalten.

Statt des Batterieanrufes, der durch den Druck auf die Läutetaste veranlaßt wird, bedient man sich in vielen Fällen des Magnetinduktors in Verbindung mit einer Wechselstromklingel, wie wir sie in Fig. 548 kennen gelernt hatten. Dem Induktor gibt man für diese Zwecke eine Form, in welcher er bequem in den Apparat eingepaßt werden kann, und bedient sich zur Übertragung der Kurbelbewegung auf die Ankerwelle eines Zahnrades, das in das auf die Ankerwelle gesetzte Triebrad eingreift. Dieser Induktor wird mit der Wechselstromklingel in einem Kasten untergebracht und dann mit dem Telephonapparat auf ein gemeinsames Grundbrett gesetzt. Zuweilen bringt man auch den Umschalterhebel für das Telephon in diesem Kasten unter. Eine solche Telephonstation mit Blase-Mikrophon zeigt uns Fig. 674, die einen von der „Bell Telephone Man. Co.“ in Antwerpen gebauten Apparat darstellt. Der unterste der drei auf dem Grundbrett stehenden Kästen nimmt die Mikrophonbatterie auf.

Wird ein Hunning- statt des Blake-Mikrophons benutzt, welches wegen seiner Empfindlichkeit vor den bei der Induktorbewegung entstehenden Erschütterungen bewahrt bleiben muß, so kann auch das Mikrophon in dem Induktorkasten untergebracht werden, und man erhält dann sämtliche Apparate in einem Gehäuse vereinigt. Die Anordnung derselben läßt Fig. 675 erkennen, welche ebenfalls einen Apparat der vorgenannten Fabrik darstellt.

Der an der Wand befestigte Fernsprechapparat hat in einer festen Aufstellung einen Mangel. Zunächst hat man zu berücksichtigen, daß die Mundhöhe der verschiedenen Menschen verschieden ist, und wenn zwei Leute von erheblicher Differenz im Wuchse denselben Apparat zu benutzen haben, muß der eine sich auf die Zehen stellen, oder der andre mit krummem Rücken sprechen, und solche Anstrengung veranlaßt oft, daß ein unfreundlicherer Ton ins Mikrophon gelangt, als er bei bequemer Stellung gesprochen wäre. Außerdem ist es nicht immer angenehm, zum Apparat hingehen zu müssen. Bei der Nervosität unsrer Zeit ist es wenig zuträglich, wenn man eben mit jemand telephonisch gesprochen und plötzlich, nachdem man sich wieder an seine Arbeit gesetzt und den Faden aufgenommen hat, durch einen neuen Klingelruf aufgeschreckt wird. Diesem Übelstande abzu- helfen, entstanden die Tischapparate, bei denen man von seinem Schreibfessel aus die Unterhaltung führen kann. Anfangs waren dies kleine, auf dem Tisch aufstellbare Apparate mit stehendem Mikrophon. Neuerdings hat man aber das Telephon in bequemer Weise durch einen Handgriff mit dem Mikrophon vereinigt und führt beide Apparate gleichzeitig und mit einer Hand, den einen an das Ohr, den andern an den Mund. Fig. 676 zeigt einen solchen Handapparat; derselbe wird beim Nichtgebrauch an den Träger, der auf dem Tisch steht und sowohl Umschalter wie auch Druckknopf enthält, gehängt und ist somit bequem zur Hand, kann auch, da er mit der Leitung durch eine biegsame Schnur verbunden, auf dem Tisch verstellt werden. Die Beweglichkeit, welche die Leitungsschnur des Handapparates gestattet, ermöglicht es, daß große und kleine Personen ihn mit derselben Bequemlichkeit benutzen können, und aus diesem Grunde sind derartige Apparate recht beliebt geworden.

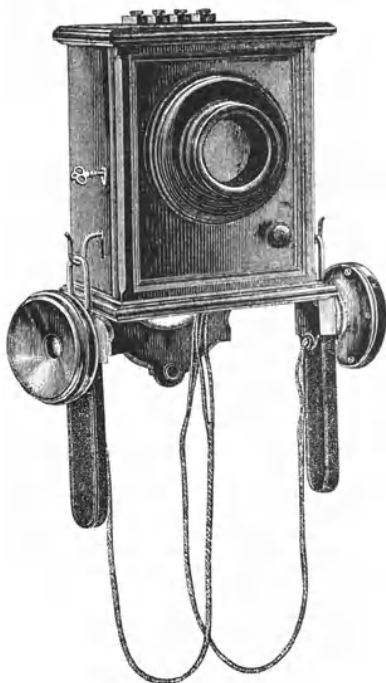


Fig. 673. Neuerer Fernsprechapparat der Deutschen Telegraphenverwaltung.

Um auch die Wandapparate kleinen und großen Körperlängen anzupassen, hat man in England Gleitgestelle eingeführt, auf denen der Apparat hoch und niedrig geschoben werden kann.

Ein sehr niedlicher und wirksamer Hausstelephonapparat von Abdank-Abakanowicz ist unlängst durch die Antwerpener „Bell-Telephon-Gesellschaft“ in den Handel gebracht worden. Es ist dies ein Mikrotelephon ohne induktive Übertragung, also für kürzere Strecken, wie sie bei Hausanlagen in Frage kommen, berechnet. Ein rechteckiges Hartgummikästchen (Fig. 677) von 7 Zentimeter Höhe und gleicher Breite und etwa 3 Zentimeter Tiefe, hat in der vorderen Wand eine runde Öffnung, welche durch die Mikrophonmembran verdeckt wird. Oben auf dem Apparat befindet sich eine gebogene Blattfeder, welche einen Kontaktstift berührt und das Mikrophon mit der Batterie und der Leitung in Verbindung bringt. Die Ausschaltung des Mikrophons und Einschaltung der Klingel behufs Anruf erfolgt dadurch, daß die Blattfeder von dem Kontaktstift abgehoben und mit dem vor dem Stift stehenden gebogenen Metallstreifen in Verbindung gebracht wird. Zu diesem Zweck sitzt auf dem Telephon ein Stift, der in der Mitte eine kugelförmige Verdickung trägt.

Steckt man diesen Stift in die Ose des Metallstreifens und legt das Telephon an den Apparat, so wirkt der Stift hebelartig auf die Blattfeder, hebt sie von dem Kontaktstift ab und bringt sie durch den Stift des Telephons mit dem gebogenen Metallstreifen in Verbindung, wodurch die Umschaltung bewirkt ist. Das Aufhängen und Abnehmen des Telephons stellt also auch hier die benötigten Verbindungen her, wenn auch durch einen etwas andern Mechanismus, als wir ihn bisher kennen gelernt haben. Seitlich am Kästchen erblicken wir einen Kontakthebel für Abgabe des Anrufzeichens. Es ist ersichtlich, daß es sich bei dieser Konstruktion um thunlichste Vereinfachung für eine billige Herstellung handelte. Der Apparat ist darum aber doch sehr wirksam und für die Zwecke der Haus-telephonie ausreichend zuverlässig.



Fig. 674. Fernsprechapparat mit Induktoranruf und Plate-Mikrophon.

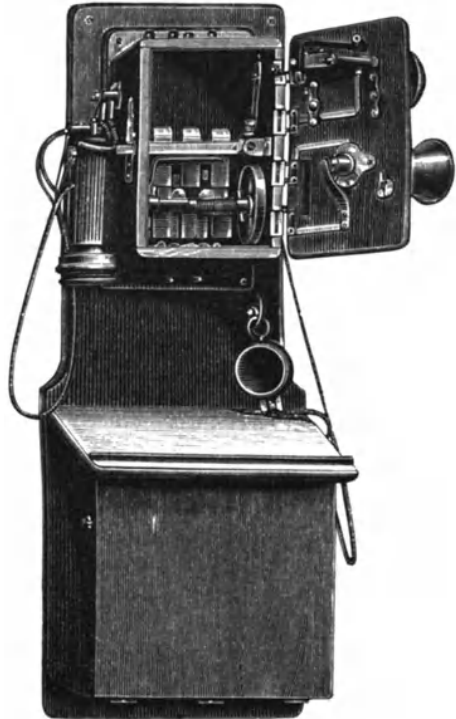


Fig. 675. Fernsprechapparat mit Induktoranruf und Sunning-Mikrophon.

Die Umschaltvorrichtungen. In vielen Fällen ist der telephonische Verkehr nicht auf zwei Stellen beschränkt, sondern entweder soll eine Stelle mit mehreren andern sprechen können, oder in weitergehender Weise von mehreren Stellen jede mit jeder andern verkehren. Den ersteren Fall können wir darauf beschränken, daß die eine, die Hauptstelle, sich beliebig mit den andern Stellen verbinden und mit ihnen verkehren kann; soll auch jede Nebenstelle die Hauptstelle beliebig anrufen können, so kommen wir zu Einrichtungen, welche im zweitgenannten Falle angewendet werden, und können also diese Einrichtung mit dem zweiten Fall abhandeln.

Was nun den Anruf einer beliebigen Nebenstelle von einer Hauptstelle aus und die Verbindung der letzteren mit einer der ersteren angeht, so haben wir diesen Fall nur dann als einen besonderen zu betrachten, wenn die Zahl der Nebenstellen klein ist; sobald sie größer wird, kommen ebenfalls Einrichtungen, wie sie der zweite Fall erfordert, in Gebrauch.

Die beliebige Verbindung einer Hauptstelle mit einer Nebenstelle, welche von und nach Willen der ersteren bewirkt wird, läßt sich in überaus einfacher Weise durch einen Umschalter erreichen, wie wir ihn für zwei Stromwege in Fig. 228 abgebildet hatten.

Indem man die Zahl der Kontaktstücke vergrößert, kann man die Zahl der Stromwege, mit denen man den Hauptapparat verbindet, vermehren; es bietet diese Einrichtung also kaum etwas Besonderes dar. Höchstens finden wir in den verschiedenen Konstruktionen des Umschalters etwas Bemerkenswertes, und wir wollen mit einigen Worten auf die verschiedenen Formen eingehen. Der mit verstellbarem Hebel versehene Umschalter ist nicht immer bequem; man benützt deswegen zuweilen eine andre Einrichtung, einen Stöpselumshalter einfachster Art. Auf einem Holzbrettchen sind (Fig. 678) sechs rechteckige, längliche Messingstücke geschraubt, von denen ein jedes durch eine Kopfschraube mit einer der Leitungen der sechs Nebenstellen verbunden ist. Eine siebente Klemme ist mit der vom Hauptapparat kommenden Leitung verbunden und steht weiter mit einer biegsamen Leitung in Verbindung. Diese Leitungsfhnr endigt in einem konischen Metallstöpsel, welcher gut in die konischen Löcher in der Mitte eines jeden der sechs Messingstücke paßt. Setzt man nun den Stöpsel in das zugehörige Loch eines Messingstücks, so ist der an dasselbe angeschlossene Nebenapparat mit dem Hauptapparat verbunden. Man sieht ohne weiteres, wie die Vorrichtung für beliebig viele Nebenstellen eingerichtet werden kann. Der hier in Frage kommende Fall wird übrigens nicht oft vorkommen, vielleicht dort, wo ein Chef mit verschiedenen Stellen seines Geschäftsbetriebes sprechen will, ohne daß es erforderlich oder gestattet ist, daß die Stellen auch den Herrn Chef ohne seinen Anruf behelligen. Im allgemeinen wird man es vorziehen, die Stellen derart in Verbindung zu bringen, daß ihnen eine allgemeine Verkehrsfreiheit geboten ist, und damit kommen wir auf den zweiten Fall, in welchem der Telephonverkehr seine eigentliche Bedeutung gewinnt.



Fig. 676. Handfernspiechapparat.

Wir haben früher gesagt, daß ein direkter Verkehr mehrerer Stellen zwar möglich ist, allein die Einrichtungen hierfür werden schon bei wenigen Stellen so kompliziert und dadurch unsicher, daß man es vorzieht, die Verbindungseinrichtung zu zentralisieren,

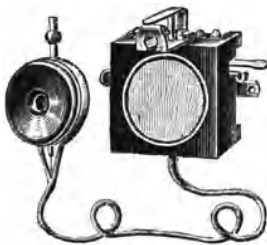


Fig. 677. Haustelesphonapparat von Abdank-Abakanowicz.

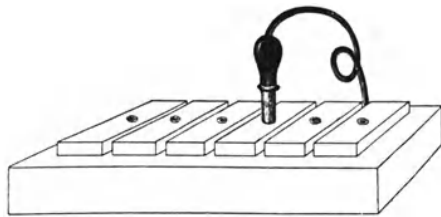


Fig. 678. Einfachster Stöpselumshalter.

d. h. sämtliche Leitungen der Einzelstellen an eine Zentralstelle zu führen, welche nunmehr nach Verlangen eine anrufende Stelle mit einer verlangten verbindet und nach beendigtem Gespräch wieder abtrennt.

Bei einer solchen Einrichtung wird nun erforderlich sein, erstens, daß jede Stelle die Zentralstelle anrufen und sich mit ihr verständigen kann, zweitens, daß die Zentralstelle zu erkennen vermag, welche der verschiedenen mit ihren Leitungen bei ihr einmündenden Stellen sie angerufen hat, drittens, daß die Zentralstelle die beiden zu verbindenden

Leitungen miteinander in Verbindung zu setzen im Stande ist, ohne daß sich der Stromweg auf andre Leitungen erstreckt, und diese Verbindung zu lösen, wenn das Gespräch beendigt ist.

Der Anruf und die Unterscheidung der anrufenden Leitungen bietet keine Schwierigkeiten; wir können uns denken, daß hierfür eine Klingel mit Tableau benutzt wird, eine Einrichtung, die wir auf S. 484 kennen gelernt haben. Für die Telephonzentralen benutzt man jedoch ein anderes Anruf- und Unterscheidungszeichen, nämlich die Fallklappe, bei welcher der von der anrufenden Stelle herkommende Strom eine kleine Klappe aufspringen und die vorher von derselben verdeckte Nummer erscheinen läßt. Das Anrufzeichen ist daher in erster Reihe ein optisches, wird also von der vermittelnden Person durch das Auge bemerkt; da aber die fallende Klappe beim Anschlagen einen Schall erzeugt, so ist es auch ein akustisches, wenn auch nicht von der durchdringenden Rufkraft einer Kasselklingel. Es läßt sich übrigens auch die Einrichtung treffen, daß die gefallene Klappe einen Stromkreis schließt, in welchem eine Klingel eingeschaltet ist und damit gleichzeitig einen weithin hörbaren Ruf erzeugt.

Das Prinzip dieser Fallklappen mag der in Fig. 679 abgebildete Mechanismus von C. & C. Fein erläutern. Auf einer metallenen Grundplatte sitzt eine Klappe K, welche sich um eine Achse an ihrem unteren Ende drehen kann; Fig. 680 läßt diese Bewegung an einigen dort geöffnet erscheinenden Klappen ohne weiteres erkennen. An der Innenseite

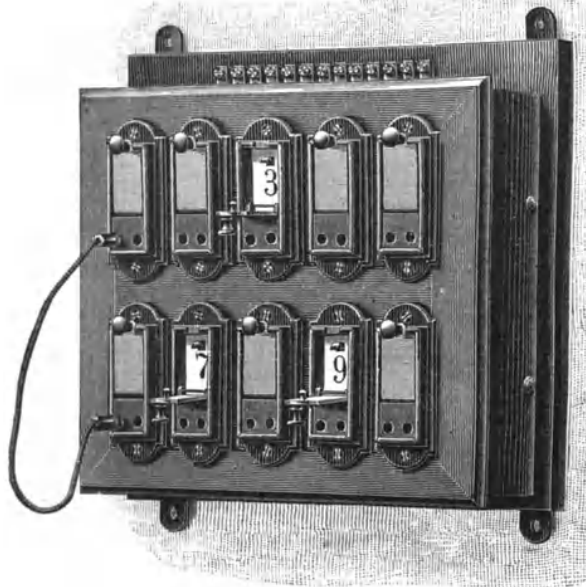


Fig. 680. Vermittlungsvorrichtung mit zehn Fallklappen.

der Klappe sitzt eine Nase, welche in eine entsprechende Nase am vorderen Ende des Ankers a einhakt. Dieser Anker ist mit seinem hinteren Ende durch die Blattfeder f an dem auf der Grundplatte gesetzten Winkel befestigt und wird durch die Feder nach oben gedrückt, so daß er in die Nase der Klappe einlinkt. Unter dem Anker sehen wir einen Elektromagneten angebracht, der auf den Winkel gesetzt ist. Das eine Ende seiner Umwicklung ist mit der einmündenden Leitung der Telephonstation verbunden, für welche diese Klappe dient, das andre mit der Erde oder, wenn eine besondere Rückleitung vorhanden ist, mit dieser. Schickt nun die angeschlossene Telephonstation einen Strom zu dem Mag-

neten der Vorrichtung, so zieht der Elektromagnet den Anker an, die freigegebene Klappe fällt hinab, und es erscheint die Nummer der rufenden Stelle, welche hinter der Klappe angebracht ist.

Solcher Fallklappen werden nun so viele auf einem Brett angebracht, als Stationen an der Zentralstelle angeschlossen sind, und auf diese Weise kann jede Station der Zentralstelle bemerklich machen, daß sie etwas verlangt.

Nun wollen wir sehen, wie die Zentralstelle ihren Fernsprechapparat mit der rufenden Leitung verbindet oder die verlangte Verbindung zwischen der rufenden und einer verlangten Leitung herstellt. In einfacher Weise würden wir dies erreichen, wenn wir Stöpselkontakte, wie wir sie vorhin in Fig. 678 beschrieben haben, anwendeten und den Fernsprechapparat der Zentralstelle mit einer Stöpselschnur versehen. Um zwei Leitungen miteinander zu verbinden, hätten wir eine Stöpselschnur, die an beiden Enden mit Stöpseln versehen ist, zu benutzen und je einen Stöpsel derselben in die Kontaktlöcher der beiden zu verbindenden Kontaktstücke zu setzen. Fig. 681 mag uns eine solche Verbindungsschnur veranschaulichen.

Der einfache Kontaktstöpsel reicht aber nicht ganz aus, da mit der Stöpselung noch etwas anderes bewirkt werden muß. Wir sagten vorhin, daß das eine Ende der Elektromagnetumwicklung an der Erde liegen muß, um den Stromkreis zu schließen, bezw. an der zweiten Leitung, falls eine besondere Rückleitung vorhanden ist. Nun muß offenbar bei der Verbindung zweier Stationen durch die Zentralstelle die Verbindung zur Erde bei beiden aufgehoben werden, denn andernfalls geht der Strom von der einen Station nicht zur andern und kehrt von dieser aus zurück, sondern begibt sich schon in der Zentralstelle auf den Rückweg. Haben wir geforderte Rückleitungen, welche für gewöhnlich in der

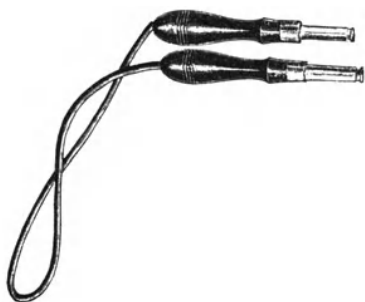


Fig. 681. Verbindungsschnur.

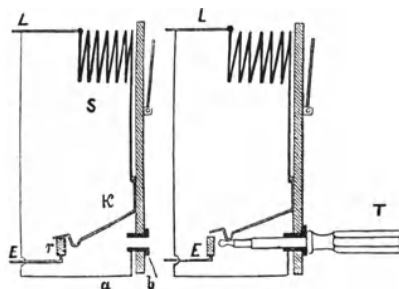


Fig. 682. Die Umschaltung durch den Stöpsel im Verbindungsapparat.

Zentralstelle mit den Zuleitungen durch den Elektromagneten der Fallklappe verbunden sind, so muß diese Verbindung in der Zentralstelle aufgehoben und die Zuleitung der rufenden mit derjenigen der angerufenen Station und in gleicher Weise die Rückleitungen beider Stellen verbunden werden.

Diese Umschaltungen bewirkt man nun durch eine passend eingerichtete Stöpselvorrichtung. Der Einfachheit wegen wollen wir hier nur den Fall betrachten, daß als Rückleitung die Erde benutzt wird. An Stelle des Messingstücks mit dem konischen Loch, wie es Fig. 678 zeigte, setzen wir eine Kontaktfeder, an welche sich der Stöpsel anlegt. Unsere Fig. 682 läßt die Anordnung in schematischer Weise erkennen.

In die Grundplatte, auf welcher die Klappe sitzt, ist eine metallene Büchse isoliert eingesetzt, in welche man den langgestielten Stöpsel einsteckt. Auf der Innenwand der Grundplatte ist weiter isoliert eine nach unten abstehende Blattfeder K angebracht, deren Form man aus der Figur erkennt. Das freie Ende derselben ruht auf einem Messingstück r und steht mit ihm in leitender Verbindung. Wird aber der Stöpsel eingesteckt, so drückt sein Kopf die Feder in die Höhe und hebt sie von dem Messingstück ab. Nun sind die verschiedenen Teile in folgender Weise verbunden. Die Leitung L geht zunächst nach der oben ange deuteten Umwindung des Elektromagneten und weiter dann zu der Feder K. Von hier aus führt der Stromweg dann weiter zu dem Messingstück r, und da dieses mit der Erde verbunden ist, schließlich zu dieser. Wird der Stöpsel eingesteckt, so ist die Erdleitung unterbrochen, und der Stromweg führt jetzt zum Stöpsel und weiter durch dessen Leitungsschnur zum andern Stöpsel und der mit diesem verbundenen Leitung der zweiten Station. In unserer Figur ist noch eine weitere Leitung eingezeichnet, welche von L zur Büchse führt. Diese hat den Zweck, den Strom unmittelbar von L zum

eingesteckten Stöpsel zu führen, so daß er also nicht die Magnetwindungen, deren Widerstand nicht unerheblich ist, zu passieren hat. Derartige Kontakteinrichtung sehen wir nun auf unserem Bilde (Fig. 680) unter jeder Klappe angebracht, und mittels derselben kann nun jede einmündende Leitung mit Hilfe der Stöpselschnur mit jeder andern verbunden werden; wenn wir in dem Bilde unter jeder Klappe zwei Stöpsellöcher erblicken, so ist dies von nebensächlicher Bedeutung, da dies durch eine spezielle Einrichtung der Firma, deren Apparat wir wiedergegeben haben, bedingt ist.

Die Anbringung der Stöpsellöcher unmittelbar unter den Fallklappen hat zwar den Vorteil, daß die Konstruktion des Apparates vereinfacht und der Betrieb insofern erleichtert wird, als man das zu einer Verbindung gehörige Stöpselloch ohne weiteres findet; ist aber die Zahl der Klappen groß, so wird es sich bei regem Betriebe ereignen, daß die vielen Schnüre der eingesteckten Stöpsel die eine oder andre Klappe verdecken. Um diesem Übelstand zu begegnen, hat man in den neueren Apparaten für Zentralstellen die Klappen und die Stöpselkontakte gesondert und die einen wie die andern für sich zusammengelegt.

Ein solches Wechselgestell — so bezeichnet man die Umschaltvorrichtung für Zentralstellen — ist in Fig. 683 abgebildet. Wir sehen hier die 25 Klappen oben am Apparat in fünf Reihen angebracht. Unter denselben liegen die 25 Stöpsellöcher. Die Stöpsel selbst sitzen an langen Schnüren und stehen, wenn nicht benutzt, aufrecht auf der kleinen Platte vorn am Apparat. Die Schnüre führen durch die Platte hindurch und tragen in ihrem Bug eine Rolle, an welcher ein kleines Gewicht hängt; es hat dies den Zweck, die Schnüre gerade hängend zu machen und so zu verhindern, daß sie sich verwirren. Unter den Stöpsellöchern erblicken wir noch eine Reihe von fünf Klappen. Diese dienen als Schlußzeichen und es ist, solange zwei Stationen miteinander verbunden sind, für diese Verbindung je eine dieser Klappen eingeschaltet; ihr Aufspringen zeigt an, daß das Gespräch beendigt ist und die Verbundenen die Lösung der Verbindung verlangen.

Derartige Wechselgestelle lassen sich nun auch für mehr Anschlüsse — bis 100 und 200 — einrichten. Wächst die Anzahl der an eine Zentralstelle angeschlossenen aber über diese Zahl hinaus, so erfordert schon die Bedienung der Umschaltvorrichtung eine Abänderung des Systems. Ein Beamter kann, zumal in den Stunden des regen Verkehrs, nicht mehr als 200 Anschlüsse bedienen, und daher wird es aus räumlichen Gründen notwendig, daß mehrere solcher Wechsel-

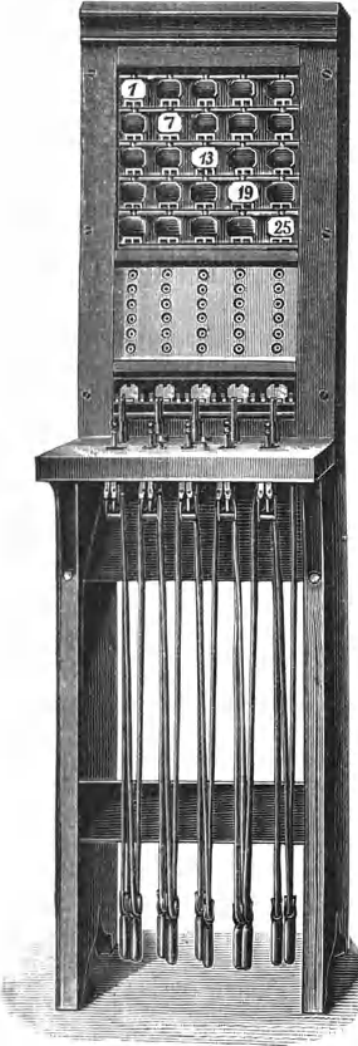


Fig. 683. Wechselgestell für 25 angeschlossene Leitungen. Von der „Bell. Wfg. Co.“

gestelle nebeneinander gestellt werden, von denen jedes durch einen Beamten bedient wird. Nun macht sich aber eine Unzuträglichkeit geltend. Wenn nämlich ein Teilnehmer, der zu dem Wechselgestell I gehört, einen andern Teilnehmer, der an Gestell II oder III oder X angeschlossen ist, sprechen will, so hat der Beamte an I erst die Verbindung mit dem Gestell II oder III oder X zu bewirken und dem dort stehenden Beamten den Auftrag zu erteilen, daß er nun auf seinem Gestell weiter mit der verlangten Nummer verbindet. Es werden also in der Zentralstelle selbst Zwischenstellen bestehen, die erst miteinander

verbunden werden müssen und sich über die weiteren Verbindungen zu verständigen haben. Es erschwert dies den Verkehr in erheblicher Weise, und deshalb haben die Amerikaner ein Wechselgestell geschaffen, an welchem jeder Beamte zwar nur eine begrenzte Zahl von

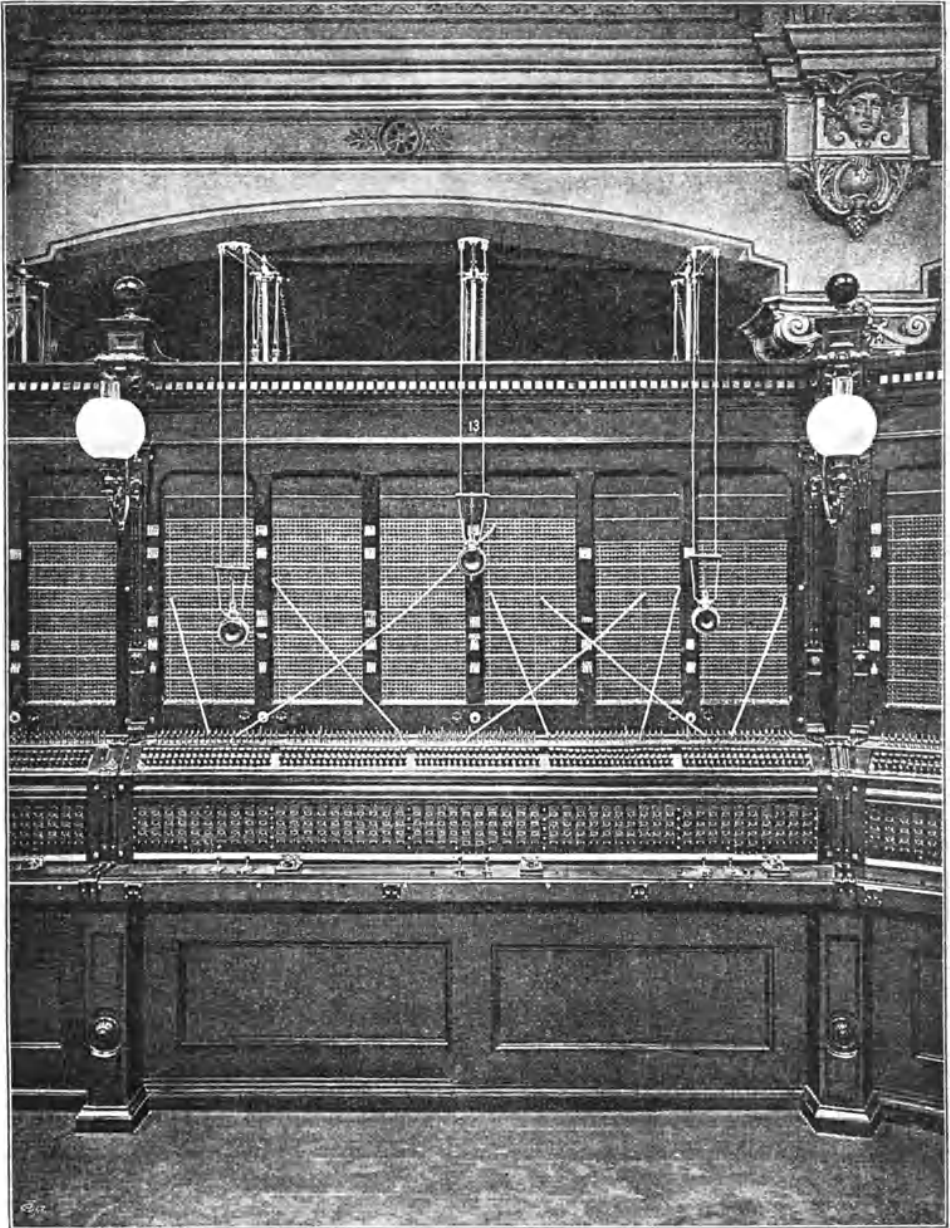


Fig. 684. Teil eines Vielschalters der Berliner Anlage.

Teilnehmern hat, die ihn anrufen können, aber seine Angeschlossenen mit allen an das Vermittlungsamt angeschlossenen Teilnehmern ohne weiteres verbinden kann, ohne sich erst mit einem andern Wechselgestell seines Amtes in Verbindung setzen zu müssen. Durch
Wille, Elektrizität.

diese Einrichtung — den Multiplex- oder Vielfachumschalter — wird außerordentlich an Zeit gespart und der Betrieb erheblich vereinfacht.

Das Prinzip, welches bei diesem Apparate in Anwendung kommt, ist folgendes. Für jeden Angeflossenen ist bei jedem Vermittlungsbeamten ein Stöpselloch vorhanden, und die zugehörigen Kontakte sind durch eine Leitung an allen einzelnen Tafeln miteinander verbunden, so daß also jeder Beamte an seiner Tafel die Verbindung mit dem Angeflossenen herstellen kann. Sind also 2000 Teilnehmer an ein Amt angegeschlossen und zehn Tafeln vorhanden, so werden für jeden Teilnehmer zehn Kontakte, für alle 20 000 Kontakte vorhanden sein.

Einen Teil eines solchen Multiplexumschalters, und zwar eine Tafel desselben, welche durch den zwischen den beiden Lampen befindlichen Teil dargestellt wird, läßt unsre Fig. 684 erkennen. Dieselbe wird durch drei Beamte bedient, für welche man in den Berliner Vermittlungsämtern größtenteils Mädchen angestellt hat.

Zunächst sehen wir über der Tischplatte, auf welcher einige Umschaltvorrichtungen stehen, die 200 Fallklappen für ebenso viele an diese Tafel angegeschlossene Teilnehmer. An der darüber stehenden Wand sehen wir dicht gedrängt in Reihen gestellt die Stöpsellocher für sämtliche an das Amt angeflossenen Teilnehmer. Diese Stöpsellocher sind nicht durch besondere Nummern bezeichnet, sondern die Zeilenreihen sind von fünf zu fünf durch stärkere Rippen getrennt, und ebenso sind die Spaltenreihen von zehn zu zehn Reihen in dieser Weise in Gruppen gesondert. Der Vermittlungsbeamte hat also, ausgehend von diesem Merkzeichen, die verlangte Nummer abzuzählen, um das richtige Stöpselloch zu finden. Bei einiger Übung gelingt dies leicht, und durch den Fortfall der Nummerbezeichnung wird an Raum für die Stöpsellocher gewonnen, was angesichts der großen Zahl — auf der abgebildeten Tafel sind es über 4500 — eine Notwendigkeit ist.

Die Leitung eines Angeflossenen endigt in einer Leitungsschnur, die an ihrem freien Ende mit einem Kontaktstöpsel versehen ist. Der Kontaktstöpsel trägt an seinem Fußende, mit welchem er in das zugehörige Loch der Tischplatte eingesetzt wird, einen metallenen Ring, der mit der Leitung in Verbindung steht. Solange nun der Angeflossene nicht mit andern Teilnehmern verbunden ist, steckt sein Stöpsel in dem Loch der Tischplatte und ist dabei durch den metallenen Ring mit einem an der Tischplatte befestigten Kontaktstück in Verbindung, welches zur Erde abgeleitet ist. Wird nun der Stöpsel zur Herstellung der verlangten Verbindung aus der Tischplatte herausgehoben und in das Stöpselloch des verlangten Teilnehmers eingesteckt, so ist damit die Ableitung zur Erde unterbrochen, und statt dessen führt der Leitungsweg weiter zum verlangten Teilnehmer.

Zwischen der auf der horizontalen Platte stehenden Reihe der Stöpsel und derjenigen der Fallklappen, welche auf der vertikalen Platte befestigt sind, sehen wir auf einer schräg stehenden Platte eine Doppelreihe von Druckknöpfen stehen. Diese dienen dazu, den Sprechapparat des Vermittlungsbeamten mit dem anrufenden Teilnehmer zu verbinden, indem der Beamte den zur Leitung des betreffenden Teilnehmers gehörenden Knopf niederdrückt. An jeder Tafel sind daher ebensoviele Druckknöpfe als Fallklappen vorhanden, nämlich 200.

Die Knöpfe haben aber noch einen weiteren Zweck; durch Ausziehen und Umlegen des Knopfes schickt der Beamte den Strom der Amtsbatterie in die hergestellte Verbindung und kann also den zweiten Teilnehmer, mit welchem er den anrufenden verbunden hat, anklingeln, wenn gelegentlich die Batterie des Anrufenden nicht genügend kräftig funktioniert.

Der Vermittlungsbetrieb gestaltet sich nach dem Gesagten sehr einfach. Fällt an einer Tafel eine Nummernklappe, so verbindet sich der zur Klappe gehörige Beamte mit dem anrufenden Teilnehmer, indem er den betreffenden Druckknopf niederdrückt. Nachdem er die verlangte Nummer erfahren hat, prüft er zunächst, ob die betreffende Leitung nicht an einer andern Tafel besetzt ist. Dazu hat er nicht an allen Tafeln herumzufragen, sondern nur sein eignes Telephon mit dem Kontaktloch des verlangten Teilnehmers auf seiner Tafel in Verbindung zu bringen und hört dann, was durch eine besondere Einrichtung erzielt wird, sofort, ob die Leitung frei ist oder nicht. Ist sie frei, so steckt er den Stöpsel des Anrufenden in das Stöpselloch des verlangten Teilnehmers, und nun können beide miteinander verkehren.

Additional material from *Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe*, ISBN 978-3-662-24171-4 (978-3-662-24171-4_OSFO9), is available at <http://extras.springer.com>



Damit nun der Beamte weiß, ob noch gesprochen wird oder ob der Verkehr auf einer hergestellten Verbindung beendet ist, legt er die Leitung seines Telephons an den Stöpsel des verbundenen Teilnehmers und kann dann hören, ob noch gesprochen wird oder nicht. Weil dieses Mittel aber nicht ganz ausreicht, die Beendigung des Gespräches zu erkennen, so ist bei jedem Teilnehmer ein Element aufgestellt, welches in die Leitung eingeschaltet wird, sobald man das Telephon abnimmt. Solange nun das Telephon nicht wieder angehängt ist, wird der Beamte bei der Verbindung seines Telephons mit den verbundenen Leitungen ein Knacken in seinem Apparate hören, indem der Strom des eingeschalteten Elementes bei der Berührung über das Telephon des Beamten geht. Die Abwesenheit dieses Geräusches bei einer Berührung läßt den Beamten erkennen, daß der Verkehr beendet ist, er zieht den Stöpsel heraus und steckt ihn wieder in seine Nafte auf der Tischplatte, den Teilnehmer dadurch wieder über das Amt mit der Erde verbindend, so daß dieser nun das Amt anrufen kann.

Zentralfernsprechanlagen. Unter allen Zentralanlagen steht die Berliner obenan, nicht nur was die Zahl der Angeflossenen angeht, sondern auch in bezug auf die Einrichtungen. Die Gesamtzahl der Teilnehmer dieser Anlage ist für den Schluß des Jahres 1892 auf 20 000 zu veranschlagen, für deren Bedienung sechs Vermittlungsämter dienen. Jedes Amt erhält einen Vielfachumschalter für 5000 Teilnehmer und 1000 Verbindungsleitungen, welche die Verbindung der einzelnen Ämter untereinander vermitteln, so daß jede Tafel 6000 Stöpsellöcher zählen wird. Da auf jede Tafel 200 Fallklappen kommen, so werden die 6000 Anschlüsse dreißig Tafeln erfordern, so daß ein solches Amt nicht weniger als 180 000 Stöpsellöcher aufzuweisen hat, von denen jedes mit der zugehörigen Kontaktlinke ausgerüstet ist. Wir dürfen uns deshalb nicht wundern, wenn die Einrichtungskosten für einen solchen Multiplerxschalter auf mehr als 600 000 Mk. zu stehen kommen.

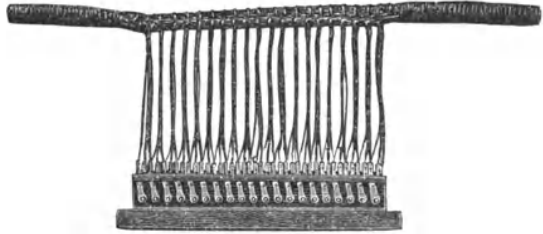


Fig. 685. Abzweigungen aus dem durchgehenden Leitungs-
bündel zu den Klinken.

Um dem Leser ein Bild von einer solchen Einrichtung zu geben, bringen wir auf Tafel XI eine Abbildung der einen Hälfte des Vermittlungsamtes I, das sich im Haupttelegraphenamt befindet.

Wir sehen hier die Tafeln in zwei stufenförmig übereinander gestellten Schränken angebracht; zwischen den beiden Reihen bleibt ein genügend breiter Gang für die Sitze der Telephonistinnen und den Verkehr. Hinter den Schränken befinden sich Verschlüge, in denen die Nabel geführt sind.

Ein zweiter, rechtwinkelig an den vorigen anstoßender Raum enthält die zweite Hälfte des Schaltapparates.

Diese stufenförmige Aufstellung des Schalters und die Aufstellung in zwei Räumen ist durch die örtlichen Verhältnisse bedingt. Wo genügend Raum vorhanden ist, zieht man es vor, die Schränke in einer Reihe nebeneinander oder in einem geschlossenen Viereck zusammenzustellen, aber diese Freiheit erlauben die hohen Bodenpreise in Berlin nicht überall.

Das Holzwerk der Schränke ist in poliertem Rußbaumholz ausgeführt und in maßvoller Weise durch ornamentale Zugaben so weit ausgestattet, daß sich der gesamte Apparat in gefälliger Form dem Auge darbietet.

Die einzelnen von außen in das Amt ankommenden Leitungen sind zunächst an besondere Klemmen geführt, welche in einem Räume unter dem Dache auf Holzwänden untergebracht sind. Jede Klemme ist mit einem Spitzen- und einem kleinen Spindelblitzableiter ausgerüstet, so daß der etwa ungehörig eindringenden atmosphärischen Elektrizität sofort beim Eintritt der Weg zur Erde gewiesen wird.

Eine zweite Reihe von Klemmen dient dazu, die Enden der aus dem Umschalter ankommenden Leitungen aufzunehmen, und nunmehr wird durch Zwischendrähte die Klemme der Außenleitung mit der Klemme, deren Leitung zu den betreffenden Klinken im Umschalter führt, verbunden. Es mangelt uns hier der Raum, die geschickte Art, mit welcher man dieses ungeheure Drahtgewirr bemeistert hat, zu beschreiben, und wir müssen uns damit begnügen, zu sagen, daß jede einzelne der tausende von Leitungen in wenigen Minuten hervorgeholt und an allen Stellen ihres Weges untersucht werden kann. Die Schwierigkeiten, welche man hierbei zu überwinden gewußt hat, liegen nicht nur in der großen Zahl der vielen Leitungen und Verbindungen, sondern auch in dem Umstand, daß der für die Leitungsführung und Verbindung zur Verfügung stehende Raum ein beschränkter ist. Freilich gehört zu einer solchen Einrichtung auch ein Personal, das in all diesen Drähten, Klemmen, Abzweigungen zc. Bescheid weiß, wie in der eignen Tasche.

Von den Innenleitungsklemmen führen nun die Leitungen, in Kabeln vereinigt längs der Schalttafeln des Umschaltapparates, und jede Leitung schiebt an jeder Tafel einen Hin- und Rückweig zu der zugehörigen Klinke. Zu diesem Zwecke sind die Kabel in einzelne Gruppen geteilt, in denen je eine gleiche Anzahl Kabel nebeneinander auf horizontalen eisernen Stäben liegen, so daß sie ein flaches Band bilden. Solcher Bänder liegen nun eine Anzahl dicht übereinander und es entsteht dadurch ein Kabelbündel von etwa 50×50 Zentimeter im Querschnitt, das sich längs aller Tafeln zieht.

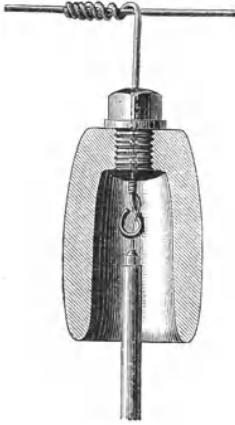


Fig. 686. Einführungsglocke.

An den Abzweigungsstellen sind die Kabel zer schnitten und die Einzelleitungen an die Klinken geführt. Unsrer Fig. 685 mag ein Bild davon geben, wie aus einem längs der Schalttafeln laufenden Kabel die Einzelleitungen zu den Klinken führen. Nach bewirkter Abzweigung werden die bloßgelegten Einzelleitungen in der Weise, wie es die Figur zeigt, zusammengebündelt und die Bündel beider Enden miteinander verbunden, so daß also das Kabel wieder in Zusammenhang kommt.

Je zwanzig Klinken sind auf einer gemeinsamen Grundplatte befestigt, welche in dem Gestell der Tafel befestigt ist. Löst man die Schrauben dieser Grundplatte, so kann dieselbe von hinten her mit ihren Verbindungen durch das entsprechend gelüftete Kabelbündel herausgenommen werden, indem man das betreffende Kabel an der zugehörigen Stelle herauszieht. Diese Zugänglichkeit, welche die beliebige Untersuchung einer Verbindung ermöglicht, ist also in einfacher und sicherer Weise erreicht worden, und der Fachmann, welcher die Schwierigkeiten einer sicheren Beherrschung so vieler Leitungen und Verbindungen kennt, wird diese Einrichtungen zu schätzen wissen.

Die von den Wintern zu den Teilnehmern ausgehenden Leitungen waren früher ausschließlich als Luftleitungen über die Dächer der Häuser geführt worden. Zu diesem Zwecke sind auf die Dachstühle eiserne Gestänge gesetzt, welche entsprechend verankert sind, um ihnen die nötige Festigkeit zu verleihen. An diesen Gestängen sind horizontale eiserne Querstangen befestigt, auf denen die Isolatoren mit ihren eisernen Stützen angeschraubt sind. Als Leitungsmaterial wurde früher galvanisierter Stahldraht benutzt, welcher jetzt durch Leitungen aus Siliciumbronze und ähnlichem Material ersetzt wird.

Die Luftleitung endigt beim Teilnehmer in einem in der Mauer zc. befestigten Isolator und wird nun als Bleikabel in das Innere des Hauses geführt. Nun gilt es aber, die Einführung gegen Überleitung des Stromes auf die Bleihülle des Kabels und weiter zu Erde, wie sie durch Nässe unfehlbar herbeigeführt werden würde, zu verhindern. Die Einrichtung, welche die Telegraphenverwaltung für diesen Zweck anwendet, weicht nun etwas von denen ab, die wir auf S. 488 u. ff. kennen gelernt haben. Die Kupferleitung des Bleikabels wird an einen Eisendraht gelötet, der selbst an die Leitung angelötet wird. Zwischen den beiden Lötstellen sitzt eine Hartgummischraube, welche mit dem Eisendraht bereits bei der Fabrikation innig verbunden ist (Fig. 686). Nach bewirkter Verbindung

wird nun die schon vorher über das Bleikabel gesteckte Hartgummiglocke auf den Kopf geschraubt, welche die Verbindungsstelle gegen Regen zc. schützt. Die Bleihülle des Kabels ist so weit von der Lötstelle weggeschnitten, daß sie nur eben noch in die Glocke hineinreicht; von diesem Ende bis zur Lötstelle zieht sich dann noch die entblößte isolierende Hülle der Leitung, so daß diese eine trockene isolierende Zone zwischen der Lötstelle und der Bleihülle herstellt.

Das Bleikabel wird nun in den Innenraum geführt und schließt sich dort an einen gut isolierten Draht an, welcher bis zum Apparat führt. Die Rückleitung zur Erde besorgt ein blanker Kupferdraht, der bis an die Wasserleitung geführt und an die Röhre derselben angelötet ist. In Städten, wo eine Wasserleitung, welche allerdings den bequemsten Rückweg für den Strom gewährt, nicht vorhanden ist, werden besondere Erdleitungen hergestellt, zu welchem Zwecke Drahtseile aus galvanisiertem Eisen bis auf das Grundwasser geführt werden.

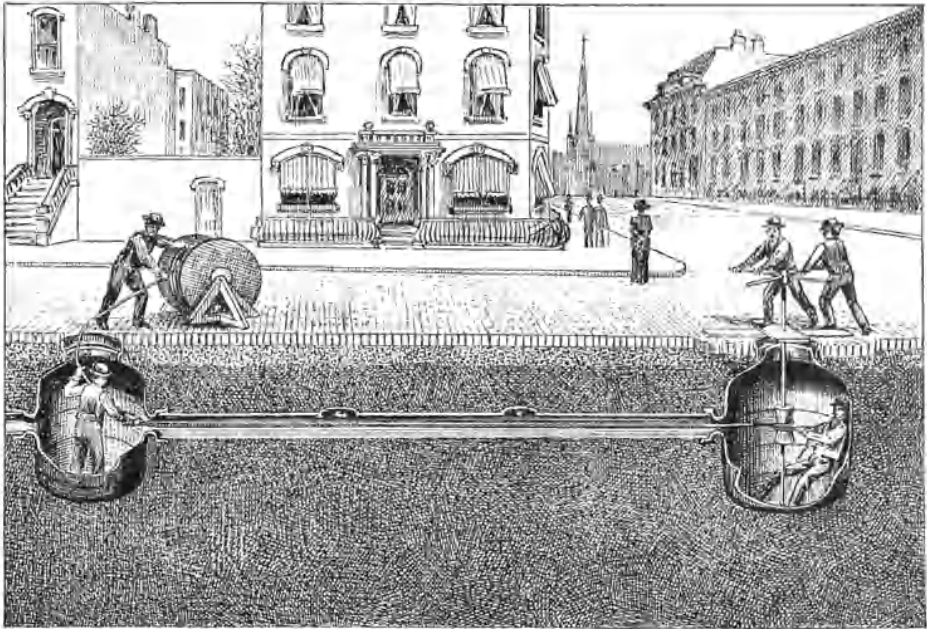


Fig. 687. Zwei Kabelbrunnen mit dem sie verbindenden Rohrstrang.

Das außerordentliche Anwachsen der Berliner Fernsprechanlage, welche mit der Zahl der Anschlüsse allen andern Städten der Alten und Neuen Welt voran steht, nötigte die Telegraphenverwaltung, die weitere Vermehrung der Luftleitung thunlichst herabzumindern, und sie entschloß sich deshalb, die Hauptstränge als unterirdische Leitungen zu führen, welche eine größere Anzahl von Leitungen in Kabeln vereinigt vom Vermittelungsamt zu einem Verteilungspunkt führen; von diesem letzteren aus gehen dann die Leitungen als Luftleitungen auf ihren verschiedenen Wegen nach den Teilnehmern. Die Luft oder die Dächer werden also von einer beträchtlichen Leitungsstrecke entlastet, und insgesamt gerechnet, wird dies eine erhebliche Verminderung der Luftleitungen bedeuten. Freilich konnte die Verwaltung nicht verkennen, daß die Anwendung der Kabel insofern einen Nachteil mit sich bringt, als die Ladungsfähigkeit von Kabeln, deren wir früher (S. 444) gedacht haben, der telephonischen Übertragung hinderlich ist. Dieser Nachteil macht sich aber bei den Berliner Kabeln nicht in bedenklichem Maße geltend, da die Kabelleitungsstrecke nicht über Längen hinausgeht, bei denen die schwächende Wirkung der Ladung in erheblichem Maße auftritt.

Neben der Entlastung der Luft — wir wollen den Ausdruck beibehalten — erfaß die Verwaltung in der unterirdischen Leitungsführung insofern einen weiteren Vorteil, als sie die unterirdische Anlage derart zu gestalten gedachte, daß eine Vermehrung der Linien, wie sie für die weitere Zeit als unabweisbar notwendig vorauszusehen ist, un schwer



Fig. 688. Verbindung des Kabels mit dem Zugseil.

vorgenommen werden konnte. Zu diesem Zwecke wurde nun zunächst ein Rohrnetz in die Straßen gelegt, in welches die Kabel nach Bedarf eingezogen werden. Die einzelnen Rohrstränge sind aus gußeisernen Muffenröhren von 200—300 Millimeter lichter Weite hergestellt und von 100—150 Meter, oder wo Biegungen des Leitungsweges es erheischen, auf kürzeren Strecken durch Kabelbrunnen unterbrochen. Diese Kabelbrunnen haben den Zweck, das Einziehen der Kabel in die Röhren zu ermöglichen, denn es ist ersichtlich, daß ohne Nachhilfe das widerspenstige Kabel nicht auf beliebige Längen in einen



Fig. 689. Einlassen des Kabels in das Rohr.

Rohrstrang eingezogen werden kann und in Fällen, wo es in einem Winkel geht, gar nicht weiter zu bringen wäre. Außerdem erheischt die Untersuchung der Röhren wie der Kabel, daß beide an verschiedenen Punkten des Leitungsweges zugänglich seien. Diese Kabelbrunnen sind in Ziegelmauerwerk hergestellt und oben durch einen Deckel geschlossen. Ein ungefähres Bild solcher Kabelbrunnen mit dem sie verbindenden Rohrstrang mag Fig. 687 geben, welches allerdings nicht die Konstruktion, wie sie in der Berliner Anlage angewendet ist, wiedergibt. Aber wir benutzen diese Gelegenheit, um dem Leser gleichzeitig zu zeigen, wie man in New York die elektrischen Lichtleitungen geführt hat, und da hierbei in der Hauptsache ebenso verfahren ist, wie bei der Berliner Fernsprekabelanlage, so schlagen wir zwei Fliegen mit einer Klappe. In Wirklichkeit stehen die Kabelbrunnen sehr viel weiter auseinander als auf dem Bilde, in welchem sie nur zur bildlichen Wiedergabe auf

einem Blatte erheblich zusammengedrückt sind. Über die Herstellung der Rohrstränge und der Kabelbrunnen dürfen wir uns weiterer Erörterungen enthalten. Ist der werthe Leser Berliner oder ist er jemals dort gewesen, so kennt er ja Erdarbeiten in den Straßen zur Genüge, denn bei der staunenswerten aufwühlenden Thätigkeit in den Berliner Straßen ist ja jeder, auch mit geringer Beobachtungsgabe bedachte Bewohner der Hauptstadt zum Sachverständigen in allen Erdarbeiten ausgebildet worden.

Von größerem Interesse ist das Einziehen der Kabel. Um dies zu bewirken, wird das einzuziehende Ende des Kabels an ein durch den Röhrenstrang geführtes Zugseil gebunden, und dieses letztere durch eine starke Winde, die am Ende des Rohrstranges aufgestellt ist, herangehaspelt. Eine etwas primitive Form dieses Verfahrens zeigt uns unser voriges Bild (Fig. 687). Es gilt nun aber vorerst, das Zugseil in den Rohrstrang einzubringen. Die praktischen Amerikaner benutzen dafür einen Dachshund, dem sie einen dünnen Bindfaden anbinden und ihn durch das Rohr schicken, wozu er sich bekanntlich wegen seiner krummen Beine eignet. An dem durchgezogenen Bindfaden führen sie dann ein stärkeres und an diesem das Zugseil nach. Die Berliner Oberpostdirektion hatte jedoch ein solches vortreffliches Tier nicht zur Verfügung, glaubte auch wahrscheinlich nicht recht an die Qualifikationen des Dachels für solche Arbeiten, worin der Leser mit ihr einig gehen darf, sondern benutzte ein Einführungsgestänge, das aus dünnen Rohrstücken von einem Meter Länge besteht. Solch ein Stück wird vom Kabelbrunnen aus in die Röhre geschoben, ein zweites wird angeschraubt und mit dem ersten weitergeschoben, es folgt ein drittes, ein viertes u. s. w., bis endlich der Kopf des ersten Stückes im andern Kabelbrunnen erscheint, worauf dann das Gestänge in den nächsten Strang weitergeschoben oder stückweise herausgezogen wird und an seinem Ende das Zugseil heranbringt.

Das einzuziehende Kabel wird nun durch eine aus den Enden seiner Schutzdrähte gebildete Dse (Fig. 688) in der dargestellten Weise mit dem Zugseil verbunden, und diese letztere durch eine besonders konstruierte Winde aufgewunden, so daß es das Kabel durch die Röhren nachzieht.

Die Kabelbrunnen, welche das Zugseil und das Kabel passieren, sind mit Arbeitern besetzt, welche die in den Brunnen angebrachten Führungsrollen und das sich bewegende Seil und Kabel beobachten.

Das einzuziehende Kabelstück wird auf große hölzerne Trommeln gerollt (Fig. 689), an den ersten Brunnen herangebracht und in denselben eingeführt. Unsere weitere Fig. 690 zeigt, wie der Arbeiter in diesem Brunnen das Kabel in das zugehörige Rohr bringt, wozu wir bemerken, daß auf unserm Bilde die Führungsrollen, wie sie die Deutsche Telegraphenverwaltung angewendet hat, fehlen, wir auf dem Bilde auch eine Anzahl Einzelröhren erblicken, wie man sie in New York angewendet hat, während in Berlin die Telegraphenkabel in einem gemeinsamen weiten Rohre liegen. Abgesehen von diesen weniger erheblichen Unterschieden gestaltet sich die Verlegung hier wie dort in gleicher Weise.

Mit dem Kabel wird ein Seilchen durch den Rohrstrang gezogen, an welchem man das Einzugseil später für eine neue Einholung zurückzieht. Bei der ungemeinen Wißbegierde der Berliner war vorauszusehen, daß die Arbeiten in den Kabelbrunnen außerordentliches Interesse erregen würden, und deshalb hatte die vorförlgliche Verwaltung von vornherein Anstalten getroffen, die Kabelbrunnen mit einem transportablen Gestell abzusperrn, welches den Einblick nicht hindert, aber den Arbeiter im Brunnen dagegen

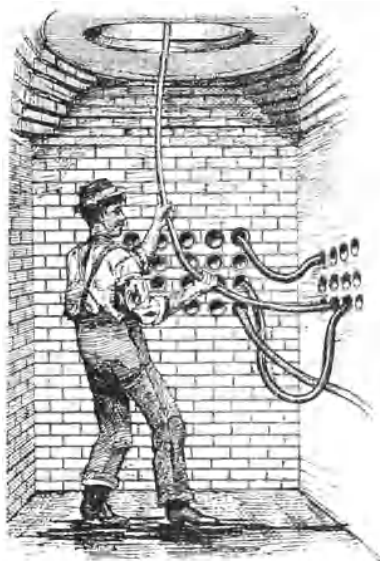


Fig. 690. Arbeiter im Kabelbrunnen.

schützt, daß ihm einer der Zuschauer auf den Kopf fällt. Andre Lebewesen haben den Technikern der Verwaltung mehr Sorge gemacht; der amtliche Bericht über die Herstellung der Anlage verzeichnet, daß die Arbeiter bei der Anwendung hölzerner Schutzgestelle durch



Fig. 691.
Konstruktion der Berliner Fernsprechtabel.

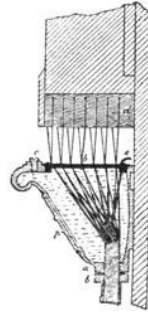


Fig. 693. Endverschluß des Kabels.

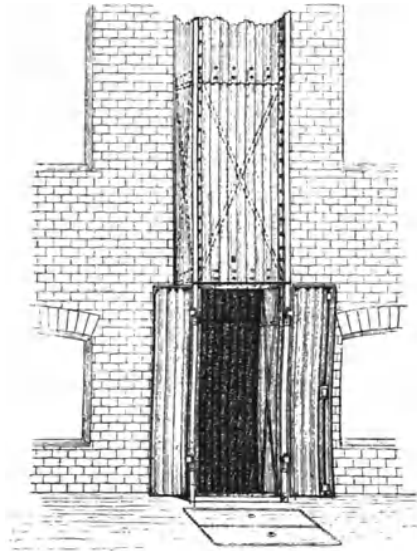
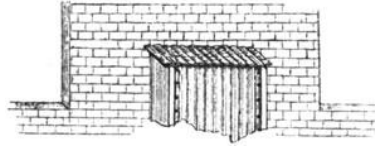


Fig. 692.
Einführung der Kabel in das Vermittlungsamt.

Gunde in unangenehmer Weise belästigt worden sind, ein Übelstand, der durch Anwendung eiserner Gestelle zum Teil beseitigt werden konnte.

Die Kabel sind von Felten & Guilleaume in Mühlheim am Rhein geliefert und enthalten sechs Litzen zu je vier Leitungen. Jede Leitung besteht aus einem einen Millimeter starken Kupferdrahte, welcher mit einer Isolierschicht aus dreifacher Bewickelung von

imprägniertem Baumwollengarne und darüber mit einer Stannioliumhüllung versehen ist. Die sechs Litzen sind zu einem Seil zusammengedreht, welches mit imprägniertem Bande bewickelt und demnächst mit einem doppelten Bleimantel umpreßt ist. Jeder dieser Bleimäntel hat eine Stärke von mindestens 1,2 Millimeter. Der äußere Bleimantel ist mit asphaltiertem Bande umwickelt, und das Ganze mit 19 verzinkten Façoneisendrähten umgeben.

Die Anwendung von solchen Façondrähten an Stelle der sonst angemendeten runden Drähte hat den Zweck, dem Kabel eine glatte Außenfläche zu geben, was den Durchmesser desselben verringert und das Einziehen erleichtert. Eine Abbildung des Kabels in seinen Einzelheiten gibt unsere Fig. 691.

Aus der unterirdischen Anlage führen nun die Kabel an Häusermauern in die Höhe zu den Verteilungspunkten. Zur Festhaltung der Kabel und der Verteilung der Last sind an vier bis fünf Unterstützungspunkten eiserne Träger an der Mauer angebracht, an denen die Kabel durch Schellen befestigt werden. Ein Schutzkasten von Manneshöhe umgibt den unteren Teil der Kabel, weiter hinauf bietet die Bewehrung der Kabel einen hinreichenden Schutz. Während an den Verteilungspunkten nur bis höchstens sechzehn Kabel hochzuführen sind, ist die Zahl der an den Vermittelungsämtern mündenden und hochzuführenden Leitungen eine erheblich größere und geht bis 200 und mehr. Wo für diesen Fall nicht im Innern der Gebäude besondere Luftschächte vorhanden sind, hat man aus Eisen starke, mit Wellblech bekleidete Gerüste an den Außenmauern aufgestellt, welche die ganze Last der Kabel zu tragen vermögen, ohne daß die Hausmauern hierfür in Anspruch genommen werden. Eine derartige Vorrichtung zeigt unsere Fig. 692.

Zur Überführung der Leitungen aus den Kabeln zu den Leitungen in den Ämtern und den Verteilungstellen sind die Kabelenden in einen trichterförmigen Kasten (Fig. 693) geführt und hier in die einzelnen Leitungen zerlegt, welche an besondere, isoliert aufgesetzte Klemmen führen (Fig. 694 u. 695). Von diesen Klemmen aus führen nun die isolierten Drähte zu den Wechselgestellen oder den Luftleitungen weiter. Der Hohlraum des Trichters wird mit einer isolierenden Harzmasse vergossen, und dies hat den Zweck, die Enden der Kabel gegen das Eindringen von Feuchtigkeit abzudichten.

Zum Schluß noch einige Zahlen, welche den Umfang der Anlage erkennen lassen mögen. Bis Ende 1890 waren insgesamt rund 42 000 Meter Rohrleitung mit über 500 Kabelbrunnen fertig gestellt und in dieselben rund 145 000 Meter Kabel eingezogen worden. Die Gesamtkosten der Anlage stellen sich auf rund 1 850 000 Mark, von denen nahezu zwei Drittel auf die Herstellung der Rohrleitung, der Rest auf die Beschaffung und Einziehung der Kabel entfallen. Bis Ende 1890 enthielt die Anlage 6800 Einzelleitungen mit insgesamt über 4000 Kilometer Gesamtlänge. Es sei noch angeführt, daß die gesamte Anlage von der Telegraphenverwaltung selbst hergestellt worden ist.

In sehr viel günstigerer Lage als die Deutsche Telegraphenverwaltung sah sich, was die unterirdische Leitungsführung angeht, die Unternehmerin der Pariser Telephonanlage, die „Société Générale des Téléphones“, welche in dem großen Kanalnetz der Stadt Paris eine vorzüglich geeignete Stätte für die Verlegung ihrer Leitungen fand. Paris ist Berlin darin voraus, daß es in seinem Kanalsystem eine vorzügliche „Unterweg“-Anlage besitzt, welche nicht nur zur Abführung der Schmutzwässer, sondern auch als Weg für die verschiedenartigsten Leitungen dient. In Berlin hat man sich noch nicht entschließen können, eine solche Unterweg-Anlage herzustellen, wird aber mit der Zeit dazu

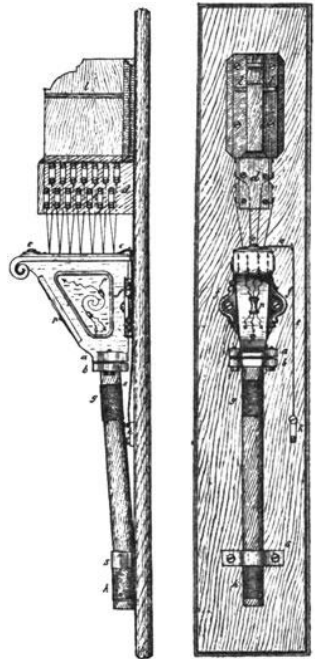


Fig. 694 u. 695.
Überführung der Kabelleitungen auf
die Innenleitungen.

gezwungen werden. Diese günstige Gelegenheit nutzte die „Compagnie Générale“ von Anfang an aus und legte sämtliche Telephonleitungen, so weit es der Kanalananschluß ermöglichte, unterirdisch in die Kloaken, wendete auch von vornherein für jede Verbindung Doppelleitungen an, um allen störenden Induktionswirkungen zu begegnen. Diese Einrichtung hat sich für den telephonischen Verkehr als sehr vorteilhaft erwiesen, und die Pariser Anlage steht hierin zweifellos der Berliner voran, in welcher nur eine Leitung zum Teilnehmer angewendet ist und die Erde als gemeinsame Rückleitung dient. Infolgedessen machen sich bei der Berliner Anlage die Induktionswirkungen des einen Drahtes auf den andern oft sehr erheblich geltend, und man kann zuweilen die auf andern Leitungen übermittelten Gespräche deutlich verstehen. Zudem treten auch andre Induktionswirkungen in den Berliner Leitungen auf, und manchmal nimmt auch ein in der Erde vagabundierender Strom aus einer Lichtleitung seinen unerfreulichen Weg in die Sprechleitungen. In dieser letzteren Beziehung sind wir freilich noch immer besser daran als die Amerikaner, bei denen Licht-, Telegraphen- und Telephonleitungen auf einer Stange nebeneinander geführt werden, und die sorglose Installation, wie man sie in Amerika gewohnt ist, oft genug die Verührung einer Lichtleitung, die hochgespannten Strom führt, veranlaßt, wobei der Durchgang des hochgespannten Stromes durch den Telephonapparat diesen in wenigen Augenblicken ausbrennt. Angesichts dieser Möglichkeit legt man in die Telephonleitung vor dem Eintritt in das Haus eine Abschmelzsicherung (vergl. S. 201), welche wenigstens eine stärkere und gefährdende Zündwirkung verhütet.

Die Kabel, welche in der Pariser Anlage benutzt werden, bestehen aus vierzehn Guttaperchadrähten, welche sieben Doppelleitungen bilden; ein Bleimantel schützt die Leitungen gegen Feuchtigkeit. Zur Befestigung der Kabel sind dieselben an Haken an den Wänden der Kanäle aufgehängt. Die Einführung der Leitung in das Haus des Teilnehmers geschieht durch die in den Sammelskanal mündende Hauskloake, deren Wand die Leitung nahe der Hausmauer durchsetzt und dann längs der Mauer zum Fenster des Teilnehmers führt. Wo das Haus des Teilnehmers nicht auf einem Unternweg erreicht werden kann, führt man die Leitung unterirdisch so nahe an die Anschlußstelle heran als möglich und geht dann mit einer Luftleitung zum Teilnehmer. Außerhalb der Festungswerke, wo sich keine Kloaken befinden, sind die Leitungen wie bei uns, jedoch in Doppelleitungen oberirdisch geführt.

Die Überführung der Kabelleitungen in die Leitungen des Vermittlungsamtes erfolgt in etwas anderer Weise wie in Berlin. Die aus der Hauptkloake ankommenden Kabelstränge sind in Gruppen zu viereckigen Holzammern geführt, an deren Außenseiten sie in Einzelleitungen endigen. Fig. 696 mag ein ungefähres Bild davon geben, wie sich diese Vorrichtungen zur Sonderung der Leitungen in Paris gestaltet hat. Die früher beschriebene deutsche Einrichtung ist jedenfalls zweckmäßiger, übersichtlicher und in bezug auf Raumanspruchnahme sparsamer.

Als vor einigen Jahren der französische Staat die Pariser Anlage übernahm, beabsichtigte die Telegraphenverwaltung, für ganz Paris eine einzige Vermittlungsstelle zu schaffen. Man ist aber von dieser weitgehenden Zentralisierung angesichts der Kosten, welche die hierfür benötigte Leitungsanlage erfordert hätte, und wohl auch wegen der Schwierigkeiten, die durch den Zusammenfluß von mehreren tausend Kabeln an einer Stelle entstehen würden, bald von diesem Vorhaben abgekommen und hat derzeit wie in Berlin eine Anzahl Vermittlungsämter für kleinere Bezirke im Betriebe, welche sich durch Zwischenleitung in Verbindung setzen.

Die Überlandverbindungen. Das Telephon soll nicht nur dem mündlichen Verkehr in den Städten, sondern auch von Ort zu Ort dienen, und man ist bestrebt, die Grenzen, welche der telephonischen Verständigung in bezug auf die Übertragungsweite gegeben sind, durch Verbesserung der Einrichtungen thunlichst hinauszuschieben. Das hängt in der Hauptsache von der Leitung ab, bei welcher Widerstand, Ladungsfähigkeit und Selbstinduktion die Übertragung bedingen. Durch entsprechende Verringerung des Widerstandes können wir die Übertragungsweite erheblich vergrößern, allein da die Verminderung des Widerstandes eine Vergrößerung des Querschnittes, also des Materialaufwandes bedeutet,

so treten als wichtiger Faktor die Anlagelkosten bestimmend auf, und dieselben beschränken die theoretisch mögliche Übertragungsweite. Es kommt hier hinzu, daß sich für eine deutliche Übertragung auf größere Entfernungen nur Kupferleitungen eignen und es erforderlich wird, zwei solche Leitungen anzuwenden, die billige Erdleitung also nicht zur Hilfe kommt.

Zwei der interessantesten Weitleitungen sind die Verbindungen Paris-Brüssel und Paris-London. Die erstere hat eine Länge von 320 Kilometer, die zweite eine solche von 498 Kilometer. Bei der letzteren durchsezt die Leitung den Kanal, und da vor dieser Anlage noch keine Telephonanlage mit einer so oder auch nur annähernd langen Kabelleitung gemacht worden war, so bedeutete das Unternehmen eine Aufgabe, deren glückliche Lösung von großer Bedeutung für die Telephontechnik geworden ist.

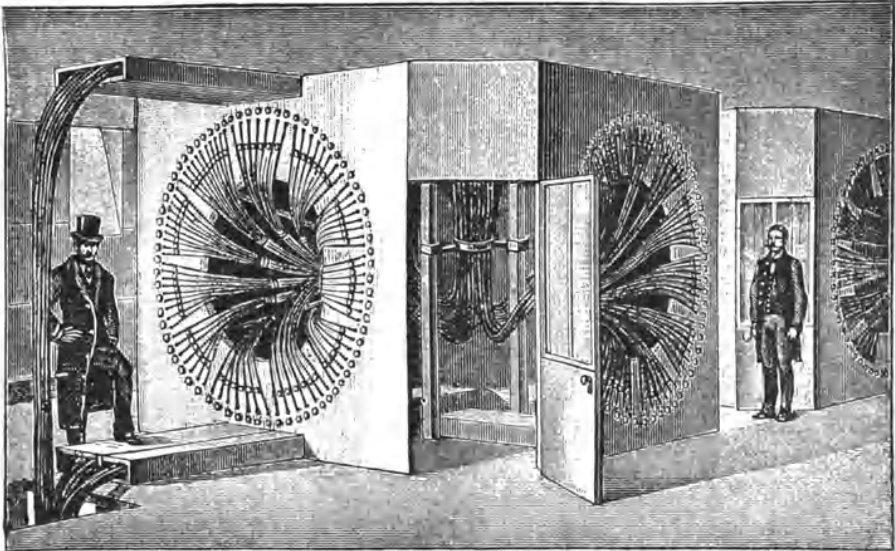


Fig. 696. Überführung der Kabelleitungen auf die Innenteilungen in der Pariser Zentralanlage.

Bei den Überlandlinien wie bei allen telephonischen Weitleitungen hat man mit der Induktion zu kämpfen, welche unter Umständen die Verständigung unmöglich macht. Ein Draht, welcher Wechselströme führt, induziert in einem parallel geführten Drahte entsprechende Wechselströme, und so wird der rasch auf und nieder schwingende Telephonierstrom in einem andern Drahte, der mit ihm an demselben Gestänge parallel läuft, Ströme mit gleicher Wechselzahl hervorrufen, so daß die Lautwellen vom ersten auf den zweiten Draht übertragen werden und man durch den zweiten Draht hören kann, was auf dem ersten gesprochen wird. Sind ferner Telegraphierleitungen mit Telephonleitungen zusammen an einem Gestänge geführt, so wird jeder Stromstoß in der Telegraphenleitung beim Beginn und beim Ende ein scharfes Knacken im Telephon bewirken, was nicht nur die telephonische Verständigung behindern, sondern auch ein Abhören des Telegrammes möglich machen würde.

Man hat nun diesen Übelstand zu beseitigen gesucht, und am zweckmäßigsten, freilich auch am kostspieligsten hat sich die induktionsfreie Führung der Leitung erwiesen. Hierfür ist zunächst notwendig, daß Hin- und Rückleitung isolierte metallische Leitungen sind, daß also nicht die Erde für die Rückleitung benutzt wird. Damit erreicht man einen weiteren Vorteil; es werden nämlich die Erdströme verhindert, in die Leitung zu gelangen, und da dieselben häufig, zumal auf langen Linien, durch das von ihnen verursachte Geräusch eine telephonische Verständigung unmöglich machen, so ist es wichtig, ihre ungewünschte Mitwirkung von den Überlandlinien auszuschließen.

Kommt bei einer Überlandlinie nur eine Leitung in Frage, welche eine störende Induktionswirkung auf die zwei Leitungen des Telephonstromkreises ausübt, so könnten wir die beiden Telephonleitungsarme symmetrisch gegen die Einzelleitung legen und damit die störende Wirkung beseitigen. Liegt nämlich diese letztere Leitung L gleichweit von den beiden Telephonleitungen T' und T'' entfernt (Fig. 697), so wird ein in L entstehender Stromstoß von der Richtung des Pfeiles in jedem Zweige T' und T'' entgegengesetzte Stromstöße hervorrufen, deren Richtung die Pfeile andeuten. Diese wirken aber in dem Telephonleitungskreise einander entgegen und können keine Stromwirkung hervorbringen. Also entsteht keine Induktionswirkung. Es ist dabei nicht nötig, daß L in der Ebene der T' und T'' liegt, sie kann auch sich seitlich von denselben befinden, wenn sie nur zu beiden Leitungen T' und T'' symmetrisch liegt.



Fig. 697. Aufhebung der Induktionswirkung eines Telegraphendrabtes auf eine Telephondoppelleitung durch symmetrische Lage.

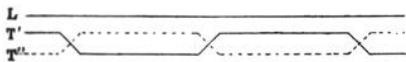


Fig. 698. Kreuzung der Drähte einer Telephondoppelleitung zur Verhinderung der Induktionswirkung.

an einzelnen Stellen, wohl aber für die Gesamtheit der Strecke symmetrisch gegen L , und die Induktionswirkungen der letzteren sind in den Zweigen gleich.

In England läßt man für diese Vertauschung der Lagen der einzelnen Leitungstrecken die Drähte sich spiralförmig umeinander winden und erreicht dies in der in Fig. 699 dargestellten Weise; es ist selbstverständlich, daß die Leitungstangen in der Figur des besseren Verständnisses wegen in übertriebener Weise zusammengedrückt erscheinen. Bei dieser Anordnung haben die Leitungen nicht nur ein unschönes Aussehen, sondern es läßt sich in einer solchen Leitungsanlage der einzelne Draht nur mit Schwierigkeit verfolgen oder seine Zugehörigkeit auf der Strecke feststellen.

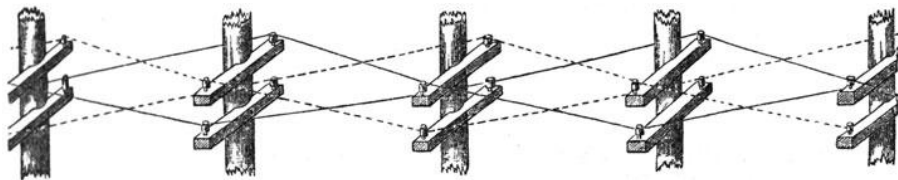


Fig. 699. Führung der Telephonleitungen in Spiralen.

In der Schweiz hat man darum die beiden Drähte einer Leitung parallel nebeneinander gelegt und bewirkt die Kreuzung an einer Stange, auf welcher (Fig. 700) für jede Leitung zwei Isolatoren gesetzt sind, indem man die kreuzenden Verbindungen durch starke gebogene Drähte, welche der Verbiegung durch den Wind einen genügenden Widerstand leisten, herstellt. Bei diesen Leitungen wird die oberste Leitung (Fig. 701) ohne jede Kreuzung gerade fortgeführt. Die zweite erhält eine Kreuzung in der Mitte; die dritte deren zwei am Ende des ersten und des dritten Viertels der Strecke, so daß sie gegen die Induktion der ersten wie der zweiten Leitung geschützt ist. Die vierte Leitung hätte dem Prinzip entsprechend vier, die fünfte acht Kreuzungen zu erhalten u. s. w.

Für die Überlandlinien werden bei größeren Entfernungen die Eisenleitungen unbrauchbar. Man schreibt dies den verzögernden Wirkungen zu, welche durch die magnetischen Wirkungen des Stromes entstehen. Aber auch bei kleineren Entfernungen erweist

sich das Kupfer als Leitungsmaterial für Fernsprechleitungen dem Eisen überlegen, wozu allerdings seine bessere Leitungsfähigkeit wesentlich beiträgt. Bei einer 170 Kilometer langen Eisenleitung, deren Draht 4 Millimeter Durchmesser hatte, zeigte sich die Übertragung weniger gut als bei einer gleich langen Kupferleitung von 2,7 Millimeter Durchmesser. Bei 500 Kilometern konnte man durch eine Eisenleitung nur noch undeutlich sprechen und bei 1000 Kilometern war jede Lautübertragung durch den Eisendraht verschwunden. Anders ist es mit Kupferleitungen. Auf einer Kupferleitung von rund 1000 Kilometer Länge und 2,7 Millimeter Durchmesser konnte sich van Nysseberghe bei seinen Versuchen in Amerika noch sehr gut verständigen und mit einer Verbundleitung, welche aus einer 3 Millimeter dicken Stahlseele und einem 1,5 Millimeter starken Kupfermantel bestand, hat er zwischen New York und Chicago ohne jede Mühe sprechen können. Die Laute wurden klar und laut wiedergegeben. Dieser Versuch ist von großer Bedeutung, denn er zeigt, daß bei genügender Bemessung der Leitungen auf ganz außerordentliche Entfernungen hin gesprochen werden kann. Die Leitungslänge betrug hier über 1600 Kilometer für jeden Draht, im ganzen also für die Doppelleitung über 3200 Kilometer.

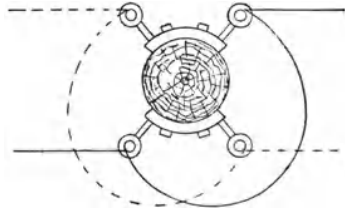


Fig. 700. Herstellung der Kreuzungen in der Schweiz.

Nach diesen Ergebnissen ist also nicht zu bezweifeln, daß man von Berlin nach St. Petersburg, Madrid und Konstantinopel sprechen kann; das einzige Hindernis, das einer solchen Anlage im Wege steht, sind die Kosten der Leitungsanlage, welche sich beispielsweise für eine Verbindung Paris-Berlin auf zwei bis drei Millionen Mark stellen würden. Die täglichen Einnahmen aus einer solchen Anlage müßten also etwa 1000 Mark betragen, was bei 10 Mark für 3 Minuten Sprechzeit 100 Gespräche erforderte, und für diese 100 Gespräche wäre rund eine sieben- bis achttündige ununterbrochene Benutzung der Leitung anzunehmen. Ob dies bei dem gedachten Tarife zu erzielen ist, erscheint fraglich, und da die Telegraphenverwaltungen eine starke Abneigung gegen verlustbringende Anlagen haben, so wird es wohl noch etwas dauern, bis wir in der Lage sind, von unserm Zimmer aus uns mit unsern Bekannten in Paris unterhalten zu können.

Angeichts dieser hohen Anlagekosten für Weitleitungen hat man mehrfach versucht, die bestehenden Telegraphenlinien für die Telephonie zu verwenden, und in dieser Beziehung wollen wir noch über eine Einrichtung berichten, welche seiner Zeit großes Aufsehen erregte.

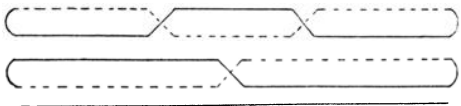


Fig. 701. Induktionsfreie Leitungsführung in der Schweiz.

Der Elektriker der belgischen Telegraphenverwaltung van Nysseberghe hat Einrichtungen erfunden, welche es gestatten, auf demselben Draht gleichzeitig zu telephonieren und zu telegraphieren. Die Bedeutung dieser Erfindung liegt auf der Hand, denn sie ermöglicht, das vorhandene, über das ganze Land ausgespannte Telegraphennetz für den telephonischen Überlandverkehr dienstbar zu machen. Es sei aber gleich gesagt, daß die übertriebenen Erwartungen, welche sich an diese Erfindung geknüpft haben, nur zum Teil ihre Erfüllung gefunden haben und daß man beispielsweise bei uns sehr bald davon Abstand genommen hat, das genannte System in Anwendung zu bringen; wir kommen darauf noch am Schluß dieser Ausführung zurück.

Van Nysseberghe ging davon aus, die Induktionswirkung der Telegraphenleitung auf die Telephonleitung zu beseitigen. Zu diesem Zweck ließ er den Stromstoß für das Morse-Zeichen, der für gewöhnlich fast momentan zu seiner vollen Stärke steigt und ebenso rasch beim Verschwinden abschwilt, in allmählichem Übergange an- und abschwellen. Infolgedessen werden auch die durch sein Ansteigen und Verschwinden erzeugten Induktionsströme nicht plötzlich und für kurze Dauer auftreten, so daß sie den scharfen knackenden Ton im Fernsprecher erzeugen, sondern sie schwellen allmählich an, dauern einige Zeit und

gehen dann in der gleichen sanften Weise zurück. Hierbei wird nun die Membran ganz allmählich in ihre abgelenkte Lage bewegt, darin einige Zeit festgehalten und sanft wieder zurückgelassen, so daß sie einen Ton nicht erzeugt.

Dieses allmähliche An- und Abschwollen der Telegraphierströme erreichte van Nysseberghe dadurch, daß er in die Leitung vor dem Morse-Apparat eine Selbstinduktionsrolle einschaltete. Wir haben auf S. 351 dargelegt, daß durch solche Induktionsrollen das An- und Abschwollen der Stromwellen verzögert, die Welle also verflacht wird, und diesen Vorgang sehen wir nun hier zu dem gedachten Zweck benutzt. Als solcher Selbstinduktionsapparat dient eine Elektromagnetrolle mit Eisenkern.

Da ein solcher „Verflacher“ noch nicht ausreichte, den Stromwellen die Wirkung auf das Telephon zu nehmen, so schaltete van Nysseberghe zwei derselben, den einen zwischen Batterie und Taster, den andern hinter den Taster ein, wie Fig. 702 dies zeigt. Beim Niederdrücken des Tasters geht der Batteriestrom also zunächst durch die zwischen Batterie und Taster liegende Elektromagnetspule, dann weiter durch die zweite hinter dem Taster, darauf durch die Leitung zur andern Station, wo sie die dritte, nämlich die dort zwischen Leitung und Taster liegende Spule durchläuft.

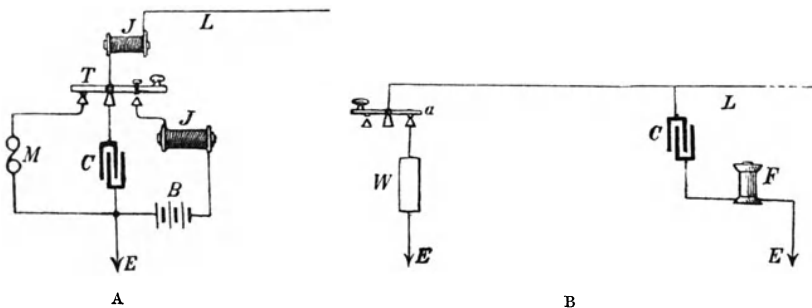


Fig. 702. Van Nysseberghe's Schaltung zur Verhinderung des störenden Einflusses der Telegraphierströme auf Telephonleitungen.

Aber auch dies reichte noch nicht aus, um die hörbare Induktionwirkung zu beseitigen, und deshalb brachte van Nysseberghe noch einen Kondensator (vergl. S. 449) an, der beim Niederdrücken des Tasters mit den beiden Batteriepolen verbunden wird. Dieser nimmt zunächst für seine Ladung den größeren Teil des Batteriestromes für sich weg und läßt erst mit dem Steigen seiner Ladung Strom in die Leitung treten; ist er vollständig geladen, so nimmt er keinen Strom weiter auf, und nun fließt der volle Strom in die Leitung. Bei der Stromunterbrechung gibt er seine Ladung an die Leitung zurück und verhindert auch seinerseits, daß die Leitung plötzlich stromlos wird.

Auf diese Weise gelang es van Nysseberghe, die Wirkung des Telegraphierstromes auf benachbarte Telephonleitungen zu unterdrücken, und er kam nun auf den Gedanken, daß auch ein direkt in die Leitung eingeschaltetes Telephon tonlos bleiben würde. Daraus entwickelte sich nun weiter die Idee, die Telegraphenleitung selbst für das Telephonieren zu benutzen. Hier sind nun aber zwei Aufgaben zu lösen. Der Telegraphierstrom darf nicht durch das Telephon gehen, und ebenso dürfen die elektrischen Wellen des Telephonapparates nicht durch den Telegraphenapparat abgelenkt werden, vielmehr muß der Telegraphierstrom einzig durch den Elektromagneten des Schreibapparates, der Telephonierstrom einzig durch das Telephon geleitet werden.

Den Telegraphierstrom von dem Telephon fernzuhalten, bietet keine Schwierigkeit. Hierzu hat man nur (Fig. 702 B) das Telephon nicht unmittelbar an die Leitung L zu legen, sondern unter Vorschaltung eines Kondensators. Diesen wird der ankommende Telegraphierstrom laden; weil er aber nur allmählich anschwillt, wird das Telephon durch ihn nicht beeinflusst. Ist der Kondensator aber geladen, so gibt der Telegraphierstrom keine weitere Ladung an ihn ab und geht nun in voller Stärke durch den Elektromagneten des Schreibapparates. Da nun die Dauer selbst des kürzesten Telegraphierstromes lang

ist gegen die Zeitdauer der Ladung des Kondensators, so bedeutet die geringfügige Verzögerung, welche der Telegraphierstrom beim Kondensator erleidet, keinen Nachteil für das Telegraphieren.

Die Telephonierströme gehen durch den Kondensator ohne weiteres hindurch, denn wir haben gesehen, daß Wechselströme, wie sie der Fernsprechapparat ausfendet, durch einen Kondensator weitergeleitet werden (vergl. das auf S. 449 Gesagte). Die Telephonierströme gehen aber nicht durch die Selbstinduktoren, denn diese setzen den Wechselströmen infolge der Selbstinduktionswirkung einen erhöhten Widerstand entgegen, welcher mit der Wechselgeschwindigkeit wächst und für die große Wechselzahl der Telephonströme groß genug ist, um nur einen verschwindenden Bruchteil des Telephonstromes durch den Telegraphenapparat zu lassen (Fig. 703).

Auf diese Weise sind also Telegraphier- und Telephonierstrom getrennt und einem jeden ist der besondere Weg zu seinem Apparat gewiesen worden. Sind nun in einem Leitungsstrange sämtliche Leitungen mit solchen „Verflachern“ ausgerüstet, so kann auf einen derselben ohne Induktionswirkung telephoniert werden. Es kann aber nur eine Leitung aus dem Strange verwendet werden, denn die Verflacher heben nur die Wirkung der Telegraphierströme auf das eingeschaltete Telephon auf; die Telephonströme würden dagegen von einem Drahte zum andern wirken können, und so würde bei Benutzung mehrerer Leitungen des Stranges für den Fernsprechverkehr in allen Telephonen gehört



Fig. 703. Trennung des Telegraphier- und Telephonierstromes.

werden können, was auf einer Leitung gesprochen wird. Hier liegt ein wesentlicher Nachteil des Systems. Es müssen sämtliche Leitungen eines Stranges in gedachter Weise mit den Schutzapparaten ausgerüstet werden, aber der gesamte Strang ist nur für eine Telephonverbindung zu gebrauchen. Ist die Anzahl der Leitungen eines Stranges eine größere, so werden die Schutzeinrichtungen gegenüber dem erzielten Vorteil zu teuer. Außerdem sind die verflachten Stromwellen zwar für Morse-Apparate, aber nicht für den Huges-Apparat verwendbar, weil sie die Sicherheit der Arbeit des letzteren beeinträchtigen. Dieser und die vorgenannten Gründe haben deshalb die Deutsche Telegraphenverwaltung veranlaßt, das van Ryffelberghe'sche System nicht zu verwenden. In Belgien dagegen hat man das gesamte Telegraphennetz mit der Einrichtung ausgerüstet und damit ein Fernsprechlandnetz geschaffen, welches den Verkehr von Stadt zu Stadt ermöglicht.

Lassen wir die praktische Bedeutung der van Ryffelberghe'schen Einrichtung außer acht, so werden wir gern anerkennen, daß sie eine geistvolle Erfindung ist und vielleicht in der Fortentwicklung der Elektrotechnik zu einem Samenkorn für weitere bedeutungsvolle vervollkommnungen der Telegraphie werden kann.

Verschiedene Anwendungen des Telephons und Mikrophons. Eine hübsche Anwendung des Mikrophons hat A. Paris in Altona gemacht. Der Direktor der Altonaer Wasserwerke, Herr Rummel, der in seinem Betriebe vielfach mit den Undichtigkeiten der Wasserteile zu kämpfen hatte, kam auf die Idee, das Mikrophon zur Entdeckung solcher Undichtigkeiten zu benutzen, da dasselbe im Stande ist, das schwache Geräusch, welches das austretende Wasser verursacht, wahrnehmbar zu machen. Er interessierte Herrn Paris dafür, welcher das in Fig. 704 abgebildete Instrument konstruierte. In einem Dreifuß, der zusammengelegt und leicht transportiert werden kann, steckt ein senkrechter Stab aus trockenem Tannenholz oder einem andern Material, das den Ton gut leitet. Auf dem oberen Ende des Stabes sitzt ein empfindliches Mikrophon, zu dessen

Betriebe einige Trockenelemente benutzt werden. Ein Birnenkontakt gestattet, das Mikrophon ein- und auszuschalten. Mit dem Mikrophon ist ein Telephon verbunden, durch welches die Einwirkungen auf das Mikrophon hörbar werden. Setzt man das untere Ende des Holzstabes auf einen Haupthahn oder ein Wasserrohr, so macht sich jeder aus der Leitung austretende Tropfen im Telephon bemerkbar. Mikrophon, Telephon und Batterie können in ein Futteral gesteckt und mit Dreifuß und Stab bequem transportiert werden.

Die einfache Handhabung des Telephons ermöglicht, es für kürzere telegraphische Linien im Felde zu benutzen, und man ist in allen Armeen darauf bedacht gewesen, das Telephon gelegentlich im Vorpostendienst und in verwandten Fällen zu benutzen. Dies hätte nun weiter keine Schwierigkeit, wenn nicht die besonderen Umstände eine rasche, sichere und leicht auszuführende Leitungsanlage erforderten. Für diesen Zweck benutzt

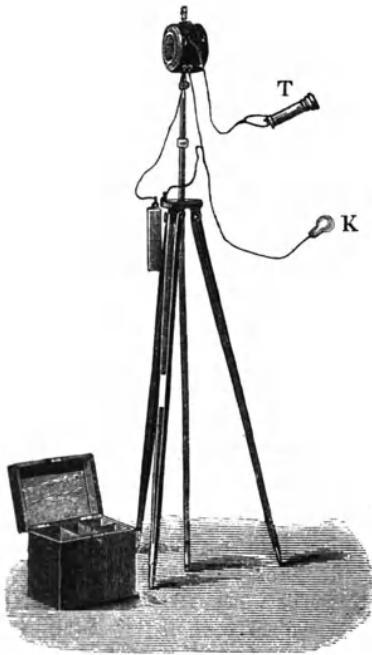


Fig. 704. Apparat von A. Paris zur Entdeckung von Undichtigkeiten in Wasserrohren.



Fig. 705. Vorpostentelephon.

man nun dünne, besonders leicht und fest konstruierte Kabel, welche man auf dem Erdboden ausstrecken und auf diese Weise für die Leitungsanlage benutzen kann. Um dieses Kabel bequem transportieren, legen und aufnehmen zu können, wird es auf eine Rolle gebracht, welche ein Soldat in einem tornisterartigen Behälter trägt. Der Behälter nimmt auch das als Sender und Empfänger dienende Telephon auf, das besonders kräftig konstruiert ist. Die Leitung des Tones vom und zum Telephon erfolgt durch einen Spiralschlauch (vgl. Fig. 705), so daß der Soldat mit dem Apparat in keine Berührung kommt.

Die Legung des Kabels, von welchem der Apparat 500 Meter faßt, erfolgt in einfacher Weise dadurch, daß das Ende des Kabels mit demjenigen eines zweiten Apparates verbunden wird und beide Träger nun in entgegengesetzter Richtung vorwärts schreiten oder, wenn die Entfernung nicht über 500 Meter groß ist, nur der eine Soldat vorwärts marschiert. Soll das Kabel aufgenommen werden, so nimmt der Soldat den Behälter vor die Brust und leiert das Kabel mittels der Kurbel auf die Trommel.

Als Anruf dient eine Zungenpfeife, die beweglich auf dem Mundstück des Schlauches sitzt und beim Sprechen und Hören umgeklappt wird. Der ganze Apparat wiegt 15 kg,

kann also bequem getragen werden. Ihre Feuerprobe im Kriege haben derartige Apparate noch nicht bestanden, soweit wir wissen, und wir enthalten uns auch eines Urteils, ob derartige Vorrichtungen mehr Vorteile oder mehr Nachteile haben, denn darüber zu befinden, ist Sache der Kriegsgelehrten.

Aber nicht nur in den Kämpfen der Menschen untereinander dient das Telephon, sondern findet auch in einem edleren Kriege, in demjenigen, den die Menschheit gegen die Naturkräfte führt, eine ausgedehnte Verwendung.

Im Bunde mit dem elektrischen Licht begleitet es den Taucher in die Tiefen des Wassers und hält die Verbindung zwischen ihm und dem Schiffe aufrecht. Unsere Abbildung Fig. 706 zeigt einen Taucherhelm, wie er mit diesen modernen Waffen der Technik ausgerüstet ist, wobei sich allerdings der Leser das im Helm liegende Telephon vorstellen muß; aber dazu gehört ja keine große Phantasie. Die Glühlampe sehen wir auf der Spitze des Helmes in einem fest verschlossenen Behälter angebracht; sie ist so gestellt, daß sie das Gesichtsfeld des Tauchers erhellt und ihm so ermöglicht, in dem Dunkel des Wassers seine Arbeit zu verrichten. Der Telephonapparat ist im Innern des Helmes angebracht, so daß er bequem vor Ohr und Mund liegt.

Hier können wir die Erwähnung einer verwandten Anwendung des Telephons einreihen, nämlich die Verbindung von Schiffen auf der See mit dem Festland, welche von Wert wird, wenn das Schiff längere Zeit vor dem Hafen liegen bleiben muß. Zu diesem Zwecke ist vom Lande ein Kabel bis an eine Boje auf der See gelegt und die Boje mit einer passenden Anschlußvorrichtung versehen. Das ankommende Schiff verbindet nun durch ein Zuleitungskabel seinen Fernsprechapparat mit der Boje und kann nun ohne weiteres zum Lande hin sprechen, um auf diese Weise Nachrichten und Aufträge ohne Zeitverlust sofort bei Ankunft aufzugeben.

Eine nicht sehr hübsche Anwendung hat man von dem Mikrophon für die Belauschung gemacht. In einem Zimmer hängt ein kleines Gemälde, das weder durch seine Aufstellung, noch durch seine Größe, noch durch seine künstlerische Ausführung auffällt. In Wirklichkeit verdient es aber alle Beachtung, denn das Bild verdeckt nur die Holzmembran, auf welche es gemalt ist, und hinter dieser Membran sind Kohlenkontakte von der bekannten Form befestigt, welche den Apparat zu einem sehr empfindlichen Mikrophon machen. In unauffälliger Weise führen zu dem Gemälde zwei Drähte, welche den Kohlenstücken den benötigten Strom zu- und von ihnen weiter in ein entferntes Zimmer führen, wo sie mit einem Telephon verbunden sind. Man kann nun mit Hilfe dieser Vorrichtung alles hören, was im Zimmer gesprochen wird, und auf diese Weise, die aber keine anständige Weise ist, die im Zimmer befindlichen Personen, die sich unbeachtet glauben, belauschen. Der alte böse Tyrann Dionysius ist also mit seinem großen Ohr weit überholt worden.

Eine berechtigte Anwendung mag der Apparat in Gefängnissen finden, wo er zur Behorchung der Gespräche der Gefangenen dienen kann; ob eine solche Belauschung dem Rechte entspricht, haben unsere Richter zu beurteilen. Bei allen andern Verwendungen des Apparates hoffen wir aber, daß sich das alte Sprichwort bewahrheiten wird: „Der Lauscher an der Wand hört seine eigne Schand'.“

Technisch verwandt, aber doch von etwas andrer Bedeutung sind die Musikübertragungsapparate, mit welchen man aus Opern- und Konzerthäusern Musik an eine entfernte Stelle überträgt. Die Einrichtung hierfür ist ziemlich einfach. Ein oder zwei kräftig wirkende Mikrophone werden in der Nähe des Orchesters oder auf der Bühne aufgestellt und übermitteln nun die Lautwellen auf die entfernte Stelle. Die Übertragung ist aber ziemlich mangelhaft, und wir sind noch weit davon entfernt, die Opern von unserm Zimmer aus anhören, vielleicht sie auch gleichzeitig mit Hilfe des elektrischen



Fig. 706. Taucherhelm mit Glühlampe.

Fernsehers ansehen zu können. — Eine hübsche Anwendung dieser Übertragung wurde gelegentlich der Wiener Elektrischen Ausstellung gemacht. Ein Klavierspieler, ein Violinist und eine Sängerin gaben ein Konzert, welches durch den Draht zur Ausstellung übertragen wurde. Die drei Künstler befanden sich aber nicht an demselben Ort, sondern jeder war vom andern um mehrere Meilen entfernt und mit seinen beiden Genossen telephonisch verbunden. Trotzdem stimmten ihre Töne vortrefflich zusammen, und wer nun einige Phantasie besitzt, der mag sich vorstellen, daß künftighin nicht nur die Hörer eines Konzertes zu Hause bleiben können, sondern auch die Künstler. Freilich darf dann auf den Vermittlungsämtern kein falscher Anschluß vorkommen, sonst kann es sich ereignen, daß die Patti plötzlich Was singt.

In einigen Krankenhäusern hat man es durch telephonische Einrichtungen ermöglicht, daß Kranke, deren ansteckende Krankheit ihre Abschließung von der Außenwelt erfordert, mit ihrer Familie und ihren Bekannten durch den Draht in Verkehr treten können.

Bei der außerordentlichen Empfindlichkeit des Telephons, welches Wechselströme von solchen minimalen Stärken deutlich wahrnehmbar macht, hat man es vielfach zur Erkennung des Vorhandenseins solcher Wechselströme oder auch von Stromschwankungen benutzt oder auch unter Zuhilfenahme von stärkeren Strömen als einfachstes Stromanzeigeelement

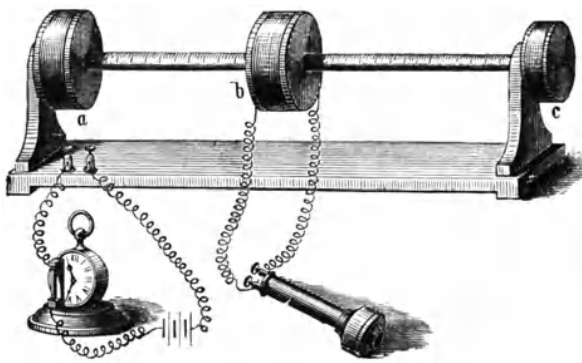


Fig. 707. Audiometer von Hughes.

angewendet, in letzterer Beziehung beispielsweise für größere Meßapparate, welche von weniger geübten Händen verwendet werden, z. B. für die Prüfung von Blitzableiternanlagen.

Das Mikrophon in Verbindung mit dem Telephon ist mehrfach angewendet worden, um kleine Bewegungen wahrnehmbar zu machen. In verwandter Weise hat man auch das Mikrophon angewendet, um die Sekundenschläge einer astronomischen Uhr, deren Gangwerk

man mit einem Kontaktapparat nicht belasten wollte, auf ein elektrisches Zeigerwerk zu übertragen, indem der Schlag der Uhr zur Erzeugung einer Stromwelle benutzt wird und diese dann durch ein geeignetes Relais den Stromkreis der Uhr schließt. In neuerer Zeit ist man in dieser Beziehung noch weiter gegangen und hat die später zu erwähnende radiophonische Wirkung in Anwendung genommen, wobei das Pendel einen auf ein Radiophon fallenden Lichtstrahl bei jedem Hin- und Hergang abblendet und dadurch die Entstehung einer Stromwelle bewirkt. Da das Pendel beim Durchgang durch den Lichtstrahl kein Hindernis erfährt, so ist bei dieser Anordnung jede Beeinflussung des Pendels durch die Stromerzeugung vermieden worden.

Noch manche andre Verwendungen der telephonischen Apparate sind teils vorgeschlagen, teils versucht worden, von denen aber bisher die meisten noch ohne praktische Bedeutung geblieben sind. Wir wollen von denselben nur zwei erwähnen, welche für die elektro-medizinischen Zwecke bestimmt sind.

Das Audiometer von Hughes dient dazu, die Hörempfindlichkeit des Ohres zu bestimmen. Es besteht, wie unsere Fig. 707 erkennen läßt, aus drei Drahtspulen, welche auf einem geteilten wagerechten Stabe sitzen. Die eine dieser Spulen a ist auf dem linken Ende des Stabes befestigt; die zweite b, gleichgroße kann dagegen auf dem Stabe beliebig verschoben werden. Die dritte Rolle c, welche auf dem rechten Ende des Stabes sitzt, ist erheblich kleiner als die beiden andern. Die beiden Rollen a und c sind nun so geschaltet, daß die sie durchfließenden Stromwellen die Spule b in entgegengesetzter Weise induzieren, und da die erstere Rolle etwa 100 Meter Draht enthält, die andre nur 1 Meter, so

werden ihre Wirkungen relativ sehr verschieden sein, und es wird die Spule b entsprechend näher an c herangeschoben werden müssen, damit die Wirkungen der beiden induzierenden Spulen auf b sich aufheben. An dieser Stelle wird man nun in dem mit der verschiebbaren Spule verbundenen Telephon nichts von dem Ticken der Uhr hören, welche auf das mit a und c verbundene Stabmikrophon wirkt. Wird nun die Spule b allmählich nach der Spule a geschoben wird, so der Ton im Telephon allmählich in seiner Stärke anwachsen, und je nach dem Grade der Feinheit des Gehöres wird man den Ton bei größerer oder geringerer Entfernung der Spule b von a wahrnehmen.

Eine genaue Bestimmung der Hörempfindlichkeit läßt der Apparat aber nicht zu, da hierfür erforderlich wäre, daß die Stromschwankungen, welche das Mikrophon erzeugt, in allen Fällen gleich wären. Dies ist aber mit Sicherheit nicht zu erzielen.

Wir wollen hier noch die Induktionswaage von Hughes erwähnen, welche dazu dienen soll, die Lage eines Geschosses im Körper zu bestimmen. Denkt man sich in einem Mikrotelephonapparat statt der einen Induktionsrolle zwei hintereinander geschaltet und die sekundären Drähte derselben derart verbunden, daß sie in Gegenschaltung (s. S. 36) stehen, so wird, wenn sich die Induktionswirkungen in beiden Apparaten die Waage halten, kein Ton in einem Telephon entstehen, das in den sekundären Stromkreis eingeschaltet ist.

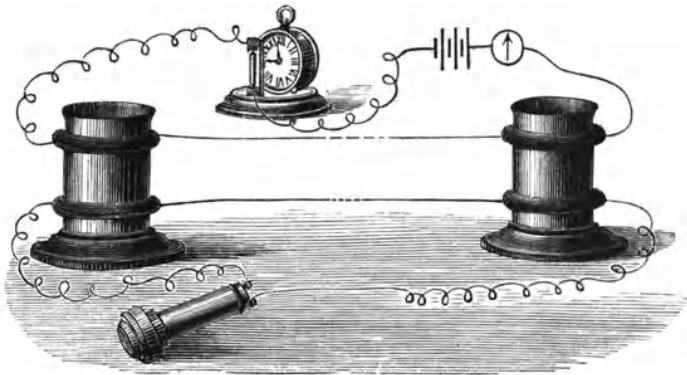


Fig. 708. Induktionswaage von Hughes.

Wird aber nach bewirkter Balancierung die Induktionswirkung in einem Induktor verändert, so wird man die dem Mikrophon übermittelten Töne im Telephon hören, und umgekehrt kann man aus den Tönen des Telephons auf eine solche Störung schließen. Diesen Vorgang hat nun Hughes in folgender Weise benutzt. Er wickelt auf zwei Hartgummihöhre (Fig. 708) gleiche Spulen, welche als primäre Leitung dienen, und ebenso zwei gleiche sekundäre Spulen. Schaltet man nun die primären Spulen hintereinander, die sekundären gegeneinander, so wird man es — gegebenenfalls durch Verschiebung der Spulen auf einem der Hohre — erreichen, daß das Ticken der Uhr, welches das Mikrophon beeinflusst, nicht im Telephon gehört wird. Nähert man nun aber einem der Hohre ein Metallstück, so wird die primäre Windung des betreffenden Induktors induzierend auf dieses Metallstück wirken und dadurch in seiner Wirkung auf die sekundäre Spirale gestört. Infolgedessen überwiegt jetzt in der Gegenschaltung der andre Induktor, und man hört das Ticken der Uhr im Telephon.

Um diesen Vorgang anzuwenden, verschiebt man nach bewirkter Balancierung der Induktionswirkungen einen der beiden Induktoren über den Körper des Verwundeten und kommt man in die Nähe der Kugel, so tritt die eben geschilderte Wirkung auf, man hört das Ticken im Telephon. Dreht man das Rohr so lange, bis das Telephon seinen stärksten Ton gibt, so liegt die Kugel in der Achse des Rohres. Ganz so einfach gestaltet sich die Sache aber in der Praxis nicht, und vorläufig ist die Induktionswaage ein geistreicher Apparat geblieben, dessen eventuelle Verwendung der Zukunft angehört.

Der Phonograph.

Wie die elektrische Energie durch eine Leitung übertragen und durch den Akkumulator aufgespeichert werden kann, so vermögen wir auch den Laut, den wir durch das Telephon in die Ferne übertragen können, mit Hilfe einer Vorrichtung aufzuspeichern, so daß er an einer andern Stelle und zu einer späteren Zeit wieder wahrnehmbar gemacht werden kann. Hierfür dient uns eine Vorrichtung, welche man den „Phonograph“ genannt hat. Allerdings hat dieser Phonograph nichts mit der Elektrizität zu thun, denn sowohl die Fixierung wie die spätere Wiedergabe des Lautes geschieht auf rein mechanischem Wege; allein deshalb dürfen wir die Vorrichtung doch nicht übergehen, da sie eine Ergänzung des Telephons darstellt und vielleicht berufen ist, dereinst in Verbindung mit demselben noch eine große Rolle zu spielen.

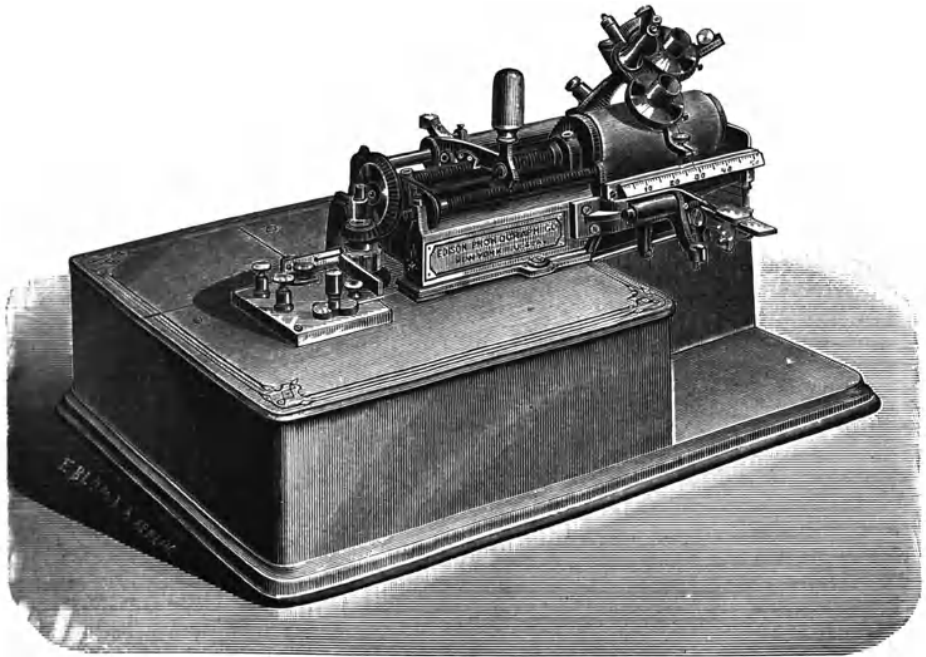


Fig. 709. Edisons Phonograph.

Wir haben bereits auf S. 518 gesehen, wie man den Ton graphisch fixieren kann. Denken wir uns nun, daß in jenem Apparat die Wellenlinie nicht in eine Ruffschrift eingeschrieben, sondern in eine Wachsfläche eingegraben wird. Denken wir uns weiter, daß ein solcher graviertes Wachsstück einer sehr leicht beweglichen Stimmgabel gegenüber gestellt werde, welche ebenfalls an der Spitze eines ihrer Schenkel einen feinen Stift trägt. Wir setzen diesen Stift in die eingegrabene Wellenlinie ein und drehen dann unsere Trommel. Es ist nun ersichtlich, daß der Stift und mit ihm der Schenkel der Stimmgabel in dieser Führung hin und her bewegt werden, daß die Bewegung der Wellenlinie jetzt eine gleiche Bewegung des Stiftes erzeugen muß, wie sie früher selbst durch eine derartige Bewegung entstanden ist. Läuft dabei die Trommel mit derselben Geschwindigkeit um, welche sie bei der Aufzeichnung der Wellenlinie hatte, so wird sich der Stimmgabelschenkel mit derselben Schwingungszahl hin und her bewegen, welche die aufzeichnende Stimmgabel hatte, mit andern Worten, er wird denselben Ton erzeugen, wie ihn die schreibende Stimmgabel besaß. In der Wellenschrift erscheint also der Ton fixiert und kann jederzeit beliebig wiedergegeben werden. Hätte die schreibende Stimmgabel mehrere Töne der Reihe nach aufgeschrieben, so würden dieselben in der gleichen Folge wiedergegeben

werden, und wenn wir nun an Stelle der schreibenden Stimmgabel eine Vorrichtung setzen, welche jeden an sie gelangenden Ton sofort in der gedachten Weise fixiert, so haben wir die Aufspeicherung des Lautes im Prinzip gewonnen.

In dieser geschilderten Weise suchte nun eine Reihe von Erfindern die Aufspeicherung des Tones praktisch zu gestalten, und es gelang schließlich Edison, ein Instrument zu erfinden, welches Töne und artikulirte Laute fixiert und später deutlich wiedergibt. Dies ist der Phonograph, wie er im großen Publikum bekannt geworden ist, und wir wollen nun sehen, wie Edison die eben geschilderten Prinzipien zu einer praktischen Konstruktion umgestaltete; wir beschreiben hierfür die neuere Konstruktion des Edisonschen Phonographen und wollen nachher am Schluß einige Worte über die ältere Form anfügen.

Wie unsre Fig. 709 erkennen läßt, besteht der Edisonsche Phonograph aus einer Walze, welche auf einer Welle befestigt ist. Die letztere wird durch ein Uhrwerk oder einen kleineren elektrischen Motor angetrieben. Über die Walze gleitet der schreibende bezw. der tonwiedergebende Teil des Apparates, dessen wesentlichen Teile Fig. 710 erkennen läßt.

Eine runde Membran ist in einem Metallringe gefaßt; der Raum über der Membran ist durch einen Deckel geschlossen, und durch diesen führt ein Schallrohr, an welches ein weiter Schlauch mit Mundstück gesetzt wird. Spricht oder ruft man in das Mundstück, so werden die Schallwellen auf die Membran geleitet und dieselbe entsprechend der Wellenbewegung auf und nieder bewegen. Nun sitzt unten an der Membran und in der Mitte derselben eine feine Schreibspitze, welche die Bestimmung hat, entsprechend der Bewegung der Membran mehr oder weniger tief in den Wachsüberzug der Walze einzudringen.

Die Membran und ihre Fassung sitzen auf einem Arm, der seinerseits an einem Schlittenapparat befestigt ist und mit dem Schlitten entsprechend der Umdrehung der Walze von rechts nach links verschoben wird. Damit diese Verschiebung in Übereinstimmung mit dem Umlauf der Walze vor sich geht, sehen wir an dem Schlitten einen zweiten Arm befestigt, welcher mit seinem vorderen Ende auf der vorn am Apparat sichtbaren Schraubenspindel ruht und auf derselben mit einem Stück Muttergewinde aufliegt. Wird also die Schraubenspindel bewegt, so wird der Schlitten verschoben werden, und da die Schraubenspindel durch eine endlose Schnur mit der Welle des Cylinders verbunden ist, so werden sich der Schlitten und mit ihm der Schreibstift in Übereinstimmung mit der Drehung der Walze auf ihr fortschieben, so daß der etwas in die Wachsmaße eindringende Stift eine feine Schraubenlinie auf der Walze einschneidet.

Solange die Membran sich nicht bewegt, wird die vom Stift eingeschnittene Spur eine gleichmäßige Tiefe haben; sobald aber die Membran unter Einfluß der Tonwellen hin und her bewegt wird, wird die Sohle der Spur bald höher, bald tiefer erscheinen, was uns Fig. 711 in vergrößerter Weise zeigt.

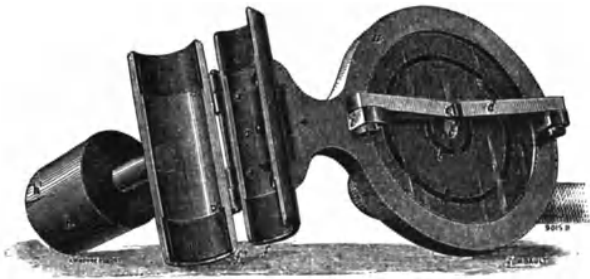
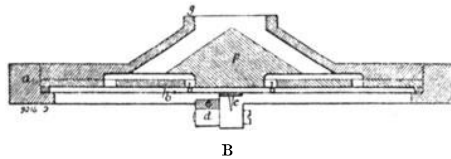


Fig. 710. Der schreibende Teil des Phonographen.

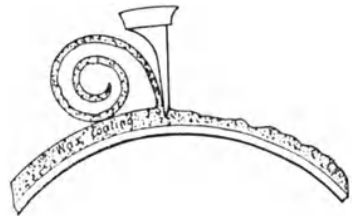


Fig. 711. Die Ausschneldung der Rinne in der Wachsmaße.

In diesen unregelmäßigen Wellen der Spursohle erhalten wir nun die Bewegungen der Membran fixiert, und nach dem früher Gesagten wird es uns verständlich erscheinen, daß wir diese Fixierung dazu benutzen können, um eine zweite, ähnliche, aber nachgiebigere Membran in Bewegung zu setzen, an welcher ein Führungsstift sitzt und die wie die schreibende bewegt werden wird, wenn wir den Stift über die gewellte Sohle der Spur hingleiten lassen. Für diese zweite Membran sitzt auf dem Arm, der die Fassung der ersten Membran trägt, eine zweite gleichgestaltete Fassung, welche man durch Drehung an Stelle der ersten bringt. Zu dieser Fassung führt ebenfalls ein Schallschlauch, der aber dünner als der erstgenannte ist und sich etwa $\frac{1}{2}$ Meter von seinem freien Ende in zwei Zweige teilt. Diese beiden Zweige endigen in gebogene Hartgummiröhrchen, welche man zum Hören der vom Phonographen wiedergegebenen Laute in die Öffnungen der beiden Ohren steckt (vgl. Fig. 713).



Fig. 712. Tainters Graphophon.

Die Walze, in welche der Schriftstift die Bewegungen der Membran eingraviert, besteht aus einem Messingcylinder, über welchen man eine geeignete Wachsmasse gelegt hat; die Zusammenfügung dieser Masse hat Edison nicht genau bekannt gegeben. Damit die Oberfläche der Walze durchaus eben wird, kann man dieselbe im Apparat selbst abdrehen, indem man auf dem Schlitten ein Messerchen befestigt, für welches eine geeignete Befestigungsvorrichtung vorhanden ist. Läßt man dann den Apparat laufen, so wird die Walze von dem sich fort-schiebenden Messerchen wie auf einer Leitungsspindelbank abgedreht. Das gleiche Verfahren wendet man auch an, wenn eine Lautschrift

auf der Walze ausgetilgt und die Walze zur Aufnahme eines neuen Phonogrammes bereit gemacht werden soll.

Die Behandlung des Apparates gestaltet sich nun folgendermaßen. Man setzt den Schreibstift der Fixierungsmembran auf das rechte Ende der Walze und läßt den Apparat laufen. Darauf spricht man die zu fixierenden Worte in das Mundstück des Schlauches. Ist man fertig oder hat der Schreibstift das linke Ende der Walze erreicht, so legt man den Arm, an welchem die Membran sitzen, nach hinten um und kann dann die Welle der Walze ausheben, die Walze selbst abziehen und durch eine neue ersetzen. Die voll-gesprochenen oder vollgeschriebenen Walzen können nun aufbewahrt und in demselben oder einem andern Phonographen beliebig oft zur Wiedergabe ihres Inhaltes benutzt werden. Hierfür hat man nur die betreffende Walze auf die Welle der Membran zu stecken und den Stift der Sprechmembran auf den Anfang der Schraubenlinie zu setzen, die der Schreibstift eingraviert hat. Allerdings so ganz beliebig ist die Zahl der Wiederholungen nicht, denn trotzdem die Sprechmembran und ihr Stift außerordentlich fein und empfindlich gearbeitet sind, so greifen sie doch die immerhin nicht stahlharte Wachsmasse mit der

Zeit an und zerstören allmählich die Gravierung der Lautwellen. Es ist deswegen von einem andern Phonographenerfinder der Ausweg versucht worden, statt der Originalgravierung eine galvanoplastische Kopie zu benutzen, welche in vielen gleichen Exemplaren hergestellt werden kann.

Statt der Wachsmasse hatte Edison früher Ende der siebziger Jahre ein Stanniolblättchen benutzt, in welches die schwingende Membran ihre Bewegungen einpunktete. Hierbei wurden aber nicht die Schwingungen in allen ihren Abstufungen wiedergegeben, sondern nur eine Reihe von Vertiefungen hervorgebracht, die in ihrer Aufeinanderfolge den Ton erzeugen. Nun haben wir anlässlich der Besprechung der Mängel des Reisschen Telephons (s. S. 525) darauf hingewiesen, daß eine genaue Wiedergabe der artikulierten Laute nur dann zustandekommt, wenn der schwingende Körper, der den Ton wiedergibt, den ursprünglichen Tonwellen in deren Abstufungen folgt. Diesen Mangel des Reisschen Telephons hatte auch der erste Edison'sche Phonograph mit Stanniolplatte, dem man heute noch in Jahrmärktbuden begegnet. Edison machte sich also bei seinem verbesserten Phonographen die Wahrnehmungen zu nütze, die Bell bei seiner Verbesserung des Reisschen Telephons geleitet hatten.

Ungefähr zur selben Zeit wie Edison mit seinem verbesserten Phonographen kam ein anderer Amerikaner, Tainter, mit einem Phonographen heraus, der sich aber von dem Edison'schen in den Hauptsachen nicht unterscheidet. Die einzige, wesentliche Verschiedenheit liegt in dem Betriebe der Welle, welche bei Edison durch ein Uhrwerk, bei Tainter durch Fußbetrieb wie bei einer Nähmaschine erfolgt. Um bei diesem Betriebe eine genau gleichmäßige Umdrehungsgeschwindigkeit zu erzielen, hat Tainter einen sehr hübsch konstruierten und leistungsfähigen Regulator eingeschaltet, welcher die verlangte Gleichmäßigkeit bewirkt. Für die praktische Anwendung des Phonographen ist diese Verbesserung nicht unwesentlich, da sie die Betriebskraft in einfachster und sicherster Weise erzeugen läßt. Eine Abbildung dieses Instrumentes (Fig. 712) zeigt die Einsprechung der Worte in die Wachswalze.

Der Taintersche Apparat, von seinem Erfinder „Graphophon“ genannt, wie er in Fig. 713 abgebildet, führt das Instrument in seiner Anwendung vor. Die auf die Walze diktierten Geschäftsbriefe werden von dem Schreiber mit dem Ohre aufgenommen und flugs auf der Schreibmaschine in eine papierene Gestalt gebracht. Dies leitet uns auf die Frage der Verwendbarkeit des Phonographen über. Der Leser wird sich erinnern, wie vor Jahr und Tag die gesamte Tagespresse zweier Welten mit Hochdruck für den Phonographen Stimmung machte und alle Tage ein neues Geschichtchen von „Mr. Phonograph“ zu erzählen wußte. Waren diese Zeitungen recht berichtet, so bedurfte man keines Steno-



Fig. 713. Graphophon, einem Maschinenschreiber den Brief diktierend.

graphen mehr, denn der Phonograph besorgte die Aufzeichnungen der gesprochenen Worte billiger und besser als das irrtumsvolle Wesen Mensch. Briefe wurden fortan nicht mehr geschrieben, sondern auf die Walze gesprochen, und man erwartete schon von Herrn von Stephan, daß er Phonogrammwalzen für einfaches Briefporto übermitteln würde.

Seine Arien sang der Sänger zu Hause und verschickte sie dann in zahllosen phonographischen Kopien an alle, die sie hören wollten. Die Leihbibliotheken führten keine gedruckten Bücher mehr, sondern die Romane wurden auf Walzen gesprochen und so konnte sie jeder gleich im lebenden Wort aufnehmen. Um fremde Sprachen zu lernen, steckte man nur die Hörschläuche eines Phonographen ins Ohr, und sofort ergossen sich Vokabeln und Phrasen in reiner Aussprache in den Geist des Schülers. Solches und zehntausendmal mehr war von der großen Erfindung in den Zeitungen erhofft worden,

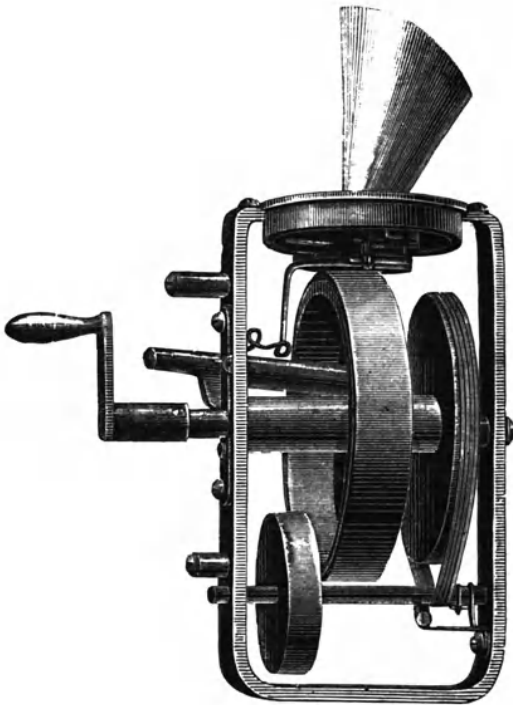


Fig. 714. Kuppenphonograph.

und der Leser braucht sich nicht zu schämen, wenn er es geglaubt hat; aber wundern wird er sich jetzt, daß er von allen diesen Versprechungen bisher noch so wenig erfüllt gesehen hat. Nun, wir wollen ihm das Geheimnis verraten. Alle diese Geschichten waren von den Unternehmern, welche die Edison'sche Erfindung erworben hatten, in die Welt gesetzt worden, um für den Verkauf der Patente Klamme zu machen, und die Tagespresse nahm willig alles auf, was ihr von Amerika an Enten zuflog.

Wollen wir daher die Edison'sche Erfindung richtig beurteilen, so müssen wir zunächst etwa neun Zehntel von dem abziehen, was von ihrem Werte behauptet worden ist; damit geht allerdings der größere Teil der Bedeutung der Erfindung in Rauch auf, aber das übrig bleibende Zehntel ehrt auch den Mann, dessen Verdienst die Erfindung des Phonographen ist und ehrt ihn, weil es berechtigt ist, besser als die übrigen neun Zehntel, die ihm nichts genügt, aber viel geschadet haben.

Der Edison'sche Phonograph ist kein Apparat, der praktisch verwendbar ist. Von den Kosten des Apparates wollen wir zur Zeit absehen; diese würden bei Massenfabrication sehr bald auf eine annehmbare Größe vermindert worden sein. Vor allem ist der Apparat zu schwierig zu handhaben. Es gehört schon die Geschicklichkeit eines Mechanikers dazu, um den Apparat in regulärem Zustande zu benutzen; etwaige Fehler zu beseitigen, welche bei dem empfindlichen Mechanismus leicht vorkommen, liegt außerhalb des Könnens des großen Publikums, für welches der Phonograph berechnet sein sollte. Weiter ist es ein Mangel, daß die Walze nicht eben viel Worte aufnimmt; sie ist in wenigen Minuten vollgesprochen und eine halbweg umfangreiche Korrespondenzthätigkeit würde für den Tag schon eine beträchtliche Anzahl Walzen benötigen. Endlich ist aber auch die Wiedergabe des Apparates keineswegs eine durchweg deutliche, und es werden unter Umständen recht unliebsame Mißverständnisse durch ihn veranlaßt werden. Was die Aufnahme von Reichstags- und gerichtlichen Verhandlungen angeht, so ist der Phonograph hierfür viel zu unempfindlich, und an eine solche Verwendung brauchen wir vorderhand nicht zu denken, bis ein besserer Apparat dieser Art erfunden sein wird.

Die Verwendung des Phonogramms an Stelle des Briefes würde die Versendung der Walze im Paket erheischen, wenn sich die Postverwaltungen nicht dazu herbeiließen, einen billigeren Tarif für solche Sendungen einzuführen, wozu sie vorerst kaum geneigt sein werden. Die 40 Pfennige Portounterschied hätten bei uns schwerlich die Verbreitung des Phonographen gefördert, abgesehen davon, daß es zwar pläjäerlich ist, einen langen Brief zu sprechen, aber weniger unterhaltend, ihn anzuhören.

So ist der Phonograph teils ein interessanter wissenschaftlicher Apparat, teils ein Spielzeug und Demonstrationsobjekt für Schaubuden geblieben und in letzterer Beziehung hat er noch die meisten Erfolge errungen. Der geschäftliche Wert des Phonographen nach dieser Richtung hin wurde von der amerikanischen Phonographengesellschaft auch bald erkannt, und dieser Erkenntnis entsprang eine Verwendung des Apparates, welche demselben eine größere Verbreitung verschafft hat, nämlich für sprechende Puppen. Dem auf der Höhe der Zeit stehenden amerikanischen Kinde genügte die Puppe, die nur „Papa!“ und „Mama!“ sagen und die Augen auf- und zuklappen, schon lange nicht mehr, und so kam Edison's Erfindung wie gerufen, um diesem Mangel abzuhelfen. Den Puppen wurde in den Balg, der sonst mit Schnöder Kleie ausgefüllt ist, ein Phonograph von primitiver Konstruktion, wie ihn Fig. 714 zeigt, gesteckt und auf die Walze desselben einige passende Worte gebracht, welche die Puppe nun unaufhörlich wiederholen konnte. Wie lange die Freude des Kindes an einem solchen Spielzeug dauert, wollen wir hier unerörtert lassen, können aber nicht umhin, auf einen weiteren Vorzug dieser sprechenden Puppen hinzuweisen. Wenn nämlich Brüderchen Fritz, der wie alle Jungen in bezug auf Puppen bedenkliche Forschungsgelüste hegt, eine solche Puppe ausschneidet, so wird er hier wenigstens nicht wie bei den Puppen der Alten Welt durch den geistlosen Kleien- oder Berginhalts enttäuscht werden, sondern findet etwas Reelles, das er weiter kaput machen kann.

Das elektrische Fernsehen. Die Errungenschaft, welche uns das Telephon für die Übertragung der Lautwellen gebracht hat, gab die Anregung, eine ähnliche Übertragung auch für Lichtwellen aufzusuchen, um mittels derselben zu dem elektrischen Fernsehen zu gelangen. Nun lassen sich zwar Lichtwirkungen in elektrische umsetzen, und wir haben auf S. 34 die Lichtelemente erwähnt, welche eine solche photoelektrische Erscheinung aufweisen. Aber von hier bis zum elektrischen Fernsehen ist noch ein sehr weiter Weg. Man wird dies erkennen, wenn man berücksichtigt, daß das gedachte Problem von der elektrischen Lautübertragung wesentlich verschieden und sehr viel schwieriger ist. Bei der Lautübertragung ist in jedem Augenblick nur eine Bewegung zu übermitteln, und das Ohr nimmt diese aufeinander folgenden Bewegungen oder Veränderungen nacheinander auf und stellt sie zu einem Lautgebilde auf. Bei der Übertragung eines Bildes sind aber unzählig viele nebeneinander bestehende Verschiedenheiten gleichzeitig zu übermitteln, was man sofort erkennt, wenn man sich ein Bild in unendlich viele kleine Vierecke zerlegt denkt und nun jedes Viereck nicht nur in seiner Farbe, sondern auch in seiner genauen Lage zu den andern Vierecken gleichzeitig mit diesen zusammen durch einen Draht übertragen will. Für die Lösung einer solchen Aufgabe fehlen uns vorerst die Mittel.

Eine gewisse, wenn vorerst nur schwache Möglichkeit für eine teilweise Lösung des Problems erhalten wir, wenn wir auf die gleichzeitige Wiedergabe sämtlicher Vierecke, welche das Bild mosaikartig zusammensetzen, verzichten und statt dessen die aufeinander folgende Wiedergabe benutzen. In diesem Fall könnten wir jeden Punkt des zu übertragenden Bildes mit dem zugehörigen Punkte in der Tafel des Empfängers verbinden und für den einzelnen Punkt Farbe und Lichtstärke übertragen. Wir müßten dann durch zwei synchrone Uhrwerke die beiden Enden der Leitung über das abzunehmende Bild und über die wiedergebende Tafel hinführen und erhielten auf der letzteren das Bild aufgezeichnet. Hierbei müßte aber entweder die ganze Reihe der Punkte so außerordentlich rasch durchlaufen werden, daß die Wirkung im Auge, welche der erste Punkt hervor gebracht hat, noch in genügender Stärke besteht, wenn der letzte erscheint, so daß die Einwirkungen aller Punkte im Auge gleichzeitig vorhanden ist, oder die Wirkung müßte, wie das Lichtbild in der Camera des Photographen, auf der Tafel des Empfängers fixiert werden.

Es ist ersichtlich, daß die letztere Methode die einfachere ist, während die Erzeugung eines sofort sehbaren Bildes große Schwierigkeiten bieten muß. In dem einen wie in dem andern Falle werden wir uns übrigens vorerst darauf beschränken, nur die Verschiedenheiten in der Lichtstärke der Mosaikstücke zu übertragen und schon zufrieden sein müssen, wenn wir die beiden Extreme Weiß und Schwarz übertragen, also nur Konturen und Striche wiedergeben können; aber selbst so weit sind wir noch nicht einmal.

In einfachster Weise gelangen wir zu einer elektrischen Bildübertragung, wenn wir eine Einrichtung nach Art der Kopiertelegraphen zu Hilfe nehmen. Denken wir uns, daß in einer Camera in der Ebene, in welcher das Bild entsteht, eine punktgroße Selenzelle (vergl. S. 35) in parallelen dicht nebeneinander gestellten Linien hin und her bewegt wird, so daß sie also die Bildebene sozusagen schraffiert, so wird der Widerstand der Selenzelle, wenn sie an eine helle Stelle kommt, kleiner sein als an einer dunklen Stelle.



Stg. 716.
Wiedergabe eines telegraphierten Porträts.

Nun läßt sich die Anordnung treffen, daß sie in dem einen oder andern Fall einen Strom in eine Leitung schickt und haben wir die Anordnung derart getroffen, daß sie an der dunklen Stelle den Stromstoß ausschickt, so kann dieser auf der entfernten Stelle dazu benutzt werden, um auf einem besonders präparierten Papier einen blauen Punkt zu erzeugen; es hat hierfür nur der Strom aus einer Metallspitze auf das Papier und weiter in die Rückleitung zu gehen, wie dies bei dem Kopiertelegraphen (s. S. 430) erläutert worden ist. Bewegt sich nun der Stift auf einem gleich großen Papierblatte und stets genau in den gleichen Lagen wie die Zelle in der Bildebene, so erhalten wir für jeden dunklen Punkt in der Bildebene einen blauen Punkt auf dem Papier, und aus diesen Punkten wird sich nun die Zeichnung des in der Camera entstandenen Bildes auf dem Papier entwickeln. Wir sehen aber, daß ein solcher Apparat alle Fehler der Kopiertelegraphen hat, vor allem mit ihm die Langsamkeit in der Arbeit teilt.

Statt der Selenzellen oder photoelektrischen Elemente hat man auch eine andre Wirkung des Lichtes, welche als „Radiophonie“ bezeichnet wird, für die Lösung des Problems des elektrischen Fernsehens zu Hilfe zu nehmen gesucht. Setzt man dünne Scheiben aus einem beliebigen Stoffe der Wirkung eines intermittierenden Lichtstrahles, also einer Kette von rasch aufeinander folgenden Lichtflößen aus, so geben dieselben einen Ton. Die Stoffe eignen sich nicht alle gleich gut hierfür; am wirksamsten haben sich Platten aus Hartgummi und berußte Körper, wie auch Ruß selbst erwiesen. Die stärkste Wirkung erzielt man, wenn man einen hohlen Körper mit berußter Drahtgaze füllt und den zitternden Lichtstrahl auf dieselbe fallen läßt.

Eine praktische Bedeutung haben alle diese Anordnungen noch nicht gewinnen können, ja, sie haben zum großen Teil noch nicht einmal eine mehr als papierne Gestalt gewonnen. Zu etwas mehr Leben ist eine Erfindung von N. S. Amstutz in Cleveland, Ohio, der „Ferndruck“, gelangt, welcher es ermöglicht, von einem Bilde mit Hilfe der elektrischen Übertragung eine Druckplatte am entfernten Orte zu erzeugen, deren Abdruck das Original wiedergibt. Sind auch die Mittel, welche Amstutz zur Erreichung dieses Zweckes in seinem Apparate, den er „Artograph“ nennt, benutzt, nicht eben neue, so verdient doch die geschickte Anwendung derselben wie auch die immerhin überraschende Arbeit eine kurze

Beschreibung an dieser Stelle. — Amstutz stellt zunächst aus dem ebenen Originalbilde ein Reliefbild her, in welchem die Schatten entsprechend ihrer Tiefe durch stärkere Vertiefungen ausgedrückt sind. Dies hat keine Schwierigkeiten, und das Verfahren hierfür ist schon lange bekannt. Zu diesem Zwecke bedeckt man eine Platte aus Chromgelatine — Gelatine mit chromsaurem Kali versetzt — mit dem Negativ des photographierten Originals und belichtet das Ganze. Die belichteten Teile werden dadurch unlöslich, während an den weniger oder gar nicht belichteten Stellen die Gelatine löslich bleibt und später mit lauwarmem Wasser ausgewaschen werden kann.

Die so erhaltene Reliefplatte wird nun um einen metallenen Cylinder gelegt und mit diesem in den Sender gebracht. Diesen können wir uns etwa von der Form wie in Bakewells Kopiertelegraphen (Fig. 490) denken, wenn wir den eben erwähnten Cylinder an Stelle der Walze bringen und den Schreibstift an einem beweglichen Hebel anbringen, so daß er sich mit den unter ihm fortgehenden Höhen und Tiefen des Reliefs heben und senken kann. Die Schraubenspinde, welche im Bakewell-Apparat den Stift verschiebt, ist auch hier vorhanden, und so wird der Stift auf der sich unter ihm drehenden Trommel eine Spirallinie mit engen Windungen beschreiben.

Der Hebel, an welchem der Schreibstift sitzt, wirkt nun auf einen veränderlichen Widerstand und schaltet je nach der Hebung des Stiftes mehr oder weniger Abteilungen des Widerstandes in den Stromkreis ein, so daß also die Stromstärke dadurch abgeändert und entsprechend der höheren oder tieferen Stellung des Stiftes graduiert wird. Die Tiefenschwankungen im Relief werden also Stromstärkenschwankungen zur Folge haben, und damit ist der geometrische Charakter der Gelatineplatte ins Elektrische übersetzt worden.

Auf der Empfangsstation werden diese elektrischen Verhältnisse wieder ins Geometrische zurück übertragen. Dazu wird der schwankende Strom um einen Elektromagneten geleitet, der einen Schreibstift, entsprechend der erregenden Stromstärke, mehr oder weniger tief senkt. Der Schreibstift seinerseits wirkt auf eine Wachsschicht, die auf einem Papierblatt ausgebreitet und mit diesem um einen Cylinder gelegt ist. Dieser letztere dreht sich in gleichem Gangmaß wie der Cylinder mit dem Relief im Sender und wird außerdem durch ein Schraubengewinde an seiner Welle wie der Wachscylinde des Phonographen in der Richtung der Drehachse verschoben.

Der Schreibstift, wie er sich in das Wachs senkt, nimmt nach Art eines Drehstabes Masse aus dem sich unter ihm drehenden Wachscylinde fort und arbeitet eine um so tiefere Rinne in das Wachs, je mehr er gesenkt, d. h. je größer die Stromstärke im niederziehenden Elektromagneten ist. Diese wiederum hängt davon ab, wie tief der Stift sich im Sender auf die Reliefplatte gesenkt hat, und so wird denn der Schreibstift im Empfänger ein ähnliches Relief aus dem Wachscylinde herausarbeiten, wie es die Gelatineplatte darbietet.

Nach beendeter Ausgravierung der Wachssplatte wird der Wachscylinde aufgeschnitten, eben ausgebreitet und galvanoplastisch kopiert. Man erhält dadurch eine Druckplatte, welche im Abdruck das Bild zeigen wird, welches das Original bot — natürlich ein wenig undeutlicher und verwaschener.

Unsre beiden Figuren 715 und 716 werden erkennen lassen, wie diese telegraphischen Bilder aussehen. Gewiß erscheinen sie nicht vollkommen, allein man erkennt doch den versprechenden Anfang, und es wird auch die Zeit kommen, wo der Draht nicht nur Wort und Laut, sondern auch das Bild übermitteln wird, so daß die Zeitungen uns neben den telegraphischen Berichten der Zeitereignisse auch gleich die Bilder derselben werden geben können.



Fig. 716. Wiedergabe des telegraphierten Bildes einer Tänzerin.

Die Anwendung des elektrischen Stromes in der Heilkunde.

Einleitung. Die physiologische Wirkung des Stromes. Die Anwendung der physiologischen Wirkung. Die Galvanoakustik. Anwendung der Elektrolyse in der Medizin. Elektrische Beleuchtung für medizinische Zwecke. Medizinische Anwendungen des Telephons und Mikrophons.



Nach den vielen Anwendungen des elektrischen Stromes, welche wir in diesen Blättern beschrieben, bleibt uns noch eine zu erwähnen übrig, welche zwar wichtig und segensreich wie die andern ist, aber außerhalb des eigentlichen Gebietes der Elektrotechnik steht, nämlich die Anwendung für die medizinischen Zwecke. Es kann nun unsre Sache nicht sein, diese Anwendung in ihrer Bedeutung für die Heilkunst zu erörtern, und wir werden uns darum auf den rein technischen Teil derselben beschränken, indem wir die Wirkungen des Stromes, wie sie die medizinische Wissenschaft benutzt, in den von ihr gehandhabten Formen schildern. Das einzige, was wir hier über das Medizinische dieses Teiles der Elektrotechnik zu äußern haben, ist die Mahnung an den Leser, niemals eigenmächtig und ohne Anweisung des Arztes die Elektrizität für Heilzwecke anzuwenden, denn in der Hand des Laien ist der Strom ein tückischer Geselle, der unter Umständen schlimmes Unheil anrichten kann.

Die intensiven Wirkungen, die selbst schwache Ströme auf die Nerven und mit elektrolytischen Vorgängen auf den gesamten Organismus ausüben, darf man nicht, ohne Schaden befürchten zu müssen, auf unbekanntem Wege durch den Körper leiten. Wie es keinem Elektrotechniker beikommen wird, die Pole einer Dynamomaschine an eine ganz unbekannte Leitung anzuschließen, weil er weiß, daß dadurch vielleicht an einer ihm unbekanntem Stelle ein schlimmer Brand oder etwas andres Gefährliches entstehen kann, so soll, wer nicht dazu berufen, den Strom auch nicht in das so viel verzweigte Getriebe des menschlichen Organismus einführen. Mit dieser Warnung, in welcher die Herren Ärzte unter unsern Lesern hoffentlich keinen unberechtigten Einfall in ihr Gebiet erblicken werden, wollen wir den medizinischen Teil dieses Kapitels abgethan sein lassen.

Die physiologische Wirkung des Stromes. Was nun die von den Ärzten verwendeten Wirkungen des Stromes angeht, so steht die physiologische vornan, welche am längsten und zur Zeit auch wohl am meisten angewendet wird. Diese ist auch dem Laien bekannt, und der elektrische Schlag einer Leidener Flasche wie auch die Krampfwirkung, welche ein Induktionsapparat erzeugt, wird heutzutage fast auf jedem Dorfjahrmarkt von fahrenden Heilkünstlern vorgeführt. In den stärkeren Graden hat diese Wirkung ein sehr trauriges medizinisches Interesse, das auch die Elektrotechnik betrifft; wir meinen die

Tötung von Menschen durch Berührung von elektrischen Leitungen, die hochgespannten Strom führen. Leider sind die Fälle solcher Erschlagungen schon recht zahlreich, wenngleich — das sei ausdrücklich gesagt — die elektrischen Anlagen, selbst die mit den höchsten Spannungen, sich immer noch weit weniger gefährlich gezeigt haben als Maschinenbetriebe. Man darf aber nun nicht denken, daß überhaupt jede elektrische Anlage solche Gefahren für das Leben in sich birgt. Zunächst ist zu beachten, daß zur Zeit die meisten Anlagen mit harmlosen Spannungen bis zu 400 Volt arbeiten. Bei 100 Volt wird man zumeist



Fig. 717. Batterieschrank für Arzte.

keine Wirkung spüren, wenn man die Pole einer Dynamomaschine berührt. Bei empfindlichen Personen und wenn die Berührung mit angefeuchteten Händen erfolgt, kann das Gefühl eines leichten Krübbelns auftreten. Bei länger dauernder Einwirkung treten aber auch andre Folgen auf, welche in den elektrolytischen und andern Wirkungen des Stromes begründet sind.

Die bei den Wechselstromanlagen verwendeten Hochspannungsströme haben allerdings gefährdende Spannungen, und eine Berührung der beiden Hochspannungsleitungen dürfte bei den 2000 und mehr Volt Spannung, welche bei diesen Anlagen in Anwendung kommen, zumeist den sofortigen Tod zur Folge haben. In gleicher Weise wird ein Gleichstrom, obwohl derselbe nicht so vernichtend wie Wechselstrom wirkt, bei einer Spannung von 2000 Volt von tödender Wirkung. Wo im übrigen die tödende Grenze bei der

einen oder andern Stromart beginnt, ist vorläufig noch nicht festgestellt, wird sich auch wohl nicht allgemein bestimmen lassen, da die Konstitution des einzelnen eine größere oder geringere Empfänglichkeit für Stromwirkungen bedingt. Dies erklärt, warum in einzelnen Fällen Personen den Stoß einer 2000 Volt-Leitung ohne Schaden erfahren und in andern Fällen schon 1000—1200 zur Vernichtung eines Lebens ausgereicht haben.

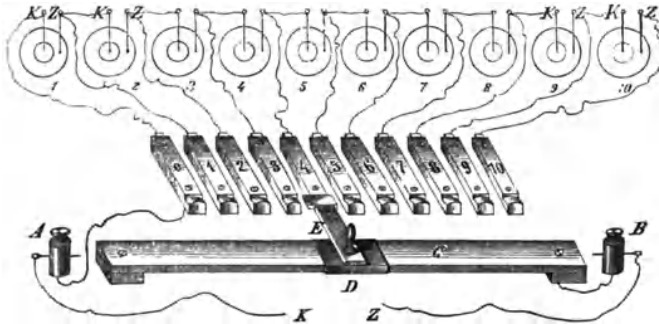


Fig. 718. Schieberstromwähler

Im allgemeinen hält man in der Elektrotechnik daran fest, Gleichstromleitungen, welche für jedermann, sei es ohne weiteres oder ohne große Mühe, zugänglich sind, nicht mit mehr als 400 Volt zu laden; beim Wechselstrom bleibt man unter dieser Grenze. Bei solchen Spannungen ist die Gefahr und selbst ein erschreckender Stoß ausgeschlossen. Etwas anders liegt die Sache in Amerika, wo man bei den in Häuser eingeführten Leitungen sehr weit über die Grenze gegangen ist. Dafür aber auch erreicht hat, daß die Totenliste der durch Stromleitungen Erschlagenen dort weit größer ist als für Europa; von den bis jetzt bekannt gewordenen Unfällen dieser Art, die sich auf etwa 100—150 belaufen, entfallen zwei Drittel, wenn nicht drei Viertel auf Amerika; mit dieser Zahl steht es auch relativ — wenn man die größere Verbreitung der elektrischen Anlagen in Amerika in Rücksicht zieht — dem alten Europa voran.

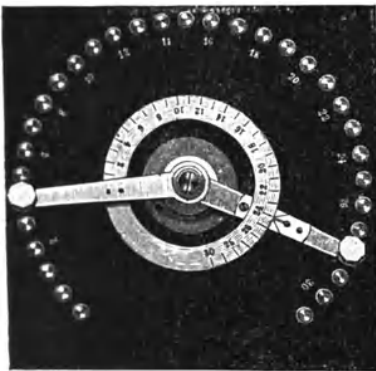


Fig. 719. Kurbelstromwähler.

Was die unbeabsichtigte Einführung tödlicher Spannungen in Hausanlagen angeht, so wäre eine solche bei den Transformatoranlagen zu vermuten, da im Transformator Hoch- und Niederspannungsleitungen dicht nebeneinander liegen. Dieser Möglichkeit trägt aber jede solide Fabrik-Rechnung und sorgt durch peinlich genaue Ausführung und weitere Sicherungseinrichtungen dafür, daß ein solcher Übertritt des Hochspannungsstromes in die Niederspannungsleitungen nicht vorkommen können.

Leider hat die tödende Wirkung des Stromes auch eine Anwendung gefunden, die traurigste, welche die Elektrotechnik kennt, zur Hinrichtung, welche im Staat New York seit einigen Jahren gefehlich durch den Strom bewirkt wird. Diese Verwendung des Stromes dürfen wir mit dieser kurzen Bemerkung abthun, denn sie wird dem Leser ebenso unerfreulich sein, wie dem Verfasser und allen Elektrotechnikern. Um mit einem heiteren Bild zu schließen, wollen wir noch die geniale Erfindung Meister Oberländers von den „Fliegenden Blättern“ erwähnen, in welcher dem Schulmeister ein großer Tastenapparat auf den Katheder gestellt wird, damit er durch einen Druck auf eine Taste dem zugehörigen Jungen mittels eines elektrischen Schlages, den eine elektrische Leitung an eine zur Abstrafung von altersher geeignete Körperstelle zuleitet, die dringend benötigte

moralische Ermahnung zuführen kann. Dem viel geärgerten Geschlechte der Jugenderzieher wäre die allgemeine Einführung eines solchen elektrischen Abstraftelegraphen wohl zu gönnen, nur ist zu fürchten, daß die Schlingel sehr bald mit dem Nutzen isolierender Zwischenschichten vertraut würden und die Besserungswirkung des Stromes zu schanden machten. Wir werden daher wohl bei dem alten Verfahren bleiben müssen, das sich übrigens bisher gut bewährt hat.



Fig. 720. Apparatschrank für Ärzte.

Die Anwendung der physiologischen Wirkung. Die physiologische Wirkung des Stromes wird von den Ärzten in mehreren Formen angewendet und zwar mit Gleichstrom in niedriger und hoher Spannung und mit Wechselstrom. Für niedrigespannten Gleichstrom bedienen sich die Ärzte zur Erzeugung des Stromes passender Batterien, in denen Zink-, Kupfer- oder auch Leclanché-Elemente benutzt werden. Diese Batterien werden zumeist in besonderen Batterieschränken untergebracht, denen man häufig eine elegantere Ausstattung gibt, als sonst Batterieschränke erhalten. Unsere Fig. 717 zeigt einen solchen Batterieschrank von C. & E. Fein. Da die angewendeten Stromstärken nach Urteil des

Arztes genau bemessen sein müssen, so werden mit der Batterie Einrichtungen verbunden, welche die Spannung an den Stellen, bei denen der Strom dem Körper zugeführt wird, abändern lassen. Zu diesem Zweck ist ein Batteriewähler vorhanden, welcher die Zahl der eingeschalteten Elemente beliebig abändern läßt. Durch dieses Instrument wird der eine Leitungsdraht an den Pol eines der in Reihe geschalteten Elemente angelegt, während der zweite Draht am freien Pol des ersten Elementes liegt; indem man nun durch den Wähler mehr oder weniger Elemente zwischen beide Drähte legt, ändert man entsprechend die Spannung des wirkenden Teiles der Batterie. Unser Bild (Fig. 718) zeigt einen solchen Schieberstromwähler, während wir in Fig. 719 eine ähnliche Vorrichtung mit Kurbelverstellung von Reiniger, Gebbert & Schall erblicken.



Fig. 721.
Electrode.

Außer dieser Vorrichtung zur Veränderung der Spannung ist auch der Rheostat, der veränderliche Widerstand, welcher in die Leitung eingeschaltet wird, in Gebrauch und er hat den Vorzug, daß er die Legung der vielen Leitungen von den Polen jedes Elementes zu den Kontaktstücken des Wählers umgeht, außerdem aber auch vermeidet, daß die vorderen Elemente mehr angestrengt werden, als die letzten der Reihe, welche nur seltener bei benötigten größeren Spannungen benutzt werden.

Zur Beurteilung der elektrischen Wirkung messen die Mediziner zumeist die Stromstärke. Da diese bei ihnen nur in sehr kleinen Größen angewendet wird, so benutzen sie als Stromeinheit nicht das Ampère, sondern eine Untereinheit desselben, das Milliampère, welches ein Tausendstel eines Ampère ist.

Zur Messung der Stromstärke wird ein Milliampèremeter angewendet, welcher die Stromstärke unmittelbar in diesen Einheiten ablesen läßt.

Außer diesen Apparaten benötigt der Arzt noch verschiedene Umschalt-einrichtung, wie z. B. einen Stromwender, Aussschalter und Umschalter. Alle diese Hilfseinrichtungen werden zumeist in fester Aufstellung auf einem Apparattisch angebracht, der zuweilen mit dem Batterieschrank in unmittelbarer Verbindung steht. Eine derartige Vorrichtung zeigt unsre Fig. 720, auf welcher wir die Batteriewähler, den Milliampèremeter und andre Sachen erblicken. Die reiche äußere Ausstattung des Apparattisches, welche sich von den schmucklosen Formen der in früheren Kapiteln beschriebenen Schaltvorrichtungen erheblich unterscheidet, entspricht der Verwendung desselben im Sprechzimmer des Arztes, und ein Patient wird schon beim Anblick des hocheleganten Apparates Zutrauen zu seiner Heilkraft fassen, was bekanntlich von großem Vorteil für die Wirkung ist.



Fig. 722.
Elektrode mit
Unterbrecher.

Nächst den Vorrichtungen zur Erzeugung und Regulierung des Stromes bedarf der Arzt Instrumente, welche die Überleitung auf den Körper vermitteln und diese „Elektroden“ sind von den in der Technik benutzten wesentlich verschieden. Wo es sich darum handelte, den Strom an einzelnen äußeren Körperteilen ein- und auszuführen, so bedienen sich die Ärzte solcher Körper, mit denen der Körper auf kleinen Flächen berührt werden kann. Zur bequemen Handhabung solcher Kontakte sind dieselben mit Stielen in Handgriffen befestigt.

Wegen des erheblichen Übergangswiderstandes, den die trockene Haut dem Strome bietet, wird zwischen Haut und Elektrode eine Flüssigkeitsschicht gebracht und zu diesem Zwecke die Elektrode derart gestaltet, daß sie die Berührungsstelle auf der Haut anfeuchten kann. Eine einfache Vorrichtung dieser Art ist in Fig. 721 abgebildet. Auf einem Handgriff aus Holz oder Hartgummi sitzt eine Klemmschraube, mit welcher durch eine Leitungsschnur der eine Pol der Batterie verbunden ist. Auf der Klemme ist ein gebogener Draht befestigt, welcher in einem Metallknopf endigt. Um diesen Knopf legt man eine Lage Schwamm oder Flanell und überzieht dieselbe mit Leinwand. Für die Benutzung

wird dieser Bausch mit warmem Wasser oder Kochsalzlösung getränkt. Mit zwei solcher Elektroden, von denen jede mit einem Pol verbunden ist, kann der Arzt nun in bequemer Weise den Körper berühren und den Strom durch die zu behandelnden Teile leiten.

Für die Zuleitung des Stromes in Körperhöhlen müssen die Elektroden besondere Formen erhalten, welche der Gestaltung der Hohlräume angepaßt sind.

In vielen Fällen will der Arzt eine Unterbrechungsvorrichtung an der Elektrode selbst haben. Zu diesem Zwecke wendet er eine Elektrode an, wie sie in Fig. 722 dargestellt ist. Hier ist die Klemmschraube von dem Stiel der Elektrode durch eine Hartgummi-zwischenlage isoliert und wird durch den kleinen Hebelauschalter mit ihm in leitende Verbindung gebracht. Der Arzt kann also durch einen Druck mit dem Daumen der umfassenden Hand die Verbindung leicht unterbrechen, ohne die Elektrode selbst vom Körper- teil abheben zu müssen.

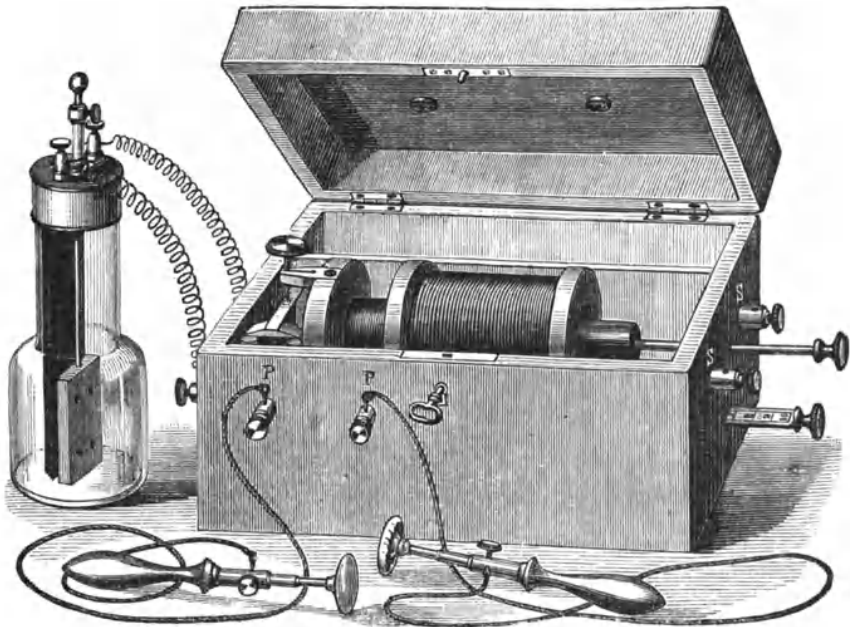


Fig. 723. Schlittenapparat nach Dubois-Reymond.

Soll der Strom nicht an einzelnen Teilen des Körpers eingeführt werden, sondern auf der ganzen Hautfläche eindringen, so bietet sich als bequemste Zuführung das Wasser eines Bades dar. Der Patient wird in eine Wanne gebracht und durch eine isolierende Unterlage gegen die metallene Wandung der Wanne, wenn diese aus Metallblech besteht, geschützt. Das Wasser des Bades wird durch die Blechwanne oder durch eingesetzte Elektroden mit dem einen Pol der Batterie verbunden, während der andre Pol mit Metallgriffen, die der Patient in die Hände nimmt, in Verbindung ist. In anderer Weise gestaltet man die elektrischen Bäder derart, daß am Kopf- und am Fußende des Patienten je eine mit einem Batteriepol verbundene Elektrode in das Badewasser gebracht wird, so daß der Strom das Wasser und den zwischen den Elektroden liegenden Körper des Patienten durchzieht.

Außer dem Gleichstrom findet der Wechselstrom, und zwar mit hoher Spannung, Verwendung in der Medizin. Zur Erzeugung desselben dient ein Induktionsapparat, in dessen primäre Leitung eine Selbstunterbrechung (vergl. Fig. 323) eingeschaltet ist. Um die erzeugte sekundäre Spannung beliebig abzustufen zu können, haben diese Induktionsapparate zumeist eine Einrichtung, welche von Dubois-Reymond angegeben ist und im Prinzip

darin besteht, daß die sekundäre Spule mehr oder weniger über die primäre geschoben werden kann. Zu diesem Zwecke ist (Fig. 723) die primäre Spule in wagerechter Lage mit ihrem einen Ende an einem senkrecht stehenden Brettchen befestigt worden. Auf dem Grundbrett bewegt sich in Falzen ein Schieber, auf welchem die sekundäre Spule be-

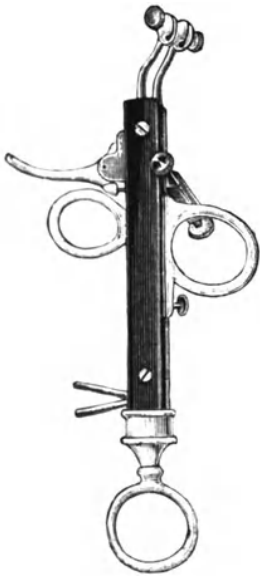


Fig. 724.
Galvanokaustischer Handgriff.



Fig. 725. Galvanokauter.



Fig. 726. Restkopfbrenner.

festigt ist, welche also schittenartig über die primäre geschoben werden kann. Zudem man nun durch diese bequeme Verstellvorrichtung die primäre Spule mehr oder weniger in die sekundäre eintauchen läßt, erzielt man eine größere oder geringere Induktionswirkung, d. h. eine größere oder geringere Spannung an der sekundären Spule.



Fig. 727.
Verschiedene Brenner.

Die Galvanokaustik. Neben der physiologischen Wirkung findet die Wärmewirkung des Stromes ausgedehnte Anwendung in der Medizin, und zwar für chirurgische Zwecke. Ein durch den Strom rotglühend gemachter Draht dient dazu, kranke Stellen auszubrennen, wozu man früher glühende Eisenstäbe verwendete, oder auch abzuschneiden, wobei der glühende Draht in einer Schlinge um den kranken Teil gelegt wird und durch Zuziehung der Schlinge wie ein Messer schneidend wirkt. Die Anwendung des Stromes zum Abbrennen von Körperteilen heißt man Galvanokaustik.

Die Glühendmachung eines Platindrahtes von der benötigten Stärke erfordert eine ziemlich große Stromstärke, und es müssen deswegen für galvanokaustische Zwecke besondere Batterien angewendet werden, welche einen verhältnismäßig kleinen Widerstand haben. Vielfach bedient man sich hierfür der Tauchelemente mit Chromsäurefüllung, welche den Vorteil bieten, daß sie die Stromstärke durch mehr oder weniger tiefes Eintauchen bequem regulieren lassen.

Zur Einführung und Anbringung des Glühdrahtes dienen besonders gestaltete Handgriffe, welche Klemmvorrichtungen zur Verbindung des Griffes mit der Batterie, einem

Außschalter und einen Zuggriff enthalten; der letztere dient für solche Fälle, in denen Teile durch den glühenden Draht abgechnürt werden sollen und die Drahtschlinge daher zusammengezogen werden muß. In den Griff können nun verschieden geformte Stiele eingefügt werden, welche die Glühdrähte halten und mit denen dieselben an die kranke Stelle herangebracht werden können. Diese Brenner oder „galvanokautischen Messer“, wie sie der Arzt heißt, sind den verschiedenen Zwecken entsprechend verschieden geformt. So sehen wir in den Figuren 724—727, welche solche Instrumente der Berliner Firma Eck wiedergeben, eine Anzahl Formen dargestellt. Bei den mit b und c bezeichneten Brennern ist der Glühdraht um einen Porzellankörper gewickelt, welcher mit dem und durch den Draht glühend wird.

Der Stiel, auf welchem diese Brenner sitzen, besteht aus zwei voneinander isolierten starken Kupferdrähten, welche den Strom zu dem Glühdraht führen.

Anwendung der Elektrolyse in der Medizin. Nächst der Wärmewirkung des Stromes kommt für die Medizin die elektrolytische in Frage, welche sowohl durch Ansetzen von Elektroden an die Haut, wie auch durch Einführung der Elektroden unter dieselbe erzielt wird. Für diesen Zweck werden die Elektroden als Spitzen gestaltet und in die Haut eingestochen. Man hat ein derartiges Verfahren zur Entfernung von Haaren angewendet; hierfür wird eine Elektrodenspitze neben der Haarwurzel in die Haartasche gestochen und der Strom einiger Elemente durch einen Schwamm, der dem Patienten als positive Elektrode in die Hand gegeben wird, nach der Nadel hingeleitet. Nach 5—10 Minuten hat die an der Spitzenelektrode entstehende Zersetzung das Haar so weit gelockert, daß es ohne Anstrengung entfernt werden kann.

Eine andre Wirkung des Stromes, die osmotische, wird dazu angewendet, flüssige Medikamente in die Haut einzuführen oder umgekehrt, giftige Stoffe, wie Quecksilber, Silber u. s. w. aus dem Körper herauszuführen. Diese Wirkung beruht darauf, daß der Strom unter gewissen Bedingungen Flüssigkeiten durch eine poröse Scheidewand führt. Zur Anwendung dieses Vorganges werden dem Patienten Elektroden angelegt, welche in Hohlgläsern die einzuführende Flüssigkeit enthalten. Das Hohlglas ist mit einer geeigneten Membran (Tierblase) überspannt, und diese Membran legt man auf die Haut, so daß der Strom durch die Flüssigkeit, Membran und Haut in den Körper geht.

Für die umgekehrte Wirkung bringt man den Patienten in ein Bad und leitet den Strom durch seinen Körper nach dem Badewasser, wodurch dann die schädlichen Stoffe aus dem Körper in das Wasser geführt werden sollen.

Elektrische Beleuchtung für medizinische Zwecke. Die Ärzte machen auch von dem elektrischen Licht zur Beleuchtung von Körperhöhlen Gebrauch. Für gewöhnlich dient zu diesem Zweck reflektiertes Licht, aber es sind auch jetzt Instrumente konstruiert worden, welche die Körperhöhle unmittelbar erhellen, indem bei ihnen eine kleine Glühlampe in den Raum eingeführt wird. Als Glühfaden für diese Lampe wird ein Platindraht benutzt; dieser entwickelt nun aber eine beträchtliche Hitze, gegen welche der Organismus geschützt werden muß. Um dies zu erreichen, umgibt man die Glühlampe mit einer dünnen Wasserschicht, welche durch fortwährenden Durchfluß erneuert und kühl gehalten wird. Die schematische Form des Apparates gestaltet sich, wie Fig. 728 es erkennen läßt.

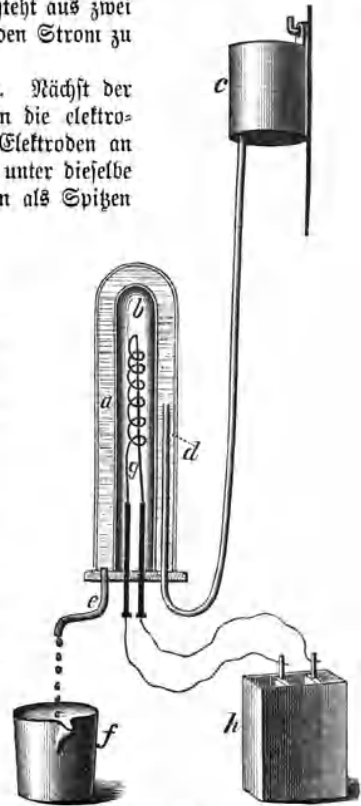


Fig. 728. Elektroendostop.

Wir sehen hier die längliche Glühlampe von einem zweiten Glasgefäß umgeben und den zwischen beiden Glaswänden entstehenden Hohlraum mit Wasser gefüllt, das durch einen Behälter fortwährend erneuert wird und durch eine Ablaufröhre unten am Boden abfließt. Mit der Ausbildung solcher Apparate hat sich insbesondere Leiter in Wien befaßt.

Medizinische Anwendungen des Telephons und Mikrophons. Auch das Telephon und das Mikrophon sind von der Heilwissenschaft für die Behorchung von Körpergeräuschen und die Wahrnehmung von Bewegungen dienstbar gemacht worden. Von Dr. Stein in Frankfurt am Main ist ein Apparat konstruiert worden, die Pulsbewegungen telephonisch wahrnehmbar zu machen. Im wesentlichen besteht dieses „Sphygmophon“ aus einer empfindlichen Kontaktvorrichtung, welche durch die Bewegung des Pulses geschlossen und geöffnet wird und dabei einen Stromkreis schließt und unterbricht, was durch ein Telephon wahrgenommen wird. Eine Abbildung des Apparates gibt Fig. 729 a. Ein

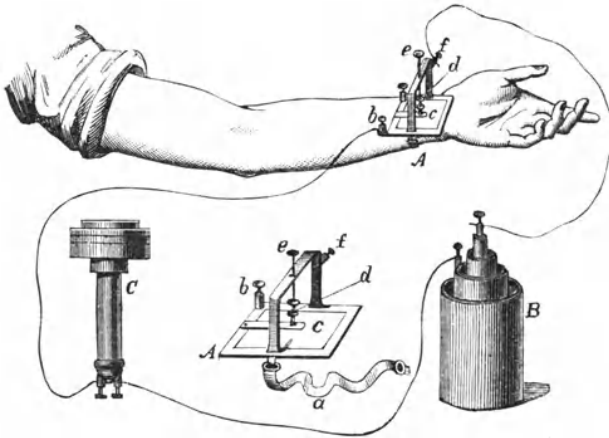


Fig. 729 a. Sphygmophon nach Dr. Stein.

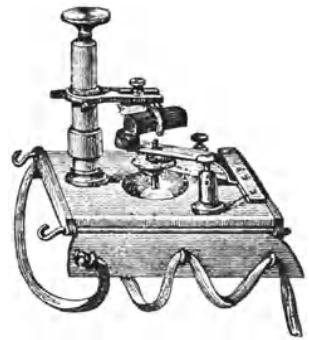


Fig. 729 b.
Sphygmophon nach Dr. Boudet.

Metallrähmchen wird durch ein Band auf dem Handgelenk befestigt. An dem Rähmchen sitzt eine feine Blattfeder, die am oberen Ende ein Platinknöpfchen trägt. Über diesem Knöpfchen steht eine Platinspitze, welche durch eine Mikrometerschraube demselben auf beliebige Entfernungen genähert werden kann. Die Platinspitze wird von einem Bügel getragen, der isoliert am Rähmchen befestigt ist. Der Strom geht nun vom Element nach der Platinspitze und von dieser, falls sie das Knöpfchen berührt, nach dem Rähmchen, weiter dann durch ein Telephon und kehrt dann zum Stromerzeuger zurück. Wird nun bei der Bewegung der Arterie der Stromkreis geschlossen, so markiert sich dies im Telephon, wie sich auch die Trennung des Stiftes vom Knöpfchen in dieser Weise wahrnehmbar machen wird.

Ein andre Vorrichtung ist von Dr. Boudet angegeben, bei welcher die Mikrophonwirkung benutzt ist. Auf einem Brettchen, welches auf dem Handgelenk befestigt wird, ist (Fig. 729 b) eine Blattfeder befestigt, welche einen Knopf trägt, der auf der pulsierenden Arterie liegt. Das Ende der Feder trägt ein Kohlenstückchen, an welchem ein zweites von einem Ständer getragenes Kohlenstück anliegt, so daß wir also ein kontaktiges Mikrophon erhalten, welches die Bewegungen und Geräusche der Arterie im Telephon wiedergeben kann.

Ein ähnliches Instrument desselben Arztes dient dazu, die Geräusche, welche bei der Kontraktion des Muskels entstehen, wahrnehmbar zu machen.

Die Elektrizität in der Landwirtschaft.



Unter allen Eroberungen, welche die Technik gemacht hat, ist manche wohl größer, aber keine interessanter, als ihr Erfolg bei den bodenbebauenden Leuten. Das Eindringen in dieses Gebiet ist der Technik nicht leicht geworden, denn sie stand darin einer Jahrtausende alten Praxis und einem zähen Gemüte gegenüber, das Neuerungen mit großem Mißtrauen betrachtet. Aber dennoch hat sie mit ihrer siegenden Gewalt Gerät und Werkzeug und Verfahren der Landwirte, der Forstleute, der Weinbauern und aller der Leute, die aus Boden, Sonne und Wasser Erzeugnisse gewinnen, umzugestalten gewußt.

Bisher waren es nur die Chemie und die Mechanik, welche an dieser umgestaltenden Verbesserung teilnahmen, aber jetzt rüstet sich auch die Elektrotechnik, in die Landwirtschaft einzufallen, einstweilen wohl zum Schrecken der Herren Landwirte, aber mit der Zeit werden sie schon erkennen, welcher kraftvolle Gehilfe ihnen im Strom erwachsen wird.

In der Hauptsache liegt die Bedeutung der Elektrizität für die Landwirtschaft in der Zukunft, und die jetzigen Anfänge, welche mit der Benutzung des Stromes für die gedachten Zwecke gemacht worden sind, bleiben vorerst noch in bescheidenen Grenzen. Das liegt einesteils daran, daß die elektrotechnischen Fabriken sich noch nicht sehr gedrängt gefühlt haben, kostspielige Versuche für landwirtschaftliche Sondermaschinen zu machen, und auf der andern Seite die Landwirte sich noch nicht sonderlich mit Elektrotechnik befassen, so daß bei ihnen noch der Antrieb fehlt, sowohl die elektrotechnischen Hilfsmittel aufzunehmen, als auch sie durch eigne geistige Thätigkeit ihren Zwecken gemäß umzugestalten. In dieser Beziehung könnte die eine oder andre der deutschen landwirtschaftlichen Akademien ein heilsames Werk thun, wenn sie einen Lehrstuhl für landwirtschaftliche Elektrotechnik errichtete. Aber das wird ja auch kommen.

Was nun die bis jetzt versuchten Anwendungen des Stromes in der Landwirtschaft angeht, so kommt zunächst die Beleuchtung in Frage, die allerdings keine spezifische Anwendung auf diesem Gebiete darstellen kann.

Bei dringlichen landwirtschaftlichen Arbeiten, für welche die Nachtzeit zur Hilfe genommen werden muß, läßt sich das elektrische Licht mit Nutzen anwenden, da es sich für diesen Fall wegen seiner Ausgiebigkeit und Ungefährlichkeit empfiehlt. Allerdings wird man darauf verzichten müssen, große Areale in dieser Weise zu erleuchten, aber eine einzelne Arbeitsstelle, sagen wir den Dreschplatz, wie es unsere Fig. 730 darstellt, wird man un schwer mit einer oder zwei Bogenlampen erhellen können. Die Landwirte scheuen

freilich häufig vor der Umständlichkeit zurück, welche angeblich die Errichtung und der Betrieb einer solchen Anlage machen sollen. Aber haben sie mit der Zeit gelernt, eine Dampfmaschine zu führen, so werden sie auch wohl das bißchen Technik, das der Betrieb einer Dynamomaschine und einer Bogenlampe fordert, sich aneignen können. Wenn namentlich die gleich zu besprechende elektrische Kraftübertragung etwas mehr Eingang in die Landwirtschaft genommen haben wird, so ist zu erwarten, daß die Landwirte das elektrische Licht für ihre Zwecke verwenden werden.

Von der elektrischen Kraftübertragung darf sich die Landwirtschaft eine wesentliche Hilfe versprechen. Denken wir uns, daß ein Gut an einer Stelle eine Einrichtung zur Erzeugung von Betriebskraft besitze, es möge nun eine Wasserkraft oder eine Dampfmaschine oder ein anderer Motor sein. Zur Zeit läßt sich diese Betriebsanlage nur dann anwenden, wenn die betriebene Maschine, das zu ver- oder bearbeitende Material in die Nähe des Motors gebracht wird; für das ausgedehnte bebauten Gelände bleibt die Maschinenanlage unfruchtbar. Dies ändert sich sofort, wenn wir die elektrische Kraftübertragung zu Hilfe nehmen und den beim Motor erzeugten Strom durch Leitungen auf einen leicht transportablen elektrischen Motor übertragen. Die Schwierigkeiten, welche einem solchen Betriebe gegenüberstehen, sind wesentlich praktischer Natur. Der Landwirt weiß mit der Aufstellung der Leitungen, mit der Beherrschung des Stromes, der Behandlung der elektrischen Maschinen noch zu wenig Bescheid und traut sich deshalb nicht an derartige Anlagen recht heran. Ist er durch geeignete Einrichtungen erst in den Stand gesetzt worden, selbst ohne große Mühe fliegende Anlagen zu errichten, dann vermag er seine Maschinenanlage, die heute an den Ort gebannt ist, auf der ganzen Fläche seines Besitztums nutzbar zu machen, kann mit Hilfe der Kraftübertragung seinen Boden beackern und besäen, die Frucht schneiden und auf dem Felde ausdreschen.

Erforderlich hierfür ist, was wir schon oben bemerkten, daß der Landwirtschaft geeignete maschinelle Einrichtungen geschaffen werden. Daran fehlt es zur Zeit noch, weil, wie schon gesagt, hüten wir drüben die Anregung ausbleibt, der Landwirt sich für den elektrischen Betrieb nicht interessiert, weil ihm die Elektrotechniker nichts zeigen, und die Elektrotechniker keinen Anreiz zur Herstellung von landwirtschaftlichen Sondereinrichtungen erhalten, weil sie kein Interesse dafür beim Landwirt sehen. Die Firma Siemens & Halske hatte vor Jahren einen Versuch in dieser Richtung gemacht und eine elektrische Einrichtung zur Umpflügung des Bodens gebaut, welche wir, obwohl sie keine Verbreitung gefunden hat, hier abbilden wollen. Großer Erläuterung bedürfen unsre Bilder nicht. Wir sehen in Fig. 731 zwei fahrbare elektrische Motoren an den Enden des zu bepflügenden Ackers aufgestellt, welche den Pflug an einem Seil hin und her ziehen, wie wir dies ja schon aus der Dampfplügerei kennen. Der auf dem Wagen stehende elektrische Motor treibt die Seilwinde und kann, sobald eine neue Furche in Angriff genommen werden soll, auf die Räder des Wagens selbst umgeschaltet werden, so daß er den Wagen um ein entsprechendes Stück weiter bewegt. Die Zuleitung des Stromes erfolgt durch ein Doppelfabel, welches auf eine Trommel am Wagen gewickelt wird und entsprechend dem Vorrücken des Wagens ausgegeben oder eingenommen wird. Es wird von den Verhältnissen abhängen, ob man durchweg Rabelleitung anwendet oder zunächst für das ganze Gebiet ein großmaschiges oberirdisches Leitungsnetz aufstellt, an welches man nach Bedarf das Rabel des Motors anschließt. Wir hätten uns etwa zu denken, daß für das ganze Gut ein fest aufgestelltes Leitungsnetz, das von der zentralen Motoranlage ausgeht, errichtet wird und nun jeweils nach Bedarf fliegende Verbindungen hergestellt werden, welche an beliebigen Punkten des Netzes angeschlossen werden. Strom und Netz können dann in vielfältiger Verwendung für die verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeiten, für Be- und Entwässerungen, für Transport, Dreschen, Pflügen, Säen u. s. w. benutzt werden. Eine Frage, welche allerdings hier sehr in Betracht kommt, ist diejenige nach Anlage- und Betriebskosten. Diese Frage mögen unsre staatlichen landwirtschaftlichen Anstalten in einer Versuchsanlage beantworten; ihre Pflicht ist es, einen solchen Versuch zu machen.

Über den in Fig. 732 abgebildeten Pflug haben wir nichts zu sagen, da er nichts Elektrisches bietet und mit dem Dampfplug gleich ist.

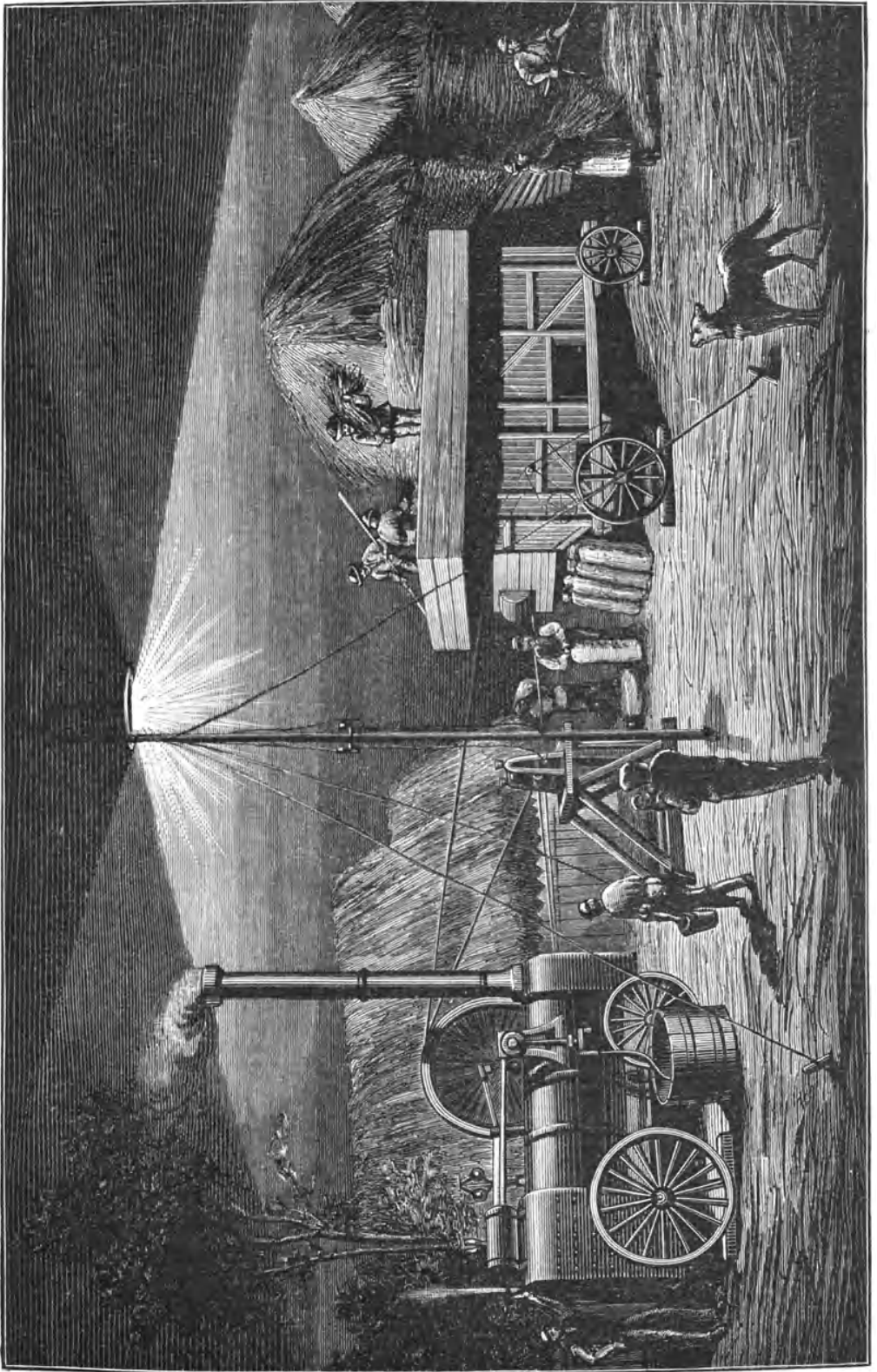


Fig. 780. Dreifüßer mit der Maschine bei elektrischem Licht.

Von Seiten der Firma Ganz & Co. ist der Versuch gemacht worden, die elektrische Kraftübertragung bei Baumfällungen zu benutzen. Bei dieser Vorrichtung wird ein Bohrer durch einen elektrischen Motor umgetrieben, und man kann nun entweder eine Reihe dicht nebeneinander stehender Löcher in den Baum bohren, welche den Zusammenhang zwischen Wurzel und Stamm aufheben, oder man läßt den Bohrer wie eine Fräse



Fig. 731. Umpflügung mit Hilfe elektrischer Kraftübertragung.

wirken und schneidet unter Drehung der Bohrvorrichtung einen flachen Schnitt in den Baum ein. Das erstere Verfahren kommt für härtere Hölzer in Anwendung, das zweite, welches Fig. 733 A andeutet, benutzt man für weichere Holzarten. Zur Befestigung der Vorrichtung wird sie mit zwei Ketten an den zu fällenden Baum gelegt, wie Fig. 733 B dies erkennen läßt. Diese Befestigung läßt sich leicht lösen, sobald der Baum zu fallen

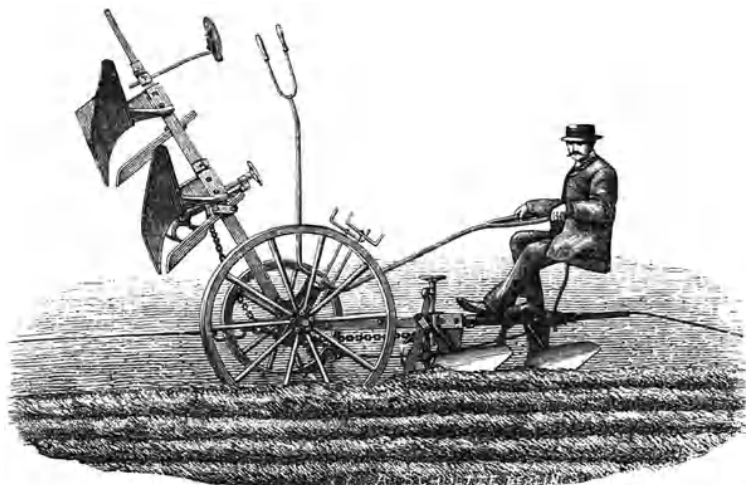


Fig. 732. Pflug für den elektrischen Betrieb.

droht. Der Vorteil dieser elektrischen Maschine ist darin zu suchen, daß sie bei rascherer Arbeit, als sie die Hand ermöglicht, doch wegen ihrer vergleichsweise Leichtigkeit unschwer über den unebenen Waldboden gefahren und an den zu fällenden Baum herangebracht werden kann, wobei die Kraft durch ein dünnes Kabel von einer entfernten Stelle leicht zuzuführen ist.

Eine verwandte Vorrichtung sind die elektrischen Eisschneider, welche dazu dienen, die für die Eishäuser bestimmten Blöcke aus der Eisdecke auszuscheiden. Eine derartige

Maschine ist in Amerika aufgetaucht, wo bekanntlich die Eiskwirtschaft einen sehr großen Umfang gewonnen hat; es handelt sich hier aber auch erst um einen Versuch, der noch nicht zu einer größeren Anwendung gelangt ist.

Von Interesse für die Bodenbebauung in allen Formen ist die Frage, ob die Elektrizität einen fördernden Einfluß auf das Wachstum der Pflanze auszuüben vermag. Heute läßt sich diese Frage, namentlich was die praktische Verwendbarkeit einer solchen Einwirkung angeht, noch nicht bejahend beantworten; es liegt aber eine Anzahl Versuche vor, welche für eine derartige Anwendung des Stromes sprechen. In neuerer Zeit hat sich der Russe Spechnew eingehend mit Untersuchungen über die fördernde Einwirkung des Stromes auf die organische Thätigkeit der Pflanzen befaßt und ist zu dem Ergebnis gelangt, daß eine solche thatsächlich vorhanden ist. Zunächst unterwarf er Samen der verschiedensten Pflanzen der Einwirkung eines Induktionsstromes, indem er die Samen, welche er vorher in Wasser hatte aufquellen lassen, in ein weites Glasrohr brachte, dergestalt, daß sich die einzelnen Körner berührten, und nun durch zwei an den Enden des Rohres aufgesetzte Kupferplatten den Strom eines Induktionsapparates durch den Samen leitete. Die Elektrifizierung dauerte eine bis zwei Minuten, worauf dann die Körner ausgesät wurden. Zur Kontrolle wurde nicht elektrifizierter Samen unter thunlichst gleichen Bedingungen gesät, und es zeigte sich, daß der elektrifizierte Samen nur etwa die halbe Zeit zur Entwicklung brauchte als der nicht elektrifizierte, und die aus dem elektrifizierten Samen hervorgegangenen Pflanzen kräftiger waren als die andern. Die Versuche wurden zehnmal wiederholt und hatten folgendes Ergebnis:

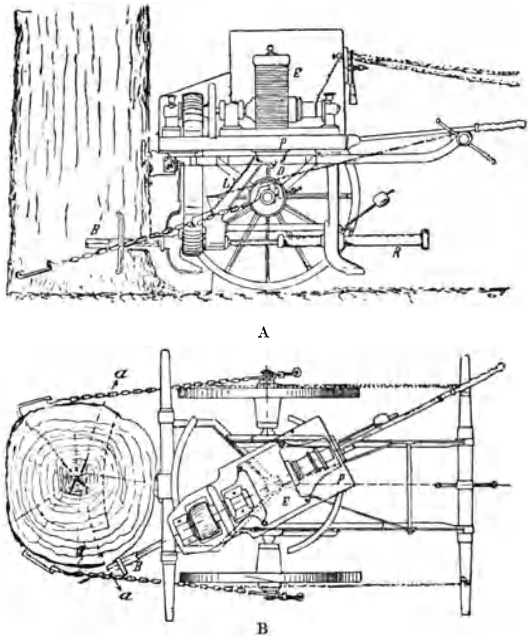


Fig. 733. Elektrische Baumfällmaschine.

		Erbsen	Bohnen	Koggen	Tournesol	
Die elektrifizierten	} Samen entwickelten sich in {	2,5	3	2	8,5	} Tagen.
Die nicht elektrifizierten		4	6	5	15	

In einer zweiten Versuchsreihe, welche Spechnew im botanischen Garten in Kiew anstellte, wurden an den Enden langer Beete je eine Kupfer- und eine Zinkplatte in den Boden eingegraben und durch einen oberirdisch geführten Draht verbunden, so daß je zwei solcher Platten zusammen mit dem Erdreich des Beetes ein galvanisches Element bildeten, dessen Strom die Erde des Beetes durchzog. In die Beete wurden Blumen und Gemüsepflanzen gesät. Der Einfluß dieses andauernden Stromes zeigte sich durch eine vermehrte Entwicklung der eingesäten Pflanzen, durch eine größere Ernte und insbesondere durch Hervordringung ungewöhnlich großer Gemüsepflanzen. So hatte beispielsweise ein Rettich 133 Millimeter Durchmesser und 430 Millimeter Länge; eine Mohrrübe wog nahe drei Kilogramm. Beide Früchte hatten einen ausgezeichneten Geschmack und waren sehr zart und saftig. Bei der Untersuchung der Erden aus den verschiedenen Beeten ergab sich, daß das elektrifizierte Erdreich nahezu den doppelten Gehalt an löslichen Stoffen aufwies als das nicht elektrifizierte. Läßt sich aus diesen Versuchen kein allgemeiner Schluß ziehen, so verdienen sie doch Beachtung und werden hoffentlich zu weiteren Versuchsarbeiten anregen.

II. Die Elektrotechnik in ihren weiteren Beziehungen.

Die Kunst in der Elektrotechnik.

Einführung. Die Elektrizität in der Kunst. Die Kunst in der Elektrotechnik. Beleuchtungskörper für Glühlicht. **Der Wandarm.** Die Kronleuchter. Die kleineren Hängeträger. Die Standträger. Glühlampenschalen; Lichtschirme; Glocken. Die Bogenlampenträger. Elektrische Bierglocken.



Kunst und Technik sind enger verwandt, als es auf den ersten Blick scheinen mag. Der Künstler mag sich freilich von der Technik manchmal unabhängig dünken, aber ihre Fortschritte wirken unmerkbar doch auf die Entwicklung der Kunst ein. Am ersten wird uns dies bei der Baukunst deutlich werden, welche von allen Künsten die innigsten Beziehungen zur Technik hat. Allein auch die andern Künste werden früher oder später durch die Fortentwicklung der Technik neue Verfahren für die Gestaltung ihrer Gebilde gewinnen und in dem vermehrten Reichtum der Formen den heilsamen Einfluß der Technik empfinden. So halten wir es für sicher — paradox genug mag es dem Leser klingen — daß die Musik eine ungeahnte Erweiterung ihrer Ausdrucksfähigkeit durch die Elektrotechnik erfahren wird. Und dies hängt folgendermaßen zusammen. Die heutige Musik setzt ihre Gebilde aus vier Elementen zusammen, aus der Melodie, der Harmonie, der Rhythmik und Dynamik. Aber es existiert noch ein fünftes, der Klang, der heute noch in Fesseln liegt und arm im Ausdruck geblieben ist. Nun wissen wir aber aus der Physik, daß der Reichtum der Klangformen ein geradezu unermesslicher ist, und unser Ohr kennt ja auch eine große Zahl verschiedener Klänge. Aber es fehlt uns die Möglichkeit, nach unserm Willen und in voller Freiheit Klänge erzeugen zu können, und die musikalischen Klangfarben, die uns zu Gebote stehen, sind in Zahl gering.

Was ist der Klang? v. Helmholtz hat uns die Antwort auf diese Frage gegeben. Er ist nichts andres als ein gleichzeitiges Hörbarwerden mehrerer Töne, die aber nicht wie in der harmonischen Verbindung voneinander getrennt bleiben, sondern mit ihren Tonwellen zu einer Wellenreihe zusammenschmelzen. Nun lehrt uns die Mathematik, daß der Formenreichtum solcher aus den Zusammensetzungen einfacher Tonwellen entstehenden Wellenreihen eine unendliche ist, und da jede Formverschiedenheit eine Klangverschiedenheit bedeutet, so sehen wir sich hier eine unermessliche Welt von Tongebilden eröffnen, von denen auch nur ein kleiner Teil für die Musik verwendbar zu sein braucht, um diese Kunst mit einem uner schöpfl ichen Reichtum zu begaben.

Aber die heutige Technik der Tonerzeugung ermöglicht uns keine Freiheit in der Erzeugung und Zusammensetzung der Tonwellen. Wir erhalten fertig aus unsern Tonwerkzeugen gewisse Zusammensetzungen, gewisse Klänge, aber sind nicht im Stande, sie nach Belieben zu modulieren. Ganz anders gestaltet sich aber die Sache, wenn wir unsere Tonwellen aus elektrischen Stromwellen erzeugen. Hier sind wir schon heute bis zu einem gewissen Grade im Stande, reine Wellen in beliebiger Gestalt zu erzeugen, und wir vermögen solche verschiedenartige Wellen übereinander zu legen und sie vereint in einem Telephon als klanggefärbte Tonwellen erscheinen zu lassen. Wird uns die weitere Entwicklung der Elektrotechnik erst die Mittel gegeben haben, die Stromwellen nach unserm Willen modulieren zu können, so werden wir nicht mehr den Ton durch die heutigen mechanischen Mittel erzeugen, sondern ihn aus den von uns beherrschten Stromwellen in beliebigen Klangfarben entstehen lassen, und damit ist der Musik die Welt des Klanges eröffnet worden. So sehen wir die Elektrizität auch in das Gebiet der Kunst übergreifen, und zuverlässig wird sie auch dort, wie überall, als eine umwälzende Macht erscheinen. Allein wir wollten hier nicht von der Elektrizität in der Kunst, sondern von der Kunst in der Elektrotechnik sprechen und gehen daher, nachdem wir eine erste Beziehung der beiden scheinbar so fremden Gebiete dargethan haben, auf unser Thema über.

Die Kunst in der Elektrotechnik. Soweit die Elektrizität in den Maschinenanstalten und Fabriksälen erzeugt und verwendet wird, oder wo sie im vergrabenen Leiter durch den Straßenboden fließt, bedarf sie keiner verschönernden Künste; sie ist in diesen Fällen schon genügend bedacht, wenn alle für sie bestimmten Einrichtungen technisch richtig und in Ordnung sind, und aller weiterer Ausputz wäre hier verdächtig. Zwar gibt man den elektrischen Maschinen gern ein sauberes Aussehen. Man lackiert sie hübsch, die Amerikaner bemalen sie auch zuweilen mit allerhand Schnörkeln von amerikanischen Formen, man poliert und vernickelt manche Teile, aber alles dies hat nur den Zweck, der Maschine ein anständiges Äußeres zu geben und ihr dadurch auch eine anständige Behandlung zu sichern; auf eine weitere Verschönerung wird man sich nicht einlassen und eine Dynamomaschine im gotischen Stile oder ein Schaltbrett mit Skulpturen in Rokoko würden ihrem Verfertiger zweifellos nur zu Fastnacht Beifall verschaffen.

Aber der Strom kommt auch in Umgebungen, in welche er nicht im schlichten Arbeitsmittel eintreten kann; denn er steigt in die Zimmer der Reichen, in die Gemächer und Säle der Kaiserschlöffer, in die luxuriösen altdeutschen Bierstuben, in die Prachträume der modernen Kaufhäuser und in die Straßen der Hauptstädte, wo man ihn scheel ansehen würde, wenn er sich in seinem Hausgewande zeigen wollte. Am meisten verlangen die Deutschen von ihm, die von dem Strom nur wissen wollen, wenn er ihnen geschmiegelt und gebügelt entgegentritt. Da hat er es in Amerika besser, denn dort ist man ihm auch gewogen, selbst wenn er auf einem Draht von wahrhaft ruppiger Verknicung einherkommt und sein Licht von einem unbehauenen Holzpfahl leuchten läßt oder fröhlich funkend auf die knarrende Kontaktrolle der elektrischen Bahn übergeht. Ja, das ist noch ein Leben drüben! Da hat Freund Strom doch auch manchmal den Spaß, daß der Draht reißt und auf die Straße fällt, so daß er die Gäule, die just auf denselben treten, ein wenig kitzeln kann, daß sie mit Vorder- und Hinterbein ausschlagen oder gelegentlich auch tot umfallen. So etwas darf er in Deutschland nicht; da droht gleich die Polizei, die politische wie die ästhetische, und er muß hier immer im Sonntagsstaate gehen, wenn er sich vor den Leuten zeigen will.

Nun hat aber auch dieses sein Gutes, und die großen Ansprüche, welche man bei uns an die elektrischen Vorrichtungen erhebt, haben gerade hier eine Fülle schöner Kunstkörper, welche für die elektrischen Anlagen bestimmt sind, entstehen lassen und eine ausgedehnte Kunstindustrie hierfür ins Leben gerufen, welche die ganze Welt mit ihren Erzeugnissen versorgt. Die jährliche Produktion Deutschlands an Beleuchtungskörpern für elektrisches Licht, welche naturgemäß den Hauptteil der Kunstzeugnisse für die Elektrotechnik ausmachen, wird sich auf mehrere Millionen Mark im Jahre berechnen, und es ist erfreulich, daß gerade unser Vaterland auf diesem Gebiete der Kunstindustrie die erste Stelle einnimmt.

Beleuchtungskörper für Glühlicht. Unter den Kunstkörpern für elektrische Beleuchtung nehmen diejenigen für Glühlicht die erste Stelle ein, sowohl was ihre Zahl und ihre Erzeugung betrifft als auch in bezug auf die künstlerische Ausbildung. Dies liegt einerseits darin begründet, daß die Glühlampe in der Hauptsache für Innenräume bestimmt ist und am ersten Eingang in Luxusräume gefunden hat, so daß sie in der geschmückten Umgebung

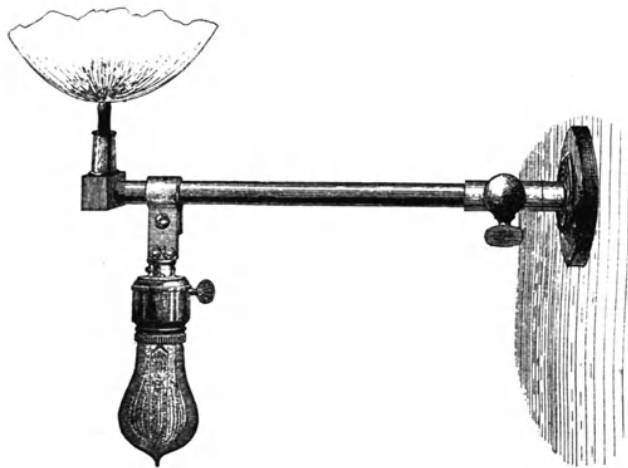


Fig. 734. Gasarm mit angelegter Glühlampe.

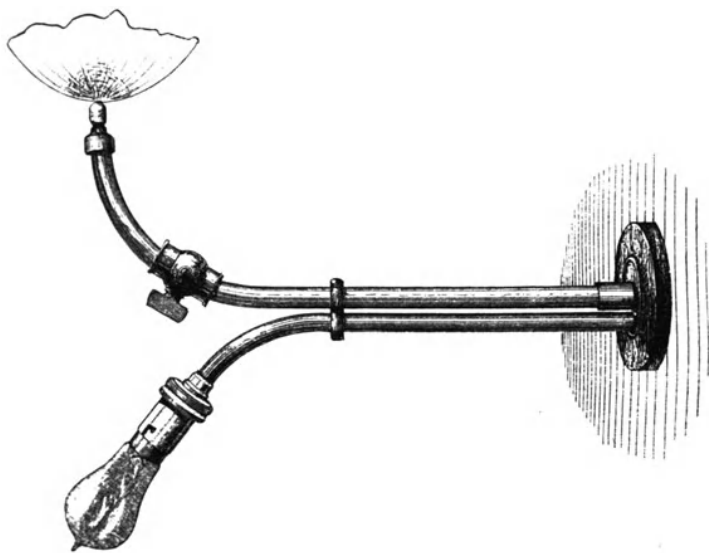


Fig. 735. Einfacher Wandarm für Gas- und Glühlicht.

selbst als ein Kunstgebilde auftreten muß; dann aber kommt als wesentlich förderndes Moment hinzu, daß die Glühlampe durch ihre Fähigkeit, in allen Lagen zu brennen, und bei ihrer Ungefährlichkeit, was Brandwirkungen angeht, sich leicht in jedes Kunstgebilde einpassen läßt und dadurch für den bildenden Künstler eine willkommene Schmiegsamkeit hat.

In der letztgenannten Beziehung hat die Glühlampe auf dem Gebiete der Beleuchtungskörper eine unwägbare Bedeutung erlangt. Die früheren Beleuchtungskörper hatten darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Leuchtflamme nach oben zu brennen hat, daß also

der flammengebende Körper, sei es Kerze, sei es Gasbrenner, in der Hauptsache senkrecht stehen muß. Das ornamentale Gebilde, welches der frühere Beleuchtungskörper darstellte, mußte also, da der Flammenträger als der letzte Ausläufer der ornamentalen Formen zu erscheinen hatte, der nach oben gerichteten Senkrechten zustreben, und so ergab sich hier eine gewisse Einförmigkeit der Gestalten, indem bei der Krone sich zunächst der Hauptstamm

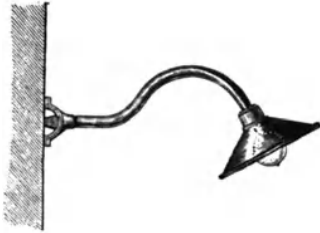


Fig. 736. Einfacher Wandarm für eine Glühlampe.



Fig. 737. Wandarm für eine Glühlampe.

nach unten senkte, sich dann in der Wagerichten ausbreitete, um dann in eine Reihe von senkrechten Armen auszulassen; im Grunde genommen hatten wir also immer den Quirl vor uns. Ähnliches ließe sich auch für die Wandarme, die Leuchter, die Lampen zeigen; sie alle blieben in den Schranken, die ihr durch die Notwendigkeit, die Flamme senkrecht nach oben brennen zu lassen, auferlegt wurden.

Aber auch in technischer Beziehung ergaben sich Mängel aus der gedachten Notwendigkeit; die flammentragenden und flammengebenden Körper nehmen durch ihre Stellung unter der Leuchtflamme gerade nach derjenigen Richtung hin Licht fort, in welcher man es zu lenken wünscht, nach unten.

Durch die Glühlampe wurden alle diese Eingungen und Nachteile mit einem Schlage beseitigt, und der Künstler wurde in seinem Schaffen frei gemacht. Bei den mehr architektonischen und ornamentalen Gebilden hatte er auf die Stellung des leuchtenden Körpers keine Rücksicht weiter zu nehmen und dieser Vorteil ermöglichte ihm auch über die strengeren Formen hinauszugehen und figürliche und naturalistische Formen, Blatt und Blüte, Strauß, Quirlende, Zweig und Pflanze für seine Gebilde zu verwenden, ohne befürchten zu müssen, daß solche Formen den unerfreulichen Zwang, den ähnliche Versuche für die Gas- und Kerzenbeleuchtung verraten, aufweisen würden.

Dieser Freiheit sind sich die Künstler zwar bald, aber nicht sofort bewußt geworden. Im Anfang blieben sie noch an den alten Formen kleben, welche für die Gas- und Kerzenbeleuchtung geschaffen worden waren, aber allmählich machten sie sich von diesen Einwirkungen frei, und heute steht die Kunst der Glühlichtbeleuchtungskörper auf eignen Füßen. Die anfängliche Abhängigkeit von den älteren Formen hatte allerdings auch einen technischen oder geschäftlichen Grund. Einerseits hatten die Fabrikanten von Beleuchtungskörpern, an welche ziemlich unvermittelt eine große Nachfrage nach Glühlichtträgern heran trat, noch keine neuen Modelle zur Verfügung und entnahmen deshalb ihrem Besitz, der für die frühere Beleuchtung berechnet war, die nötigen Elemente und oft genug auch fertige Formen, um sie der Glühlichtbeleuchtung

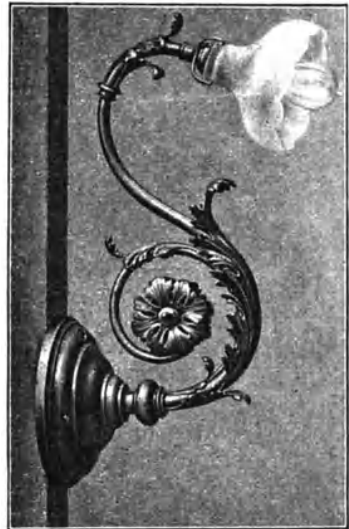


Fig. 738. Wandarm für eine Glühlampe in reicherer Ausführung.

anzupaffen. Außerdem bestand und besteht bei dem Publikum auch noch das Bedürfnis, die vorhandenen Gasbeleuchtungskörper beizubehalten und sie durch Hinzugabe einiger Tragarme für Glühlampen in der elektrischen Beleuchtungsanlage verwendbar zu machen.

Als aber das Zutrauen zu der elektrischen Beleuchtung gewachsen war, als man einseh, daß man der Notbeleuchtung durch Gas entraten könne, da entstanden Anlagen, in denen man nur Beleuchtungskörper für elektrisches Licht verwendete, und mit der zunehmenden Zahl derselben ließen die Künstler auch alle Rücksichten und Rückblicke auf die älteren Formen fahren und schufen mit voller Freiheit den Glühlichtträger der heutigen Zeit.



Fig. 739 u. 740. Zwei englische Wandarme für Einzellampen.

Der Wandarm. Wir wollen nun diese Entwicklung mit Hilfe von Bildern dem Leser darstellen und beginnen zunächst mit dem Wandarm. Wir wollen bei einer greulichen Form der Urzeit anfangen. Der Leser kennt und würdigt den geraden Wandarm für eine Gasflamme, der seine Häßlichkeit ohne Erfolg durch den Auspuß mit einer Glasschale oder Glocke zu verstecken sucht. Da das nüchterne Ding einmal da war, so sollte es auch zur Anbringung der Glühlampe benutzt werden, und zu diesem Zweck wurde die Fassung mit einer Schelle an dem Arm befestigt. So entstand das Gebilde, das wir als abschreckendes Beispiel in Fig. 734 abbilden. Nun, wenn auch das Schönheitsgefühl bei vielen Menschen nicht eben groß entwickelt oder durch die vielen Scheußlichkeiten in Haus und Straße abgestumpft ist, dieses Kunstzeugnis mußte selbst einem roheren Gemüte schwer auf's Herz fallen, und so suchte man bei Neubeschaffungen einen Körper anzubringen, der eine etwas harmonischere Verbindung beider Leuchtkörper aufwies. Es entstand der Wandarm Fig. 735, in welchem wir die beiden Leuchtarme sich in etwas befriedigender Weise vom Ausgang und voneinander entwickeln sehen.

Wo die unerfreuliche Zugabe der Gasflamme fortgelassen werden konnte, da gab man weiter dem Glühlampenarm eine bessere Linie und ließ ihn sich in gefälliger Biegung vom Wandfuß der Glühlampe zuwenden, wie Fig. 736 dies zeigt.

Ein Kunstgebilde wurde der Wandarm dadurch freilich noch nicht, und er paßte mit dieser kahlen Form nicht in eine geschmückte Umgebung. Der Fuß verrät hier noch zu sehr den technischen Zweck, man sieht ihm gleich an, daß er zum Anschrauben des Armes an die Wand dient, und der Übergang vom Fuß auf den Stiel ist nicht vermittelt außer durch die Überzeugung, daß das Ende des Stieles im Fuß sitzt; das kann den Techniker beruhigen, aber nicht den Ästhetiker. Zunächst war es also notwendig, den Fuß derart zu gestalten, daß er in ästhetischer Verbindung mit der Wand steht, daß er als ein Dekorationsstück derselben erscheint, und weiter dann Fuß und Arm zu verbinden. Eine solche Aufgabe läßt sich ja in unzähligen Formen und für alle Stilarten lösen, und so hat jede Fabrik eine Fülle von Mustern für solche Körper geschaffen.

Ein einfaches Beispiel gibt uns Fig. 737. Der Fuß ist als Schild an die Wand gesetzt. Der aus seiner Mitte hervortretende Arm umklammert das zur Schnecke gebogene untere Ende des Armes. Um die Mitte des glatten Armes ist ein Wulst gelegt, damit derselbe in gefälliger Weise gegliedert wird. Der aus der Volute hervorstachsende Schnörkel hebt die Wirkung und verbindet den gebogenen Arm mit der Schnecke in geschickter Weise. So ist mit wenigen Mitteln ein ansprechendes Gebilde geschaffen worden.

Reicher erscheint der Schwanenhalsarm (Fig. 738), wo das Akanthusblatt, welches den unteren Teil des Armes bedeckt, zusammen mit der Schneckenranke den Träger frei und gefällig emporswachsend erscheinen läßt. Aber hier paßt der gedrechelte Fuß schlecht zu der Rankenform.

In Fig. 739 und 740 sind zwei Wandarme für Einzellampen abgebildet, die einer englischen Fabrik entstammen. Für unsern Geschmack erscheinen sie etwas nüchtern. Vor allem gilt dies für das Muster Fig. 739, das uns weder gefällig noch harmonisch erscheinen wird. Das andre Muster, in welchem die Glühlampe in eine Laterne eingeschlossen ist, kann uns mehr zusagen, wenngleich wir ein solches Gebilde wohl nur für Außen- und Vorräume verwendbar gelten lassen werden. Hier werden sich solche Beleuchtungskörper aus

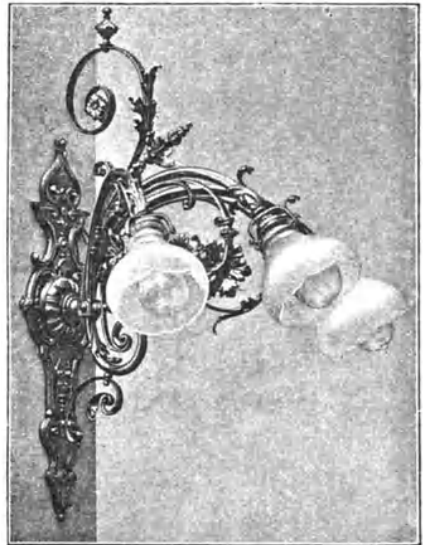


Fig. 741. Wandarm für mehrere Lampen von Schäfer & Hauschner in Berlin.

Schmiedeeisen mit Vorteil anbringen lassen. Allerdings müssen wir die Frage erheben, ob sich die Gebilde der Kunstschmiederei für die im gewissen Sinne etwas zarte Glühlampe vorteilhaft erweisen. Die Fabriken haben zwar zahlreiche Muster für Beleuchtungskörper in Schmiedeeisen geschaffen, und eine Zeitlang war namentlich die Verbindung von mattschwarzem Eisen mit poliertem Kupfer sehr beliebt, in der der koloristische Gegensatz in glücklicher Weise den etwas rauhen Charakter der geschmiedeten Körper mildert. Aber Schmiedeeisen allein für Glühlampenträger zu verwenden, will uns bedenklich erscheinen. Die kräftige Schönheit der geschmiedeten Sachen macht sie für eine Umgebung geeignet, wo sie Wind und Wetter zu trotzen haben, aber dort gehört die Glühlampe nicht hin; in Innenräumen wiederum werden geschmiedete Kunstfachen entweder die nötige Weichheit in der Form vermissen lassen, oder wenn sie durch Verzärtelung der Formen der Umgebung angepaßt sind, werden sie den eigenartigen Charakter der Schmiedekunst verloren haben. Freilich wir haben das mit einem großen Vorbehalt zu sagen: was uns nicht gefallen will, kann einem andern sehr wohl gefallen und da das Gefallen das einzige Kriterium für die ästhetische Beurteilung ist, so läßt sich hier wie in allen Sachen des Geschmacks nicht streiten. Dst hat der Wandleuchter mehrere Glühlampen zu tragen, welche entweder — und dies ist der häufigere Fall — der Beleuchtung des unterliegenden

Raumes zu dienen haben oder zum Teil für die allgemeine Erhellung des Raumes bestimmt und in diesem Falle nicht selten in dekorativer Weise angebracht sind.

Im ersteren Falle läßt man zumeist mehrere Arme der Grundplatte entspringen, die sich sofort oder von einem gemeinsamen Aste abzweigen. Ein Beispiel der ersteren Art gibt uns Fig. 741, wo der am Fuß befestigte Bund einen Strauß von Ranken hält, welche sich in gefälligen Windungen nach vorn biegen, drei derselben endigen in Glühlampen, während die andern zum Schmucke des Körpers dienen.

Die zweite Art mag uns der Wandarm in Notoko (Fig. 742) darstellen, wo sich aus der Grundplatte der Stengel emporkwindet und in die geschlungenen Ranken teilt.



Fig. 742. Wandarm für mehrere Lampen von
Schäfer & Hauschner in Berlin.

Die Kronleuchter. Wir kommen zu den Kronleuchtern. Mit diesem Namen bezeichnen wir alle Beleuchtungskörper, welche frei von der Decke herabhängen und wenigstens drei Lampen tragen. Die Gehänge mit zwei und einer Lampe werden wir als Hängearme, Ampeln, Laternen oder Hängelampen anzusehen haben.

Wie bei dem Gaskronleuchter, so wird auch der elektrische Kronleuchter die Grundform des Quirles haben. Das liegt in der Natur der Sache. Der Beleuchtungskörper muß an einem schlanken Körper herabhängen und seine Lampen symmetrisch nach allen Seiten verteilen. Aber das Quirlgerippe kann bei ihm viel besser versteckt werden, als im Gaskronleuchter, einessteils weil die Glühlampen viel enger zusammengehalten werden können als Gasflammen, was einen kompakteren Mittelförper herstellen läßt, andernteils aber auch die Glühlampenarme eine freiere Formgebung gestatten.

Der glanzvollste und vornehmste Glühlampen-Kronleuchter ist der Lustre, der Kristallkronleuchter — aber wohlgemerkt nur des Abends, wenn er leuchtet. Im Tageslicht ist er, wir wollen nicht sagen, ein kleines Scheusal, denn man muß nicht allzu scharf urteilen, aber doch ein plumper Gefelle. Das hat in erster Reihe seinen Grund in der unjöhönen Linie, welche die herabhängende Kette mit Kristallstücken

bildet; zudem muß er naturgemäß als Rotationskörper geformt sein und diese einförmige Rundung erhöht den unborteilhaften Eindruck; die steifen Prismenfransen gereichen ihm auch nicht zur Bieder, kurz der ganze Kerl hat bei Tage etwas Probenhaftes. Aber man sehe ihn am Abend, wenn die Glühlampen, die unter dem Kristallbehänge brennen, ihr Licht aussenden. Wie festlich funkelt und strahlt da alles an ihm; Licht und Lebensluft gehen von ihm aus, und wenn er im reichgeschmückten Ballsaal hängt und sein glitzerndes Licht auf holde Mädchenblüten, auf stolze Frauenschönheiten und elegante Kavaliere herabfließt, dann erkennt man so recht, daß er der König der Kronleuchter ist. Das ist er aber erst durch die Glühlampe geworden. Die Gasflamme, die Kerze, welche vor den Kristallstücken steht, kann nicht das Leben aus den Glanzflächen herauslocken, welches das durchscheinende Licht der hinter dem Behänge angebrachten Glühlampen hervorbringen läßt. Und da das Flammenlicht nicht in den Leuchter gebracht werden kann, so kann es darum hier wie nirgends mit der Glühlampe in Wettbewerb treten. Ein

gefälliges Muster eines solchen Lustres bilden wir in Fig. 743. Für das Wohnzimmer eignet sich der Kristallkronleuchter nicht; hier wendet man Gebilde von einfacheren Formen an, die übrigens in Gestalt und Färbung eine große Mannigfaltigkeit aufweisen. Hübsch und zweckmäßig sind die Kronen von poliertem Messing und in den schlichteren Formen, wie sie Fig. 744 darstellt. Es sei hier nebenbei bemerkt, daß sich eine gewisse Schlichtheit

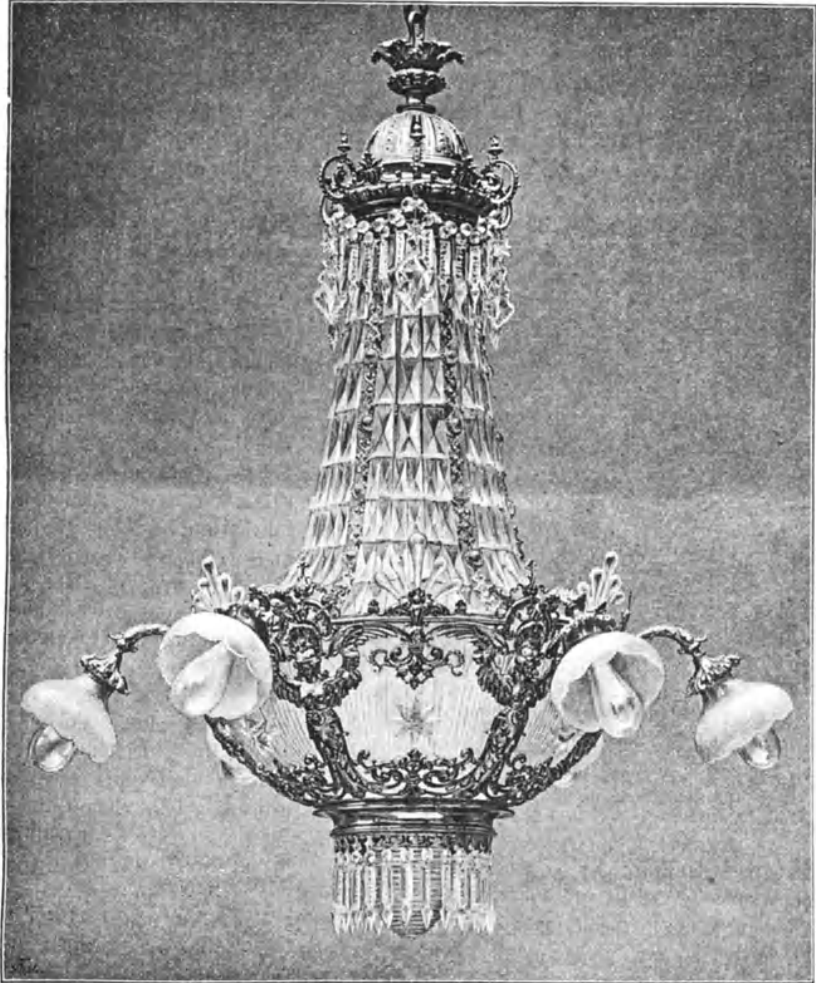


Fig. 743. Kristallkronleuchter von der „Aktiengesellschaft Schäffer & Walter“.

der Form für die Beleuchtungskörper in Wohnzimmern empfiehlt. Sie reizen das Auge weniger und stumpfen es daher auch nicht ab, was bei den reicheren Formen leicht geschieht, wenn man sie täglich und andauernd ansieht. Beliebt sind auch die schmiedeeisernen Kronen mit blanken Kupferteilen, aber es sei darauf aufmerksam gemacht, daß die eigenartige Tönung dieser Körper sie nur für bestimmte Umgebungen geeignet macht.

Die reicheren Kronleuchter in Bronze, wie Fig. 745 und 746, tragen schon den Charakter des Luxus, und wie wir eben sagten, soll man solche reichere Gebilde nicht durch den alltäglichen Gebrauch entwerten, d. h. nicht dort aufstellen, wo sie häufig ins Auge fallen.

Ähnliches gilt auch von den Körpern in der Art der Fig. 747, welche keinen Kronleuchter der „Sächsischen Bronzwarenfabrik vormals R. A. Seiffert“ in Wurzen in Sachsen darstellt. Derselbe gehört den naturalistischen Formen an, welche in der letzten Zeit beliebt geworden sind, leider aber schon auszuarten beginnen. Beleuchtungskörper dieser Art haben ihre großen Bedenken. Sie reizen und gefallen beim ersten Anblick, aber es liegt die Gefahr nahe, daß man sich bald daran satt gesehen hat. Gerade der in Fig. 747 wiedergegebene Kronleuchter, in welchem der Naturalismus sich schon zum humoristischen Genre ausgebildet hat, wird diesem Schicksal verfallen. Anfangs heißt es da: „Entzückend! Reizend! Zu niedlich!“ und nach einigen Wochen ist man des Dinges überdrüssig. Eine sparsamere Verwendung naturalistischer Motive ist darum angezeigt, so etwa wie der Leuchter (Fig. 748) sie verwendet, welcher der gleichen Fabrik entstammt und für ein Rauchzimmer oder eine trauliche Trinkkammer bestimmt sein mag.

Zum Schluß sei noch in Fig. 749 ein großer Kronleuchter für einen Prachtsaal abgebildet. Derselbe entstammt der Fabrik der „Aktiengesellschaft Schäffer & Walker“ in Berlin und ist für 60 Lampen berechnet.



Fig. 744. Kronleuchter für Gas- und Öllicht von der „Sächs. Bronzwarenfabrik vormals R. A. Seiffert“ in Wurzen.

Die kleineren Gehänge. Trägt das Gehänge nur eine oder zwei Lampen, so nennen wir es Hängestab oder Pendel. In den einfachsten Formen hängt hier eine einzelne Glühlampe mit einer passenden Schale oder Glocke an einem geraden Stabe, dem man häufig zur Gliederung einen Bund in der Mitte umlegt, gelegentlich auch durch einige Schnörkel verziert. Um zu einem etwas volleren Beleuchtungskörper zu gelangen, umgibt man die Glühlampen mit einer Laterne (Fig. 750) oder bildet das Gehänge zu der beliebten Ampelform aus. Fig. 751 stellt einen Beleuchtungskörper dar, welcher dicht unter der Decke angebracht wird. Diese Deckenbeleuchtung empfiehlt sich außerordentlich

für reichere Beleuchtungen, da sie den für gewöhnlich ungemütlich dunklen Deckenraum in erfreulicher Weise erhellt.

Die Gehänge für zwei Lampen, deren einfachste Formen wir schon früher kennen gelernt hatten, nähern sich schon den Kronleuchtern, wie Fig. 752 dies erkennen läßt.

Der **Standträger** bildet den Gegensatz zum Hängeträger; hier findet der Körper seine Aufstellung auf einer wagerechten Ebene, sei es auf dem Fußboden, sei es auf einer Tischplatte, einem Kaminsims, einer Säule oder an andrer passender Stelle. Auch diese Klasse enthält eine Anzahl Unterarten: die Stehlampen, die Leuchter, die Lampenträger, die Laternenträger.

Die Stehlampe dient im wesentlichen nur dem Nutzzweck und wird in der Regel zur Beleuchtung des Arbeitstisches verwendet, erhält darum zumeist eine einfache Form. In schlichtester Gestalt ist eine solche Arbeitstischlampe in Fig. 753 dargestellt. Zumeist werden solche mit Leitungsschnur und Stöpselkontakt, wie wir ihn früher in Fig. 206 kennen gelernt haben, versehen, damit man die Lampe auf dem Tische verrücken und bei Nichtbenutzung fortstellen kann. Man ersieht leicht, daß der Lampe eine etwas reichere Gestalt gegeben werden kann, wenn es die Verhältnisse erfordern, und daß man den gesamtsten Formenreichtum, über den die heutige Lampenkunst gebietet, für die Ausschmückung

dieses Trägers dienstbar gemacht, daß insbesondere die freundliche Verbindung von Bronze und gemaltem Porzellan, mit welcher so viele ansprechende Beleuchtungskörper geschaffen worden sind, auch hier in erfolgreicher Weise benutzt werden kann. Wir müssen es uns freilich versagen, hier solche Muster wiederzugeben, weil ihr Hauptreiz nicht so sehr in der Form als in der Farbe liegt, welche sich in voller Wirkung typographisch nicht wiedergeben läßt.

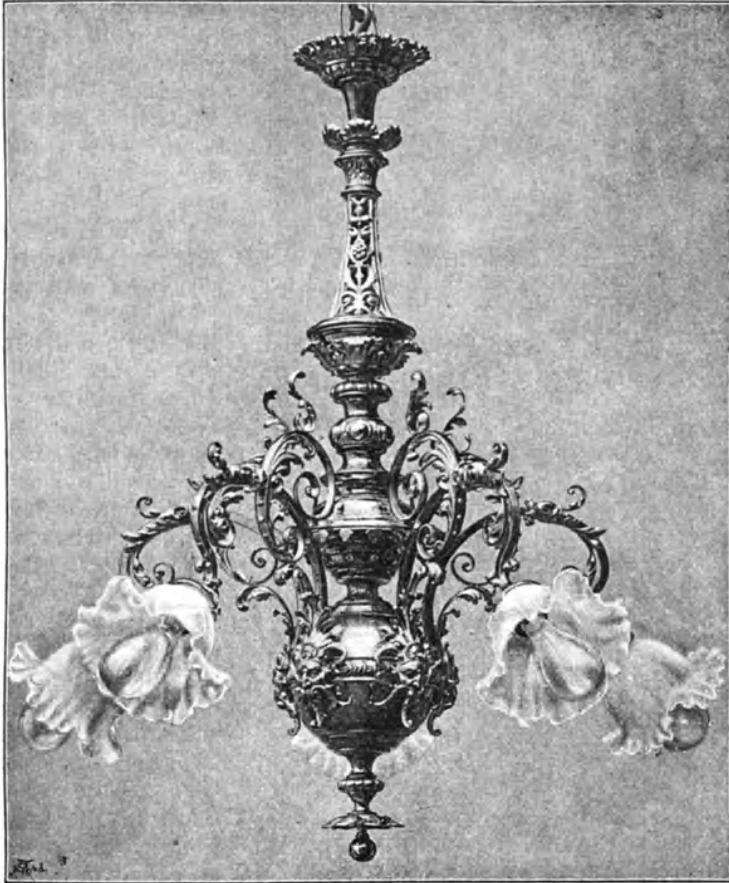


Fig. 745. Bronzekronleuchter von der „Mittengesellschaft Schäfer & Walker“.

Ein Mittelglied zwischen Lampe und Leuchter ist die Nachttischlampe, welche wir namentlich in Hotels häufig finden. Bei dieser in Fig. 754 dargestellten Lampe hängt die Glühlampe beweglich in einer Gabel. Man kann nun den Leuchter entweder mit seinem Fuß auf den Nachttisch stellen oder ihn an die Wand hängen, wo er dann wagrecht hervorragt, die Glühlampe aber sich in ihrer beweglichen Aufhängung senkrecht stellt.

Der Leuchter im engeren Sinne erhält eine feste Aufstellung und dient der allgemeinen Beleuchtung des Innenraumes. Bei ihm ist sowohl, was Aufstellung wie auch Form angeht, auf die gefällige Anpassung an die Umgebung Rücksicht zu nehmen. Mit Vorliebe stellt man den Leuchter einzeln oder zu zweien vor einem Spiegel oder auf dem Kamin auf und gibt ihm zumeist mehrere Lampen, welche nach Belieben gestellt sein können. So sehen wir in Fig. 755 einen zweiarmigen Leuchter von Schäfer & Hauschner, der seine Lampen aufrecht trägt, abgebildet.

Kommt ein einzelner Leuchter zur Aufstellung, so wählt man gern einen Vasenleuchter, von welchem wir in Fig. 756 ein ansprechendes Muster vorführen. Derselbe entstammt der früher erwähnten Fabrik von Calm & Bender und zeigt die naturalistischen Formen dieser Firma. Das Ganze ist als ein Blumenstrauß gedacht, der in die Porzellanvase eingesetzt ist. Aus den hervorsprossenden Ranken und Blättern schießen



Fig. 746. Kronleuchter für 15 Lampen; naturalistischer Stil.
Von der „Kriegsgesellschaft Schäfer & Walter“.

drei kräftige Stengel hervor, welche die Glühlampen als Blüten tragen.

Handelt es sich um die Erhellung größerer Räume, z. B. von Sälen, Vorräumen, Treppenhäusern, so gibt man dem Lampenträger eine höher aufragende Gestalt, und er nähert sich dann den Laternenträgern. In solchen Fällen umschließt man gern mehrere Glühlampen mit einem durchsichtigen Gehäuse, so daß sie zu einem größeren Leuchtkörper vereinigt werden. Für die einfachste Form benutzt man hierzu mattierte oder Milchglaskugeln; zu reicheren Formen gelangt man, wenn man den Leuchtkörper zu einer Laterne gestaltet, welche als gesonderter Kunstkörper anzusehen ist. Wo man von der Laternenform abgehen will, namentlich wenn der Träger in den besseren Vorräumen oder auch in Sälen zur Aufstellung gelangt, verwendet man gern die menschliche Gestalt mit mehr oder weniger Gewandung für den tragenden Körper. Einen solchen Träger, welcher eine weitere Ausschmückung durch Naturbouquets erhalten hat, bilden wir in Fig. 757 ab.

Von den größeren Trägern bilden wir in Fig. 758 ein reiches Modell von Schäfer & Hauschner ab.

Die in Fig. 759 abgebildete Laterne für Glühlampen zeigt zwar keine der elektrischen Beleuchtung eigentümlichen Formen,

verdient aber doch wegen ihrer glücklich gewählten Abmessungen und Ausschmückung an dieser Stelle abgebildet zu werden. Man erkennt leicht, daß diese Laterne sowohl hängend wie auch auf einem Träger stehend benutzt werden kann. Für Außenbeleuchtung ist sie nicht berechnet, sondern zur Erhellung eines Treppenhauses oder eines Portales bestimmt. Im Freien würden ihre zierlichen Ornamente dem Auge verloren gehen, sie würde nicht zur Geltung kommen oder geradezu mit der Umgebung im Widerspruch stehen. Ein solcher Widerspruch findet sich nicht selten gerade bei elektrischen Beleuchtungskörpern,

welche im Freien stehen, und man sieht unter ihnen manche Gebilde, welche in Innenräumen eine vortreffliche Wirkung haben würden, draußen aber nicht gefallen können, weil ihre feineren Formen nicht für die Straße passen. Wenn eine idealisierte Frauengestalt als Vogenlampenträger vor den Eingang eines Biergartens gesetzt wird, dann wird der Eingang nicht verschönt, aber das Kunstwerk verschändet.

Bei den bisher besprochenen Beleuchtungskörpern galt es, die Glühlampen an einer Stelle zusammenzudrängen, so daß sie in ihrer Verbindung als ein einziger Leuchtkörper erscheinen. Es treten aber auch Fälle ein, in denen die Lampen auf einer geraden oder gekrümmten Linie oder auf einer größeren Fläche angeordnet werden sollen, und hiermit sind dem Künstler neue Aufgaben gestellt.



Fig. 747.
Kronleuchter in naturalistischer Manier
von der „Sächs. Bronzwarenfabrik“.



Fig. 748. Kronleuchter aus der „Sächs. Bronzwarenfabrik“.

Ein häufiger Fall ist die Überspannung einer Strecke mit einer Glühlampenreihe, ein Fall, der sich insbesondere bei Schaufensterbeleuchtungen einstellen wird. Die Aufgabe läßt sich in sehr verschiedener Weise künstlerisch lösen. Die primitivste Form sehen wir in der geraden Stange, welche von einer Seite des Fensters zur andern reicht und mit einer Anzahl nebeneinandergesetzter Lampen die ausgestellten Sachen beleuchtet. Aber dies bedeutet noch keine Kunstform. Für eine solche ist es notwendig, dem überspannenden Stücke eine gefällige Form zu geben, und man wird hierfür als Grundform den Bogen oder die Guirlande wählen. Ein solches Gebilde stellt unsere Fig. 760 dar.

Glühlampenschalen. Ein Wort noch über die Glaskhale und den Lichtschirm für die Glühlampen. Der Großvater der Schale ist die Kerzenmanschette, von welcher die Schale der Lampenflamme abstammt. Beide hatten zunächst den Zweck, die Verbindung zwischen Flamme bezw. Kerze mit ihrem Träger zu vermitteln und dem Träger einen passenden Abschluß zu geben. Die Flamme wollte man auch, teils um ihr Licht zu mildern, teils auch um ihre an sich reizlose Erscheinung durch eine passende Umhüllung ansprechender zu gestalten, mit einem Glaskörper umgeben, welcher dem Ganzen die Form einer Blüte gibt, die ja die Grundform für alle Flammenaus schmückungen geworden ist.

Als nun die Glühlichtbeleuchtung aufkam, hatte sich diese Aus schmückung des leuchtenden Teiles im ästhetischen Empfinden der Menschheit festgesetzt und mit den

ersten Lampenträgern erschienen auch schon die Schalen, welche die Glühlampe umfassen. Anfangs benutzte man hierfür die bei den offenen Gasflammen angewendeten Schalen; mit der Zeit aber bildeten sich besondere Formen heraus, welche unter der Einwirkung der Empfindung entstanden, daß die Glühlampe eigne Formen ermöglicht und fordert.

So sehen wir im Anfang der Glühlichtbeleuchtung Schalen von der Form Fig. 761 auftreten, welche häufig noch einen glatten, nach innen gebogenen Rand hatten, wie ihn die Gasflamenschalen aufweisen. Dann machte sich die Empfindung geltend, daß sich

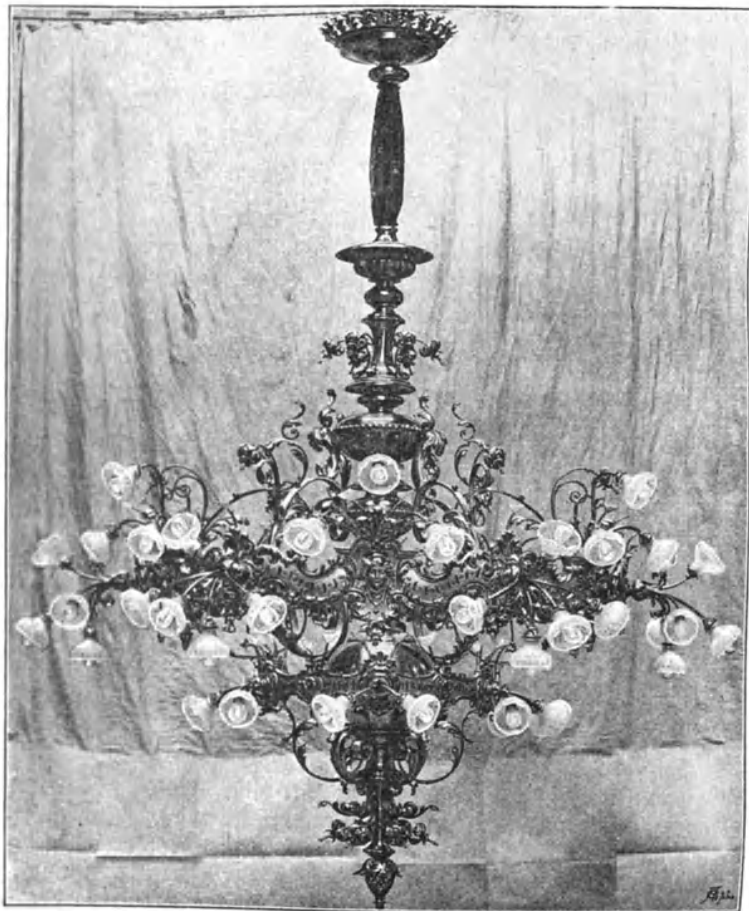


Fig. 749. Großer Kronleuchter für 60 Glühlampen und 60 offene Gasflammen von der „Aktiengesellschaft Schäffer & Walter“.

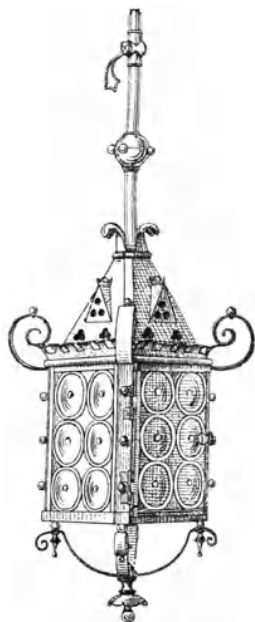


Fig. 750. Laterne.

eine mehr geschlossene Blütenform für die Glühlampe eigne, welche auch durch die geringe Wärmeentwicklung der Glühlampe zulässig wird. Es entstand die Form Fig. 762. Auf diesem Entwicklungswege weiter schreitend, kam man zu den in Fig. 763 dargestellten Formen, welche tiefe Blumenkelche darstellen. Nun haben wir aber eine Bemerkung einzuschalten. Zweifellos ist der tiefe Kelch, welcher die Lampe voll umschließt, ästhetisch schöner als die flache, mehr manschettenartige Schale; aber in technischer Beziehung ist die letztere die bessere, einerseits weil sie die Lampe nicht zu weit verdeckt und mehr Licht herausläßt, als die umschließende Schale, andererseits weil sie die Lichtwirkung nach einer Richtung hin verstärkt, indem sie wie ein hinter die Lampe gestellter Hohlspiegel das rückwärts fallende Licht nach vorn wirft.

Den nächsten Fortschritt in der Gestaltung der Schalen erfuhr der Rand der Schale und die Wandung. Der erstere wurde wie Fig. 764 nach außen umgebogen und zur reicheren Ausbildung gelegentlich auch gefälteht (vergl. Fig. 765). Die vorher glatte Wandung, welche mattiert war oder wie bei den Gasflamenschalen eine Abwechslung von matten und durchsichtigen Flächen und Ornamenten trug, wurde nun durch streifige, gefleckte, gebuckelte, gemellte Gläser zu einer lebhafteren Wirkung gebracht. Um auch koloristische Wirkungen zu erzielen, benutzte man gefärbte Gläser, von denen besonders die opalisierenden weite Verbreitung gefunden haben. Eine beliebte Form für Schalen solcher Art zeigt Fig. 766, welche mit ihrer Topfform am Tage keinen guten Eindruck macht, bei brennender Lampe aber eine vorzügliche Wirkung hat.



Fig. 751. Laterne für Deckenbeleuchtung von der „Mittengesellschaft Schäffer & Walter“.



Fig. 752. Gehänge für zwei Lampen von der „Sächf. Bronzewarenfabrik“.

Seit einigen Jahren ist eine hübsche Neuerung auf dem Gebiete der Glühlampenschalen aufgetaucht, indem man solche Schalen in Form von Rosenkelchen hergestellt hat. Gepresste Glasblätter sind zu einem solchen Blütenkelch zusammengeschmolzen und lassen in der Mitte eine Höhlung für die Glühlampe frei. Das Glas ist häufig in einem warmen roten Ton gefärbt, und die Schale erscheint nun im Lichte der Lampe, welche sie umgibt, als eine bunte Blüte. Die Wirkung ist eine sehr gefällige, und die Schale eignet sich vortrefflich namentlich für Beleuchtungskörper, welche aus Blüten- und Blattwerk zusammengesetzt sind. Mit dieser Neuerung ist der Phantasie der Künstler ein weites Gebiet eröffnet worden, und wir werden in der Folge voraussichtlich noch viele solcher Gebilde entstehen sehen, in denen der unerschöpfliche Reichtum der Blütenformen benützt worden ist. Wir dürfen aber einen Mangel dieser Schöpfungen nicht verschweigen, man sieht sich, das sei hier wiederholt, an Gebilden dieser Art viel eher satt als an den einfacheren strengeren Formen, und so werden wir nach einiger Zeit auch erleben, daß sich die Kunst von diesen Formen wegen Überfättigung abwenden wird.



Fig. 753 Stehlampe.



Fig. 754. Nachttischlampe.



Fig. 755. Zweiarziger Leuchter von Schäfer & Hauschner.



Fig. 757. Blüthlampenträger von der „Königliche Schäfer & Walter“.



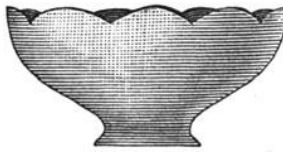
Fig. 758. Blüthlampenständer von Schäfer & Hauschner.



Fig. 759.
Laterne für Glühlampen.



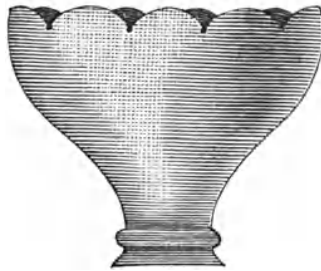
Fig. 760. Glühlampenträger für Schaufenster
aus der „Sächf. Bronzewarenfabrik“.



I



IV



II



III



V



VI



Fig. 756.
Vasenleuchter von Calm & Bender in Berlin.

Fig. 761—766.
Glühlampenschalen von Heckmann & Co. in Berlin.

Die Lichtschirme dürfen wir etwas kürzer behandeln, da sie von denen der Gasflammen wenige Abweichungen bieten, und man vielfach diese letzteren Schirme bei Stehlampen für Glühlicht benutzt. Meistens wendet man jedoch einen oben geschlossenen Schirm an und gewinnt durch die Zurückwerfung das nach oben gestrahlte Licht. Braucht das äußere Ansehen des Schirmes nicht berücksichtigt zu werden, so nimmt man an Stelle der Milchglaschirme solche aus Stahlblech, welche auf der Innenseite weiß lackiert oder poliert und vernickelt sind. Solche Schirme haben außer ihrer Unzerbrechlichkeit den Vorteil vor den Glaschirmen, daß sie mehr Licht zurückwerfen.

Im Anschluß sei noch die geschlossene Glocke genannt, welche als Umhüllung der Glühlampe dort benutzt wird, wo man nicht eine einzelne Stelle, sondern den ganzen Raum thunlichst gleichmäßig erleuchten will.

Man hat diesen Glocken verschiedene Formen gegeben; häufig wird die Kugel angewendet, welche jedoch einen minder eleganten Eindruck hervorruft als die eiförmigen Glocken, von denen wir in Fig. 768 ein gefälliges Muster abbilden.

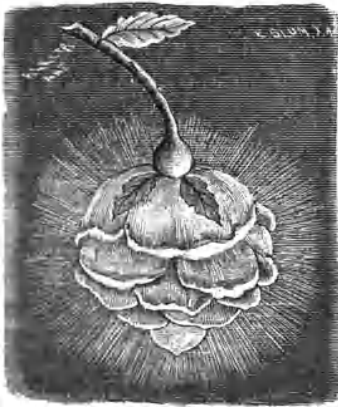


Fig. 767.
Glühlampenschale in Form eines Rosenkelches.



Fig. 768. Glühlampenglocke.

In nicht seltenen Fällen wird die Glasbirne der Glühlampe selbst mattiert, damit der Glühfaden dem Auge durchaus entzogen bleibt und der Lichtherd von vornherein eine größere Ausstrahlungsfläche erhält. Das Mattieren geschieht durch Einwirkung von Flußsäure, welche eine sehr zarte, aber doch genügende Decke auf dem Glase erzeugt.

Sollen illuminative Lichtwirkungen erzielt werden, so kann man entweder das Glas der Glühlampe mit einem buntem Lack überziehen, wie wir dies bereits früher bei Gelegenheit der elektrischen Beleuchtung der Bühnen erwähnt haben; oder man stellt die Birne aus buntem durchsichtigen Glase her. Eine dekorative Verzierung der Glühlampensbirnen ist bisher kaum angewendet worden, hat auch keinen rechten Zweck, da man den Schmuck der Glühlampe besser durch die umgebende Schale erzielt.

Die Bogenlampenträger. Das ästhetische Schreckenskind der Elektrotechnik ist die Bogenlampe, die bis jetzt noch allen Bildungsbestrebungen erfolgreichen Widerstand geleistet hat. Und welche Mühe ist an ihr verschwendet worden! Wahre Kunstwerke hat man für Bogenlampenlaternen geschaffen, nur schade, daß sie als Kunstwerke technisch nichts taugen und bei technischer Brauchbarkeit keine Kunstwerke sind. Man hat sich bemüht, den in ästhetischer Beziehung wahrhaft greulichen hohen Schornstein, welcher das Regulierwerk der Lampe birgt, auf ein Mindestmaß herabzudrücken; dann wurde aus

dem Cylinderhut eine Kappe, die sich freilich mit einer Krone umkleiden ließ, aber weitere Verschönerungsversuche abwies. Man hat — wir werden es gleich sehen — den Glocken gefällige Eisformen gegeben, man hat Laternen zu modellieren versucht, welche etwas mehr

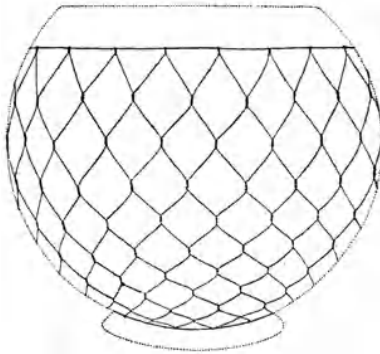


Fig. 769.
Drahtumstrickung der Bogenlampenglocke.



Fig. 770.
Bogenlampe mit eiförmiger Glocke.

als ein Kasten waren, aber alle diese Bestrebungen fanden über eine gewisse Grenze hinaus einen unüberwindlichen Widerstand an dem Eigensinn der Bogenlampe. „Zieht ihr mir zuviel an, dann leuchte ich nicht!“ So sagte sie und dabei blieb sie. Nun ist auch die schönste Glasglocke, wenn sie nackt bleibt, kein Kunstkörper, und eine nur aus Glasscheiben bestehende Laterne ist es auch nicht. Die Künstler haben es deswegen aufgegeben, sich mit diesem widerborstigen Dinge zu befassen, und die Elektrotechniker sagen: Sie bekommt einen Blechhut und eine Glasglocke, und damit basta!

Die Glasglocke ist nun an sich schon kein schöner Körper und wird durch die Drahtumstrickung in ihrem Äußeren nicht verbessert; um nämlich bei etwaiger Zertrümmerung der Glocke das Herabfallen der Scherben thunlichst zu verhindern, wird — wir holen dies zum Kapitel: Bogenlampen nach — die Glocke mit einem weitmaschigen Drahtnetz umwebt und erhält dann das Aussehen, wie es Fig. 769 zeigt. Man gab deshalb der Glocke eine eiförmige Gestalt (Fig. 770) und gewann wenigstens eine etwas bessere Form für die Lampe. Darauf versuchte man es mit Laternen und suchte, was an der Lampe und der Laterne nicht zu erzielen, doch an dem mit ihr verbundenen Träger zu erreichen. Ein Beispiel hierfür mag uns Fig. 771 geben, welche einen Bogenlampenträger mit Laterne der Gebr. Maglo in Berlin darstellt. Der Träger ohne Lampe ist tabellos, aber die Lampe hat auch hier siegreich der Unterwerfung unter die Kunst widerstanden. Dieser Widerstand wurde denn auch als unbesiegt allgemein anerkannt, und man beschränkte sich darauf, wenigstens die Träger gefällig zu gestalten. Ein hübsches Beispiel hatte uns schon unsere Fig. 183 vorgeführt. Ähnliche Versuche sind mit mehr oder weniger Erfolg in andern Strombeleuchtungsanlagen gemacht worden.

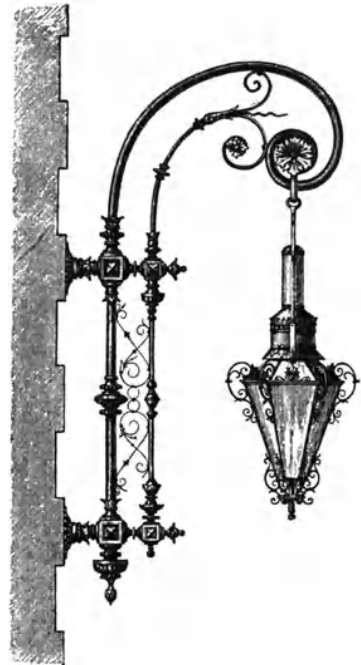


Fig. 771.
Mauerträger für eine Bogenlampe.

Bei Straßenbeleuchtung ist es von Vorteil, die Bogenlampe über der Mitte der Straße anzubringen. Diese vorteilhafte Stellung kannten schon unsre Urgroßväter, die von einer Seite der Straße zur andern eine Kette spannten und die gute brave Öllaterne daran aufhängten, die zum Auffüllen und Anzünden herabgelassen werden konnte. Diese Beleuchtungseinrichtung war praktisch und charakteristisch für das Straßenbild der früheren Zeit, aber schön war sie nicht, höchstens für die Studenten, welche in der alten Ziehlaterne ein vielseitiges Objekt für den „Ulk“ fanden und gelegentlich den Nachtwächter in ungemessenes Erstaunen zu setzen vermochten, indem sie die Öllampe in der Laterne mit Tante Dorotheens Mops vertauschten.

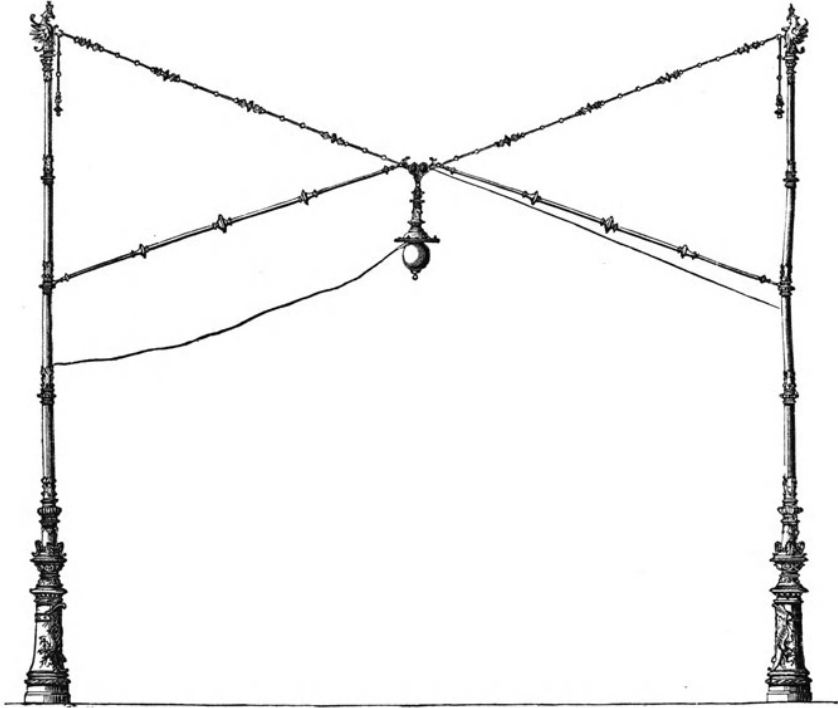


Fig. 762. Bogenlampenträger im Mittelgange „Unter den Linden“.

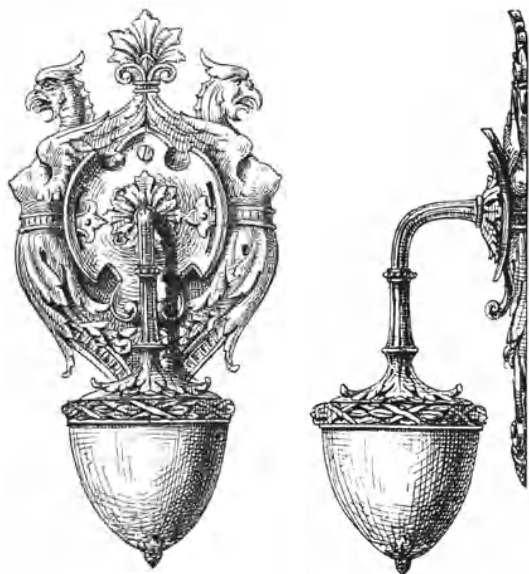
Man hat nun in neuerer Zeit versucht, diese alte Aufhängung für die Bogenlampe anzuwenden, und so ist beispielsweise die Straßenbeleuchtung in Hannover an einigen Stellen in dieser Weise ausgerüstet worden. Daß dieser hannöberische Versuch gelungen wäre, möchten wir nicht behaupten. Man hat sich zwar alle Mühe gegeben, die Aufhängung dem Auge gefällig zu gestalten, hat der von Haus zu Haus reichenden Kette eine künstlerische Form zu geben gesucht, auch die Laterne etwas verputzt, aber etwas Befriedigendes ist nicht erreicht worden.

Etwas glücklicher ist die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ mit ihren Lampenträgern gewesen, welche im Mittelgange der Straße „Unter den Linden“ in Berlin stehen. Unsr Fig. 772 zeigt diese Bogenlampenträger. Sehen wir nun ab von dem dicken häßlichen Zuleitungskabel, das mit seinen steifen Biegungen das ganze Gebilde verunziert, so kann auch hier die Form des überspannenden Teiles nicht ganz befriedigen. Die schlank aufragenden Ständer sind zweifellos ansprechende Gebilde; aber nun die geraden Stangen und die sie haltenden Ketten, welche dem Ganzen ein etwas kranmäßiges Aussehen geben! Es kommt hinzu, daß eine Anzahl solcher Träger hintereinander stehen und man beim ersten Anblick unwillkürlich auf den Gedanken kommt, die Linden sollten überdacht werden und die aufgestellten Träger hätten das Gerippe eines großen Leinwandzeltes zu bilden.

Zum Schluß sei noch eine Bogenlichtlampe erwähnt, welche als Stehlampe eingerichtet ist, ein schwieriges Stück und ein seltener Fall. Aber wie unsre Fig. 773 erkennen läßt, hat sich die Fabrik, aus welcher die Lampe stammt, in geschickter Weise zu helfen gewußt und ein ganz ansprechendes Muster geschaffen, an welchem wir nur das etwas nüchterne Profil der Glasglocke bemängeln; aber diesem Fehler ist leicht abzuweichen. Die im Innern befindliche Bogenlampe ist natürlich für kleinste Lichtstärke berechnet, für 200—300 Normalkerzen, so daß der Lichtherd nicht zu grell erscheint, zudem auch über eine große Fläche ausgedehnt ist, indem das Glas durch geeignete Mattierung das Licht von der ganzen Glasfläche ausstrahlen läßt.



Fig. 773. Stehbogenlampe.



A B

Fig. 774. Elektrische Bierglocke.

Elektrische Bierglocke. Auch die elektrische Klingel hat Verschönerungsversuche erfahren, obwohl eine dringende Notwendigkeit hier nicht gerade vorliegt; hat die Klingel doch nur nötig gehört zu werden, und dies kann sie auch von einem dunklen Winkel aus, wo sie dem Auge entzogen bleibt. Aber es kann doch der Fall eintreten, daß sie mehr in den Vordergrund gerückt werden muß, und in solchen Fällen wird man wünschen, daß sie einen etwas besseren Rock anzieht. Eine Kunstform für die elektrische Klingel läßt sich aber kaum erreichen, wenn der Mechanismus derselben außerhalb der Glocke liegt, und bei der Verlegung desselben in die Glocke tritt, wie wir schon früher erwähnt, eine Herabminderung ihrer Leistung ein. Immerhin lassen sich Kasselglocken herstellen, bei denen das Werk in der Glocke liegt und noch zur Zufriedenheit funktioniert. Von Paris aus hat man seit einigen Jahren derartige Glocken in Eisform, welche mit einem geschwungenen Bügel an der Wand befestigt werden, in den Handel gebracht. Ein weiterer Versuch, die elektrischen Glocken in der äußeren Form etwas reicher zu gestalten, ist in Fig. 774 dargestellt. Hier bildet die halbe Eischale die Glocke, welche das Kasselwerk einschließt. Der gebogene Stiel ist hohl und dient zur Zuführung der Leitungen zu dem Elektromagneten.

Die elektrotechnische Industrie.

Überblick über die Entwicklung der elektrotechnischen Industrie. Deutschland. England. Die übrigen europäischen Länder. Die Vereinigten Staaten.



Überblick über die Entwicklung der elektrotechnischen Industrie. Das Geschlecht der Elektrotechniker ist unter den technischen Familien das jüngste, hat sich aber bereits stark ausgebreitet und in viele Zweige verästelt. Befolgen wir seinen Stammbaum, so sehen wir, daß es mit vielen älteren Geschlechtern verwandt und mit den höchsten und geringsten verflochten und verwachsen ist. Ein aufsteigender Hauptzweig geht zu den Physikern und durch diesen steht der Elektrotechniker in enger Beziehung zu den Hochschulen, nicht bloß geistig, sondern auch physisch, da manches Professorenkind seinen zufriedenen Beruf bei der Elektrotechnik gefunden hat. Der praktische Zweig teilt sich in zwei Äste, von denen der eine zu den Maschinenbauern führt und also die elektrotechnische Familie mit der altherwürdigen derer von Amboß und Schraubstock verbindet; der zweite geht zu den Mechanikern, die von den Uhrmachern herkommen, welche ihrerseits den Schlossern entspringen, aber auch dem sagenhaften Geschlechte der Zistler und Bastler verwandt sind; von den letzteren haben die Elektrotechniker die grüblerische Ader geerbt, aber sie besser zu verwerten verstanden.

Die ersten Sprossungen der elektrotechnischen Familie gehören dem mechanischen Zweige an, der sich allerdings schon beim Beginn mit dem physikalischen vermischte, und treten mit der Erfindung des Telegraphen auf, so daß wir so etwa das Jahr 1835 als das Entstehungsjahr unsres Hauses ansehen können. Es wäre nicht unberechtigt, diese Entstehung auf einen Mann zurückzuführen, auf Steinheil, der in sich den Physiker und den Mechaniker, den Gelehrten und den Techniker vereinigte, und da die Elektrotechnik gerade durch diese Verbindung charakterisiert wird, so mag uns Steinheil als der Vater der elektrotechnischen Industrie gelten.

Der Anfang dieser Industrie war bescheiden: denn von der Elektrotechnik konnte im ersten Jahrzehnt kaum eine einzelne Firma, geschweige denn ein ganzes Gewerbe leben. Aber mit der steigenden Ausdehnung der Telegraphie entwickelte sich der Bedarf an elektrischen Apparaten und Vorrichtungen, und es sonderten sich aus der mechanischen Industrie bald einzelne Betriebe ab, welche sich ausschließlich oder hauptsächlich mit der Anfertigung elektrischer Apparate befaßten. Die Zahl derselben blieb verhältnismäßig klein bis Ausgang der vierziger Jahre, und erst mit dem Beginn der fünfziger Jahre und namentlich während derselben sehen wir eine gesonderte Telegraphenindustrie emporsprießen, welche

etwas später durch die Aufnahme der Haustelegraphie erheblich gefördert wird. Einen unvergleichlichen Aufschwung nahm die elektrotechnische Industrie, als die Ära des elektrischen Lichtes begann, und mit dieser neuen Entwicklung sehen wir nun ein neues Element in der Elektrotechnik Bedeutung gewinnen, die Maschinenbauer, welche in sehr heilsamer Weise die Formen der Mechaniker, deren Subtilitäten nicht mehr in die zu Maschinen ausgewachsenen elektrotechnischen Erzeugnisse paßten, in zweckmäßiger Weise umgestalteten. Das war so etwa im Jahre 1880. Etwa um dieselbe Zeit sehen wir auch das heranwachsende Geschlecht der elektrotechnischen Industrie die Achtung einer andern Macht gewinnen, einer Macht, die sich gern mit solchen aufstrebenden Geschlechtern befaßt, wenn sie Erfolge haben, nämlich des Kapitals, welches jetzt sehr eifrig bestrebt ist, sich in gute Beziehung mit dem hoffnungsvollen Jüngling zu setzen. Da nun Kapital allezeit nicht nur ein erwünschter, sondern auch ein unentbehrlicher Genosse einer Industrie ist, so bedarf es keines Nachweises, daß die gute Meinung des Kapitals alles Entgegenkommen auf Seiten der elektrotechnischen Industrie fand, und so gestalteten sich die Beziehungen der beiden Mächte zwar nicht überall und immer freundlich, im großen und ganzen aber doch von Jahr zu Jahr zu einer stetig wachsenden und innigeren Verbindung. Rechnen wir alles zusammen, was im Laufe des halben Jahrhunderts in elektrotechnischen Anlagen, Betrieben und Unternehmungen an Kapital angelegt worden ist, so werden wir an die 20 Milliarden Mark herankommen, wenn wir die Telegraphenanlagen mit einrechnen.

Deutschland. Wir wollen mit der deutschen elektrotechnischen Industrie beginnen, und hiefür berechtigt uns nicht nur das patriotische Interesse, sondern auch die Thatsache, daß unsre elektrotechnische Industrie die bedeutendste Europas ist, und wenn man ihre Leistungen in Rücksicht zieht, der großen amerikanischen Industrie nichts nachgibt. An dem Beginn der Ära des Starkstromes steht die Firma Siemens & Halske, und nicht nur zeitlich, sondern auch ihrem Range ist sie heute noch das erste elektrotechnische Haus der Welt. Von dieser Firma geht die Dynamomaschine, die Teillichtlampe, die elektrische Bahn aus, die wesentlichen Neuerungen im Telegraphenwesen nicht eingerechnet; außer dieser geistig schaffenden Thätigkeit haben Siemens & Halske auch in der Fabrikation einen ersten Rang zu erringen gewußt und darin auf allen Gebieten der Elektrotechnik gearbeitet. Wir werden der Bedeutung des Hauses an späterer Stelle und ausführlicher gerecht werden, hier aber sei gesagt, daß der hohe Rang, den die deutsche elektrotechnische Industrie einnimmt, durch Siemens & Halske begründet worden ist, und das deutsche Volk diesem Hause dankbar sein muß, weil es mitgeholfen hat, die deutsche Industrie im Auslande zum Ansehen zu bringen.

Wie Siemens & Halske so sind auch zwei andre Weltfirmen der deutschen elektrotechnischen Industrie aus bescheidenen Anfängen zu ihrer Machtstellung gelangt, Felten & Guilleaume in Wülheim am Rhein und Schuckert & Co. in Nürnberg. Die erstgenannte Fabrik fabrizierte ursprünglich Seile, erst Hansf dann auch Drahtseile, und griff, als sich die Elektrotechnik zu entwickeln begann, die Fabrikation der elektrischen Leitungen auf, welche sie zu hoher Vollendung gebracht hat. Die beiden Kabelfabriken von Felten & Guilleaume und Siemens & Halske gehören zu den größten der Welt. Die große Nürnberger Firma Schuckert & Co. wurde im Jahre 1873 von Sigismund Schuckert begründet. Seine Dynamomaschinen fanden, im Anfang namentlich bei den Galvanotechnikern, eine gute Aufnahme, und dieser geschäftliche Erfolg ermöglichte es dem Begründer, sein Unternehmen und seine Erzeugnisse mehr und mehr auszugestalten.

Mit dem Jahre 1880 beginnt nun die deutsche elektrotechnische Industrie sich auszudehnen. Der Erfolg der Pariser Elektrischen Ausstellung wirkte lebhaft auf das große Publikum und auf das Kapital ein. Das elektrische Licht erscheint nicht mehr als Kuriosität, sondern als eine ernsthafte Neuerung. Die Glühlampe tritt auf, und man gewinnt in ihr eine zweckmäßige Innenbeleuchtung. Diese und andre Momente wirken darauf hin, daß sich mehr und mehr Techniker und Industrielle mit der elektrotechnischen Fabrikation zu befassen beginnen, und so entsteht eine Anzahl größerer und kleinerer Fabriken. Zunächst sind es die Mechaniker und insbesondere die Telegraphenmechaniker, welche sich der Starkstromtechnik zuwenden. So sehen wir schon Ende der siebziger Jahre die von uns

mehrfach genannte Stuttgarter Firma C. & E. Fein in der Starkstromtechnik mit eignen Konstruktionen von Dynamomaschinen, Lampen u. s. w. auftreten. Zwei andre Telegraphenbauanstalten Scharnweber in Kiel und Schwerdt in Karlsruhe kommen ebenfalls mit neuen Dynamomaschinen und Vogenlampen heraus und treten damit in die Starkstromtechnik ein. So beginnt eine Anzahl Firmen sich zu einer besonderen Industrie zu gruppieren, und die Starkstromtechnik erhält eigne Grenzen. Sie ist damit ein Gegenstand der Erörterung geworden, und dies wiederum lenkt die Aufmerksamkeit des Kapitals auf die sich entwickelnde Industrie. Das gibt zu Finanzprojekten Anlaß, und aus den Projekten entwickeln sich Aktien- und Kommanditunternehmen. In Berlin entsteht die „Deutsche Edisongesellschaft“, jetzt „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“, welche gleich mit einem starken Kapital, es waren anfangs fünf Millionen Mark, einsetzte und dadurch die Elektrotechnik in Deutschland börsenfähig machte. In Stuttgart war die Elektrotechnische Fabrik „Cannstatt“ entstanden, welche jetzt die elektrotechnische Abteilung der Maschinenfabrik „Eßlingen“, ihrer älteren Schwester, bildet; in Köln entwickelte sich die Aktiengesellschaft „Helios“, die anfangs als Kommanditgesellschaft auf kleinerer Grundlage stand.

Eine große Enttäuschung erfuhr das Kapital durch die Verstaatlichung der Telephonie in allen deutschen Postgebieten. Man hatte sich gerade gerüstet, auf dieser Errungenschaft der Elektrotechnik umfangreiche Finanzunternehmen zu errichten, als Herr v. Stephan die gute Gelegenheit für sich nahm und Bayern und Württemberg ebenfalls zulangten. Dafür blieb dem Kapital die elektrische Zentralbeleuchtung, für welche es jedoch in Deutschland nicht viel Meinung entwickelt hat — im Gegensatz zu Amerika. Vielleicht hätte das Kapital in diesen Anlagen mehr Beschäftigung gefunden, wenn es beizeiten zugegriffen hätte. Da es aber zauderte, entwickelte sich bei den deutschen Stadtverwaltungen die Anschauung, daß es geratener sei, diese Anlagen von vornherein für sich zu nehmen, um später nicht zu den mißlichen Erfahrungen zu gelangen, welche sich für manche Städte an ihren als Privatunternehmen errichteten Gasanlagen erworben haben. So sehen wir, daß das Kapital zum Teil durch eigne Schuld von diesem Unternehmen ausgeschlossen blieb, und während heute eine Anzahl städtischer Elektrizitätswerke im Betriebe ist, sind bis jetzt die Berliner und die Altonaer Zentralanlage die einzigen geblieben, welche als Privatunternehmen errichtet sind und betrieben werden; einige kleinere Werke können wir unberücksichtigt lassen.

Die großen Millionenunternehmen waren also dem Kapital entzogen worden, und wenn ihm dies auch weh that, so suchte und fand es doch anderweitig Beschäftigung, wobei es sich nach seiner Natur insbesondere denjenigen Unternehmen zudrängte, in denen die kaufmännische Thätigkeit mehr zur Geltung kommt als in den rein technischen Unternehmen, die ihren Erfolg in der glücklichen Erfindungsgabe und dem technischen Können des Unternehmers finden. In dieser Beziehung kam nun dem Kapital eine Umbildung der deutschen elektrotechnischen Industrie zu statten, welche sich in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre vollzog, die Ausbildung der Sonderfabrikation, welche ohne Zweifel von gewaltiger Bedeutung für die deutsche elektrotechnische Industrie ist. Dieser Erscheinung haben wir einige Worte zu widmen.

Die ersten elektrotechnischen Fabriken fabrizierten alles, was zum Fach gehörte, neben Telegraphenapparaten auch Dynamomaschinen, Vogenlampen, gelegentlich auch Glühlampen, Leitungsteile, Schalter und was nicht noch alles. Bei einer solchen Ausdehnung der Fabrikation in der Zahl der Artikel konnte von einer — sagen wir von einer geschäftlichen Vertiefung nicht die Rede sein, wenigstens nicht bei Firmen, die nicht wie Siemens & Halske und die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ mit Millionen arbeiten, und solche Kapitalien stehen ja manchen Fabriken nicht zu Gebote. Demzufolge mußte die Zahl der von einer einzelnen Gattung gefertigten Stücke eine verhältnismäßig kleine bleiben, und infolgedessen konnten Konstruktion und Fabrikation nicht die intensive Ausbildung erhalten, wie es dem Sonderfabrikanten, der nur einen oder wenige Artikel baut, möglich ist. Ein hervorragendes Beispiel von dem Nutzen der Sonderfabrikation zeigt sich bei Schuckert & Co. Diese Firma fabriziert in der Hauptsache nur drei Artikel, ihre Dynamomaschinen, ihre Vogenlampen und ihre Strombeziehungsmesser; sie hat das Prinzip der

Sonderfabrikation sogar noch weiter verfolgt und ihre Modelle nur wenig oder langsam geändert. Dafür hat sie ihre ganze Kraft auf die Verbesserung ihrer Sondererzeugnisse konzentrieren können, und hierin liegt zum Teil der erstaunliche Erfolg des Hauses begründet.

Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet allerdings die Firma Siemens & Halske, die gemollt und bewußt die Massfabrikation beibehalten hat. Nun liegen hier die Sachen aber etwas anders. In Wirklichkeit bestehen Siemens & Halske aus einer Anzahl Sonderfabriken, die in einer Hand sind, und diese Hand ist stark genug, um die verschiedenen Unternehmungen zusammenhalten zu können. In diesem Ausnahmefall ist die Massfabrikation von Vorteil, weil die einzelnen Sonderfabriken sich gegenseitig nähren und in erspriesslicher Weise zusammen arbeiten können; das muß naturgemäß in der allgemeinen Industrie auch stattfinden, vollzieht sich aber hier nicht durch den Zusammenhalt, den ein einzelner Wille ausübt, sondern auf dem Wege des Tausches. Der letztere bringt also die einzelnen Fabriken, die mit ihren kleineren Verhältnissen besser in Sonderfabrikation arbeiten, in Zusammenhang, und so arbeitet die Industrie als solche, wie Siemens & Halske es für sich thun können.

Bei Siemens & Halske kommt außerdem noch etwas anders hinzu. Das Haus hat einen Namen aufrecht zu erhalten und ist darum bemüht, wie vor Zeiten, auf der ganzen Linie voranzuschreiten. Es will darum mit allen Teilen der Elektrotechnik in enger Fühlung bleiben und gibt darum die beste Forschungsstätte, die Fabrikation, für keinen Teil der Elektrotechnik auf.

Aber dieser einzelne Fall, so bedeutend er auch ist, ändert nichts an dem Grundsatz, daß sich die Sonderfabrikation für die Ausgestaltung der Industrie, zumal einer solchen, wie sie die elektrotechnische mit ihren immer reicher werdenden Verzweigungen darstellt, vorteilhafter ist, und zudem gibt uns die Thatsache recht, daß sich die Sonderfabriken vielfach in überraschend schneller Weise entwickelt haben.

So entstanden im Jahre 1885 die „Deutschen Elektrizitätswerke zu Aachen“, welche nur Dynamomaschinen bauen und sich zu einem bedeutenden Hause entwickelt haben. Eine andre Absonderung entwickelte sich bei den Leitungsteilen, für welche rasch eine Anzahl Sonderfabriken entstand, die sich wiederum in besondere Zweige spalteten. Eine der ersten derartigen Fabriken ist die von Staudt & Voigt, jetzt Voigt & Häffner in Frankfurt a. M., welche sich ausschließlich mit der Erzeugung von Schaltern und andern Leitungsteilen befaßt und für die Herstellung dieser Sachen die Massfabrikation eingeführt hat. Andre derartige Fabriken haben ihre Fabrikation mit Vorteil noch weiter verengt und fabrizieren nur Glühlampenfassungen oder Armaturen für Glühlampen oder andre Spezialartikel.

Demnächst entstanden auch Vogenlampenfabriken, welche sich einzig auf diese Beleuchtungsvorrichtung beschränken, so z. B. die von uns früher genannte Vogenlampenfabrik von Körting & Matthiesen in Leipzig, die sich rasch aus kleinen Anfängen entwickelt hat.

Die Glühlampenfabrikation spaltete sich sehr rasch in Sonderfabriken ab und dadurch gelang es ihr, die Massfabrikation dieser Lampen auszubilden. Schon Anfang der achtziger Jahre hatte die „Englische Swan-Gesellschaft“ in Kalk bei Köln eine besondere Glühlampenfabrik, die „Swan United Electric Light Co.“ errichtet. Die „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ errichtete sofort bei ihrem Beginn eine große Glühlampenfabrik, die zwar in dem Rahmen der Massfabrikation dieser Firma steht, aber doch technisch und geschäftlich ein gesondertes Unternehmen darstellt. Die „Electriciteits-Maatschappij Systeem de Pshotinsky“, die früher in Rotterdam ihre Lampen fabrizierte, errichtete eine Fabrik in Gelnhausen, wo sie noch jetzt Glühlampen und Akkumulatoren fabriziert.

In Berlin griff die vormalige Feilenfabrik Schaaf, A.-G., die Glühlampenfabrikation auf, und aus ihr entwickelte sich im Laufe der Zeit die „Aktien-Gesellschaft für Glühlampenfabrikation Patent Seel“.

So entstanden in kurzer Zeit sechs große Glühlampenfabriken — die von Siemens & Halske und Gebr. Bintsch ist hinzuzurechnen — in Deutschland und neben ihnen noch mehrere kleinere, die zum Teil eingegangen sind; die Gesamtzeugung derselben ist auf drei bis vier Millionen Glühlampen im Jahre zu veranschlagen.

Die Fabrikation der Kohlenstifte war in Deutschland zuerst von Siemens & Halske aufgenommen worden, allerdings nicht unter ihrer Firma, sondern in der verwandten Fabrik Gebr. Siemens & Co. in Charlottenburg. Dann entwickelte sich in Nürnberg eine Anzahl solcher Fabriken. Schudert rief die Kohlenstiftfabrik von Schmelzer, welche jetzt Aktiengesellschaft ist, ins Leben. Weiter entstanden dann die Fabriken von C. Conradt, Mahla & Braun, Beleuchtungskohlenfabrik Doos, deren Produktion eine ganz beträchtliche ist und In- und Ausland versorgt. Die Kohlenstiftfabrikation ist in Europa in der Hauptsache auf Deutschland beschränkt geblieben, und wenn auch im Auslande mehrere solcher Fabriken bestehen, so überwiegt doch auf dem Markt das deutsche Erzeugnis.

Eine weitere Sonderfabrikation, welche sich bei uns bedeutend entwickelt hat, ist die Fabrikation isolierter Leitungen. Sie ist mit der Entwicklung der Telegraphie aus dem Posamentiergewerbe erwachsen und umfaßte anfänglich zumeist kleinere Betriebe. Dann aber, als der Bedarf an isoliertem Draht durch die Entwicklung der Starkstromtechnik außerordentlich stieg, dehnten sich manche dieser Verspinnanstalten zu großen Fabriken aus, und es entstanden neue fabrikmäßig betriebene Unternehmen, welche sich mit der Herstellung der verschiedenen Arten isolierter Drähte und Kabel befassen. Neben Felten & Guillaume und Siemens & Halske haben wir hier F. Obermayer in Nürnberg, Robert Bachmann und F. F. Vogel in Berlin zu nennen, welche Lichtleitungen aller Art liefern.

Ein neuer Sonderartikel entstand in den Akkumulatoren, welche anfangs von verschiedenen elektrischen Fabriken als Niterzeugnis hergestellt wurden, dann aber von besonders und ausschließlich für diese Fabrikation entstandenen Fabriken aufgenommen wurden. Zuerst nahm die „Electriciteits-Maatschappij Systeem de Rhotinsky“ diese Fabrikation auf. Dann entstanden Büsche & Müller, später Müller & Einbeck in Hagen, welche jetzt die bedeutendste deutsche Akkumulatorenfabrik sind, und in ihrer heutigen Form „Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft in Hagen i. W.“ heißen. Nachdem traten Correns & Co. in Berlin auf, jetzt „Berliner Akkumulatorenwerke“, und ihm folgte Gottfried Hagen in Köln, der aus seiner großen Bleiwarenfabrik eine Sonderabteilung für Akkumulatoren abzweigete, die „Kölner Akkumulatorenwerke“. Früher als diese Fabriken hatte der verdiente Hamburger Ingenieur F. L. Huber eine Akkumulatorenfabrik in Hamburg errichtet, in welcher er als Lizenzträger der „Electrical Power Storage Co.“ Akkumulatoren nach den Patenten dieser Firma fabrizierte. Huber hat jetzt die Fabrikation seiner Akkumulatoren, an denen er wesentliche Verbesserungen angebracht, auf die Schweizer Akkumulatorenfabrik „Marly“ übertragen und ist insofern aus der deutschen Industrie ausgeschieden. Einige neueren Unternehmen dieser Art, welche sich erst anschlössen, eine Stellung auf dem Markte zu gewinnen, dürfen wir übergehen.

Wie in der Starkstromindustrie, so hat sich auch in der Schwachstromenergie eine gewisse Spezialisierung entwickelt, doch nicht in dem Grade, wie bei der ersteren; hier herrscht noch immer die Vorliebe, ein wenig alles zu bauen, und es gibt eine Anzahl Fabriken, welche ein halbes Tausend Artikel der Telegraphie in ihren Preislisten aufführen. Eine gewisse Sonderung hat aber auch hier Platz gegriffen, zumal bei jenen Fabriken, welche mit einem glücklichen Griff eine gewinnbringende Neuerung erfaßt haben und diese naturgemäß „puffieren“. So sehen wir die geachtete Fabrik von C. Theodor Wagner in Wiesbaden, eine der ältesten Telegraphenfabriken Deutschlands, als Hauptartikel ihre elektrischen Uhren fabrizieren.

Die Aktiengesellschaft Miz & Genest in Berlin, welche allerdings die gesamte Haus Telegraphie, Luftdruck Telegraphie, Blitzableitungsanlagen und Telephonie bearbeitet und auch in das Gebiet der Telegraphenapparate hinübergreift, hat sich ihren Namen durch ihr Mikrophon geschaffen.

Eine wirkliche Sonderfabrik für Telephonapparate ist Fr. Heller in Nürnberg. Früher erzeugte die Firma kleinere physikalische Apparate für Schulen, nahm dabei auch, als das Telephon aufkam, diesen Apparat mit in ihre Fabrikation hinein und baute dann als eine der ersten Firmen kleine zweckmäßige Haus telephonapparate. Dieser anfangs

nebenbei betriebene Fabrikationszweig entwickelte sich rasch und in einem Maße, daß die Firma die früheren Artikel aufgab und sich ausschließlich auf die Herstellung von Fernsprechapparaten legte. Bei der Errichtung der Zentralfernprechanlagen in Bayern, dessen Regierung wie die Reichsregierung die städtischen Fernsprechanlagen für sich genommen hatte, gab die bayerische Postverwaltung einen großen Teil der von ihr benötigten Fernsprechapparate der Nürnberger Firma in Auftrag, da sie den Verdienst der heimischen Industrie belassen wollte, und so wuchs die anfangs kleine Fabrik rasch heran, jetzt ist sie eine der größten Telephonfabriken in Deutschland.

In hohem Ansehen steht die deutsche Fabrikation der elektrischen Meßinstrumente. Nach Siemens & Halske, welche auch hier vorangegangen sind, entstand in Würzburg die Firma E. Hartmann, welche in sehr glücklicher Weise die Ideen des bekannten Physikers Professor Kohlrausch, damals in Würzburg auszuführen mußte, und eine große Zahl neuer Meßinstrumente schuf. Beim Beginn der Starkstromtechnik gab Kohlrausch einen zweckmäßigen technischen Strommesser an, welchen die Firma Hartmann baute und damit in die elektrotechnische Industrie eintrat. Später siedelte die Fabrik nach Frankfurt a. M. über und wandelte sich in die Firma Hartmann & Braun um, welche sich im In- und Ausland einen guten Namen erworben hat. Ihre elektrischen Meßinstrumente gehören zu dem Besten, was wir besitzen.

Die Notwendigkeit, bei Zentralbeleuchtungsanlagen den Verbrauch an Strom messen zu können, gab Anlaß zu zahlreichen Konstruktionen von derartigen Instrumenten, „Elektrizitätszählern“. Es glückte nun dem Prof. Dr. Aron in Berlin, ein neues Prinzip für solche Zähler zu finden, und daraufhin konstruierte er seinen bekannten Elektrizitätszähler, der bis heute noch der beste geblieben ist.

Eine sehr geachtete Firma in elektrischen Meßinstrumenten ist auch Th. Edelman in München.

Mit dem allmählichen Übergange von der Allfabrikation zur Sonderfabrikation zweigte sich aus den elektrotechnischen Fabriken auch die Herstellung der Anlagen ab, was zum Teil die Folge der geschäftlichen Gestaltung der Industrie war. Da nämlich die elektrotechnischen Fabriken nicht für ihren Ort allein oder hauptsächlich arbeiten können, sondern ihren Vertrieb im ganzen Lande suchen müssen, so bestellten sie in den größeren Städten Vertreter, welche ihnen Anlagen zuzuführen hatten. Nun lag es auch nahe, die Anlagen, für welche die Fabrik die Bestandteile zu liefern hatte, durch den Vertreter herstellen zu lassen, damit die Fabriken der Hinsendung und Überwachung des ausführenden Personals überhoben blieben. Auf diese Weise entwickelten sich die Installationsgeschäfte, welche anfangs für besondere Fabriken als Vertreter derselben arbeiteten. Später entstanden dann Unternehmen dieser Art, welche selbständig den Bau von Anlagen ausführten und das benötigte Material bezogen, wo immer es ihnen passend schien. Zur Entwicklung dieses Geschäftszweiges trug auch das Entstehen der städtischen Elektrizitätswerke bei, auf welche wir etwas weiter unten zu sprechen kommen. Hier wurde vielfach die Herstellung der Hausleitungsanlagen der privaten Industrie überwiesen, und es bildeten sich infolgedessen größere und kleinere Installationsbetriebe heraus, wie wir ähnliches ja auch bei den Gas- und Wasserleitungsinstallationen sehen. Zum Teil haben hier sozialpolitische Rücksichten mitgewirkt, man hoffte dem Handwerk durch Überweisung der Installationen ein neues Erwerbsgebiet zu eröffnen. Es ist aber zu bezweifeln, daß dieser Zweck erreicht wird, weil zur Herstellung der elektrischen Anlagen nicht die Handgeschicklichkeit genügt, sondern auch ein nicht unbeträchtliches Maß theoretischen Wissens notwendig ist, dessen Erwerb zumeist dem Handwerker nicht oder nur schwer möglich ist.

Auch der Zwischenhandel mit elektrotechnischen Erzeugnissen hat seine Absonderung gefunden. Es sind Geschäfte entstanden, welche sich ausschließlich mit dem Vertrieb elektrotechnischer Fabrikate befassen und damit ein nutzbares Glied zwischen dem Fabrikanten und dem Konsumenten abgeben.

Eine ganz bedeutende Rückwirkung hat die Elektrotechnik auf andre Industrien ausgeübt, und die Dampfmaschinen- und Dampfkesselfabrikanten zählen heuer die elektrotechnische

Industrie zu ihren besten, wenn auch etwas quängeligen Kunden. Das beste Geschäft hat von diesen Fabriken jedenfalls die „Deutzer Gasmotorenfabrik“ gemacht, die zur Zeit im ganzen 1200 Gasmotoren für elektrische Betriebe geliefert hat. Auch andre Gasmotorenfabriken, wie Gebr. Körting in Hannover, Gille in Dresden u. a., haben eine erkleckliche Anzahl Gasmotoren für den gedachten Zweck gebaut.

Von den Dampfmaschinenfabriken hat H. Wolf in Magdeburg zahlreiche seiner bewährten Lokomobilen in elektrischen Anlagen aufgestellt. Stehende Dampfmaschinen für diese Zwecke haben in zahlreichen Exemplaren Kuhn in Stuttgart, Swiderski in Leipzig, die „Augsburger Maschinenfabrik“ und manche andre Firmen geliefert.

Wir glauben in unsern Schätzungen eher zu niedrig als zu hoch zu greifen, wenn wir annehmen, daß die deutsche elektrotechnische Industrie der deutschen Maschinenindustrie bis Ende 1891 für 25 Millionen Mark Maschinen und maschinelle Einrichtungen abgenommen hat. Merkwürdigerweise sieht aber die Maschinenindustrie in der Elektrotechnik nur ein erfreuliches Absatzgebiet und erkennt ganz, daß sich dieses Gewerbe ihr eines Tages eine sehr unangenehme Seite zeigen und aus einem Abnehmer in einen übermächtigen Konkurrenten verwandeln wird, was wir später in unserm „Ausblick auf die Zukunft“ ausführen wollen. Dieser Blindheit ist es zuzuschreiben, daß es in Deutschland bis auf wenige Fälle nicht gelungen ist, die Elektrotechnik in die Maschinenindustrie aufzunehmen. Es haben zwar viele Maschinenfabriken versucht, Dynamomaschinen und andre elektrotechnische Erzeugnisse anzufertigen, sind aber von dieser Erweiterung ihres Betriebes zu meist bald zurückgekommen. Daß sich beide Industrien sehr wohl und mit Vorteil verbinden lassen, dabon gibt uns die Firma Ganz & Co. in Budapest ein sehr einleuchtendes Beispiel. Wir bebauern diese Zurückhaltung der deutschen Maschinenindustrie lebhaft. Soll nämlich die elektrische Kraftübertragung bei uns zur Entwicklung gelangen, so ist hierfür die Mitarbeit des Maschinentechnikers zu einem reichlichen Anteil notwendig. Es handelt sich ja bei der Anwendung der Kraftübertragung nicht bloß um die richtige Konstruktion des elektrischen Teiles, sondern die Einrichtungen müssen vor allem den maschinellen Verhältnissen angepaßt sein, und auf diesem Gebiete hat der Maschinentechniker das Wort. Aber leider! die Maschinentechniker haben sich von der Elektrotechnik noch recht entfernt gehalten; die Zukunft bessere es.

Nach der Maschinenindustrie hat auch eine Reihe anderer Industrien Vorteil von der Elektrotechnik gezogen. Ein bemerkenswertes Beispiel bietet die Gasfabrikation, welche früher den Retortenrückstand zur Aufschüttung von Wegen verwenden konnte und froh war, wenn ihr jemand den unnützen Stoff abfuhr, heute aber dieses Nebenerzeugnis von den Fabriken für elektrische Kohlen teuer bezahlt erhält.

Die Kupferbergwerke finden in der Elektrotechnik eines ihrer besten Verbrauchsgebiete, und ebenso steigt der Konsum an Blei in der Fabrikation von Akkumulatoren. Nickel könnte ja ohne den Strom kaum leben und verdankt seine Karriere ausschließlich der Elektrizität. Die Porzellan- und die Glasindustrie liefern ebenfalls gewaltige Mengen ihrer Erzeugnisse für elektrotechnische Zwecke; die Millionen Isolatoren, Röhren und andre Teile aus Porzellan, die Glasbirnen für Glühlampen, die Bogenlampenglocken, die Glühlampenschalen, die Batterie- und Akkumulatoren gläser und so manches andre nehmen für ihre Herstellung die Arbeit eines großen Teiles der einschlägigen Industrien in Anspruch. Dann kommen Holz, Blech-, Hartgummiteile für die Elektrotechnik, welche für eine Anzahl Fabriken zu lohnenden Spezialartikeln geworden sind, und solcher Bedarfsartikel für die Elektrotechnik läßt sich eine ganze Reihe aufzählen.

Mit der fabrizierenden Industrie haben sich auch jene Unternehmen entwickelt, welche Strom liefern, die Elektrizitätswerke, welche vorerst in der Hauptsache der Beleuchtung dienen, aber bald auch für Kraftverteilung Bedeutung erlangen werden.

Wenn wir von kleineren Unternehmen dieser Art absehen, so ist das älteste derartige Werk in Deutschland das Berliner, welches von der Aktiengesellschaft „Berliner Elektrizitätswerke“ geleitet wird. Das Unternehmen hat sich aus der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft“ entwickelt, welche gleich bei ihrem Beginn die Konzession zur Errichtung einer Zentralbeleuchtungsanlage von der Stadtgemeinde Berlin erwarb und

dieselbe auf ihre Tochtergesellschaft, eben jene „Berliner Elektrizitätswerke“, übertrug. Es war dies im Jahre 1885, wo die Stadtgemeinden noch kein rechtes Zutrauen zu der elektrischen Beleuchtung hatten und sich daher nicht in Unternehmen stürzen wollten, die nicht sehr gewinnbringend ausfielen. Sie überließen deshalb diese Beleuchtungsanlagen der Privatunternehmung, hoffend, die Werke nach überwundenen Kinderkrankheiten an sich nehmen zu können. Diese Anschauungen schlugen aber in wenigen Jahren in das Gegenteil um, teils weil die Stadtgemeinden es doch als vorteilhafter betrachteten, gleich von vornherein Hand auf diese Betriebe zu legen, teils auch weil die Unternehmer nicht so recht willig waren, die Beleuchtungsanlagen für kurze Konzessionsdauer zu errichten. So entstand denn in verhältnismäßig kurzer Zeit eine Anzahl „Städtische Elektrizitätswerke“, welche von den Gemeinden auf eigne Kosten erbaut sind und betrieben werden.

Als die hauptsächlichsten nennen wir:

	in Betrieb genommen im Jahre
Lübeck	1888
Elberfeld	1888
Barmen	1889
Darmstadt	1888
Königsberg i. Pr.	1890
Hamburg	1888
Hannover	1891
Köln	1892
Düsseldorf	1891
Breslau	1892
Raffel	1892

Kleinere Privatunternehmen bilden die Elektrizitätswerke in Stettin und Dessau, von denen das letztere durch die „kontinentale Gasgesellschaft“ in Dessau als eine Studienanlage errichtet worden ist.

Neben diesen Elektrizitätswerken bestehen dann noch zahlreiche kleinere Zentralanlagen, sogenannte Blockstationen, welche einen oder mehrere Häuserblocks zu beleuchten bestimmt sind.

Entsprechend der Erweiterung der Industrie ist der Zustrom von technisch gebildeten Leuten wie auch von Geschäftsleuten zur Elektrotechnik von Jahr zu Jahr gestiegen, wozu nicht wenig auch die berechtigte Anschauung beigetragen hat, daß der Elektrizität die Zukunft gehört. Dazu kommt noch eine Anzahl Elektrotechniker mit größerer oder geringerer wissenschaftlicher Bildung, die ihre Kenntnisse auf den Universitäten oder in den Fabriken erwerben, und überdies noch die von der königlichen Telegraphenschule ausgebildeten Telegraphentechniker.

Sehr bedeutend ist auch der Zuzug der niederen Kräfte, der Monteure und ähnlicher für die Elektrotechnik besonders geschulter Arbeiter. Merkwürdig ist, daß dieser Zuzug zum großen Teil aus Berufen einwandert, die mit der Elektrotechnik nichts zu thun haben, und ebenso merkwürdig ist, daß gerade die geschicktesten Arbeiter dieser Art vorher entweder keine Handwerker gewesen sind oder doch aus Professionen kommen, welche der Elektrotechnik ferner stehen als wie beispielsweise die Mechanik, die Schlosserei u. s. w. Unter den Monteuren und den Arbeitern in den Fabriken finden sich ehemalige Schornsteinfeger, Schneider, Tagelöhner, welche bei Frau Elektrizität ein erheblich besseres Auskommen gefunden haben als bei den älteren Gewerben. Die Gas- und Wasserleitungsindustrie sollen übrigens ganz ähnliche Erscheinungen gezeitigt haben.

England. Eine reiche Entwicklung nimmt auch die englische elektrotechnische Industrie, wengleich derselben die Stetigkeit und das System der deutschen fehlen. Dieser letztere Umstand findet seinen Grund nicht in der geringeren Leistungsfähigkeit der englischen elektrotechnischen Firmen, welche darin gegen keine andre Nation zurückbleiben, vielmehr haben hier verschiedene Einwirkungen geschäftlicher Natur mitgespielt. Im Anfang der achtziger Jahre entwickelte sich in England auf dem elektrischen Gebiete

eine fieberhafte Gründungsthätigkeit. Das Kapital stürzte sich auf den neuen Industriezweig, und jede neue Erfindung, selbst die wertloseste, wurde für Unsummen angekauft und daraufhin eine neue Aktiengesellschaft gegründet. Der Rückschlag blieb nicht aus und endigte mit dem bekannten fünften Akt der Gründungsdramen, mit einem fürchterlichen Krach. Nun zeigte sich das Kapital lange Zeit verschmupft, und erst allmählich entwickelte sich wieder das Vertrauen, so daß der weitere Ausbau der englischen elektrotechnischen Industrie auf gesünderer Grundlage aufgenommen werden konnte.

Ein weiterer Hinderungsgrund für die Entwicklung ergab sich aus der im Jahre 1882 erlassenen „Electric Lighting Act“, welche namentlich die Konzessionsbedingungen für Elektrizitätswerke regelt. Die Bestimmungen dieser Akte waren für die Unternehmer insbesondere darin ungünstig, daß die Dauer und Form des zu gewährenden Ausnutzungsrechtes zu eng bemessen waren. Die Folge war, daß in England keine Elektrizitätswerke entstanden, und erst als eine verbessernde Bill die Bedingungen für den Unternehmer günstiger gestaltet hatte, entstanden dort zahlreiche Zentralbeleuchtungsanlagen.

Zu hoher Entwicklung ist in England, dem klassischen Lande des Maschinenbaues, der Bau von Dynamomaschinen gelangt. Für eine Epoche hat England die Führung in der Verbesserung der Dynamomaschinen gehabt, und die Technik dieser Maschinen verdankt den englischen Elektrikern sehr viele wesentliche Neuerungen, sowohl in theoretischer wie in praktischer Beziehung.

In der Erzeugung und Verlegung von Seekabeln behauptet England den ersten Rang und mehr als dies, es hat bis jetzt darin noch in keiner andern Nation einen erheblichen Mitbewerber gefunden.

Die Erfolge auf diesen beiden Gebieten verdankt die englische Industrie zu einem großen Teile der Zusammenarbeit der Gelehrten und der Techniker, welche sich dort von alters her in einem viel erfreulicheren Grade ausgebildet hat, als beispielsweise in Deutschland; wir haben aber in bezug auf unser Land anzuerkennen, daß sich in neuester Zeit die Verhältnisse gebessert haben, daß die Gelehrten von ihrer Schulfuchserlei, die Techniker von ihrem Praktikerdümel abzukommen beginnen und die gegenseitige Anerkennung eine ersprießliche Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis zur Entfaltung bringt. Daß bei den geschichteten Verhältnissen der Bau von Meß- und Präzisionsinstrumenten auf hoher Stufe steht, läßt sich von vornherein erwarten und wird durch die Thatsache bestätigt. Die englische Feinmechanik hat sich von jeher eines großen Ansehens erfreut und dasselbe auch in der Elektrotechnik zu wahren gemußt. Hier sei beiläufig bemerkt, daß die englischen Mechaniker ihren eignen Stil haben, nicht nur was das Äußere der Instrumente angeht, sondern auch in vielen konstruktiven Einzelheiten; man könnte sogar sagen, daß sich die insulare Lage des Landes wie auf vielen andern Gebieten auch hier geltend macht.

In manchen andern Gebieten ist England gegen Amerika und Deutschland zurückgeblieben. Eine Reihe von elektrotechnischen Industriezweigen hat dort nicht zur rechten Blüte kommen können, teils weil sich in England die Sonderfabrikation noch nicht genügend entwickelt hat, teils weil dort ausgedehnte Patentmonopole bestehen, welche die Ausbreitung der gewerblichen Thätigkeit und die Wirkung des Wettbewerbes, der in mäßigem Grade von großem Nutzen ist, unterbinden. Während beispielsweise in Deutschland eine große Glühlampen- und Fernsprechindustrie in kurzer Zeit erwachsen ist, haben jenseit des Kanals starke Patentrechte eine ähnliche Entwicklung hintangehalten. Die Fabrikation von elektrischen Kohlen aller Art, die bei uns eine recht ansehnliche ist, hat in England kein rechtes Fortkommen gefunden, obwohl hier keine Patente im Wege standen. Auch die Herstellung von Beleuchtungskörpern bleibt drüben weit gegen die deutsche Fabrikation zurück. In bezug auf Beleuchtungs- und Telephonanlagen steht ebenfalls Deutschland voran, und es ließen sich noch andre Zweige des Faches nennen, die sich in England weniger reich entfaltet haben, als man bei den reichen finanziellen und technischen Hilfsmitteln des Landes erwarten sollte. Vernünftigerweise wird man dieses Zurückbleiben nicht als ein dauerndes ansehen, und es ist zu erwarten, daß sich diese Verhältnisse schon in wenigen Jahren geändert haben werden.

Um noch einige hauptsächlich Firmen der englischen Industrie zu nennen, erwähnen wir zunächst Crompton & Co. als eine der ältesten Fabriken für Starkstromtechnik. Gegründet ist das Haus, das jetzt über 300 Arbeiter beschäftigt, von R. E. B. Crompton im Jahre 1879. Crompton war in seinen jungen Jahren Offizier und wurde dann Ingenieur, als welcher er anfangs in verschiedenen Stellungen thätig war und später mit dem Beginn der Verwendung des Starkstromes zur Elektrotechnik überging. Neben dieser Firma erfreut sich die Fabrik von Mather & Platt in Manchester, welche wir auf S. 66 erwähnt haben, eines wohlverdienten Rufes in der Herstellung von Dynamomaschinen. Von den großen Aktiengesellschaften haben wir die „Brush Electrical Engineering Co. lim.“ in London und die „India Rubber, Guttapercha & Telegraph Works Co. lim.“ in Silvertown, Essex zu nennen. Die erstere Gesellschaft wurde für den Bau der Brush-Maschinen und -Lampen, welche in Amerika eine sehr gute Aufnahme gefunden hatten, gegründet, um diese Vorrichtungen in Europa einzuführen. Mit der Einführung des Glühlichtes baute dann die Firma eine eigne Dynamomaschine, die Victoria-Maschine, deren Konstruktion aus der von Schudert hervorgegangen ist. Die „India Rubber-Gesellschaft“ ist vom Gummi zu den Kabeln, von den Kabeln zu elektrischen Apparaten, und von diesen aus weiter zur Starkstromtechnik gekommen und erfreut sich eines guten Rufes in der Fachwelt. Eine ähnliche große Gesellschaft ist die „Telegraph Construction & Maintenance Co. lim.“ in London.

Die von uns im Kapitel: Akkumulatoren genannte verdienstvolle „Electrical Power Storage Co.“ ist in die „Electric Construction Co. lim.“ in London unter Hineinnahme mehrerer anderer Unternehmen verwandelt worden.

Die Firma Siemens & Halske hat in England ein Bruderhaus, Siemens Brothers, welches durch Werner und William Siemens gegründet worden ist und der Leitung des letzteren bis zu seinem leider zu früh erfolgten Tode unterstanden hat; jetzt wird es von seinem Neffen, Alexander Siemens, geführt. Die Firma ist gewissermaßen die englische Ausgabe von Siemens & Halske und pflegt auch die Traditionen dieses Hauses, dem es jedoch an Bedeutung in der Elektrotechnik nicht gleichsteht. Es wird bei Siemens Brothers in ähnlicher Weise wie bei Siemens & Halske so ziemlich alles fabriziert, was zum Fach gehört, und wenn man die Verbindung der Londoner und Berliner Fabrik, mit denen Gebr. Siemens & Co., die Kohlenstiftfabrik in Charlottenburg, sowie die Akkumulatorenfabrik in Hagen, an denen Siemens & Halske beteiligt sind, betrachtet, so wird man erkennen, daß der Name Siemens so ziemlich die gesamte heutige Elektrotechnik überdeckt und auf jedem Teil derselben Besitz erworben hat, vielleicht mit Ausnahme des elektrochemischen Gebietes, auf welchem der Name Siemens kaum oder nicht in hervorragender Weise vorkommt.

Für Meß- und Präzisionsinstrumente wie auch für Telegraphenapparate gilt die Firma Elliot Brothers in London als die erste in England und zählt unter den ersten Firmen dieser Art überhaupt.

Wahrhaft großartige Unternehmen sind die Kabelgesellschaften, von denen die „Anglo American Telegraph Co. lim.“ und die „Eastern Telegraph Co. lim.“ mit Kapitalien von über 100 Millionen Mark und mehrere mit solchen von 20—50 Millionen Mark arbeiten. Insgesamt sind in den englischen Kabelgesellschaften etwa 700 Millionen Mark angelegt, die sich sehr gut verzinsen.

Unter den Telephongesellschaften steht die „National Telephone Co. lim.“ obenan, welche aus der Vereinigung einer Anzahl von Einzelgesellschaften hervorgegangen ist. Das gesamte in derselben beschäftigte Kapital beträgt rund 20 Millionen Mark. Die Zahl ihrer Stadtnetze dürfte jetzt etwa 100 betragen.

Unter den Beleuchtungsgesellschaften, von denen London allein 24 teils erbaute, teils geplante zählt, ragt die „London Electric Supply Co. lim.“ hervor, welche für die Speisung von 25 000 Lampen von je acht Normalkerzen projektiert ist. Die 24 Gesellschaften vertreten so ziemlich alle Verteilungssysteme, die bis jetzt praktische Bedeutung gewonnen haben, Dreileiter-, Fünfleiter-, Wechselstrom-, Gleichstrom-, Akkumulatorenbetrieb, so daß sich London zu einer großartigen Versuchsstätte für diesen Teil der Elektrotechnik

herausgebildet hat. Dazu kommen etwa 40—50 zumeist kleinere Elektrizitätswerke in der Provinz, so daß also das elektrische Licht in England eine gleiche Verbreitung gefunden hat wie in Deutschland.

Die übrigen europäischen Länder. In Frankreich hat die elektrotechnische Industrie keine derartige Entwicklung finden können, wie in England und Deutschland. Der einzige Platz, der hier von Bedeutung ist, bleibt Paris, wo eine Anzahl Fabriken von Ruf ihren Sitz haben. Die bedeutendsten Dynamomaschinenfabriken sind Sautter, Harlé & Co., die „Société des Machines Gramme“ und die „Compagnie Continental Edison“. Eine große Glühlampenfabrik ist diejenige der „Compagnie Générale des Lampes Incandescentes“ in Jorhy-sur-Seine.

Die Telephonanlagen, welche früher Privatunternehmungen waren, sind jetzt sämtlich verstaatlicht worden. Unter den einstmaligen Aktiengesellschaften für diese Anlagen ragt die „Société Générale des Téléphones“ hervor, welche u. a. auch das Telephonnetz von Paris in mustergültiger Weise erbaut und betrieben hat. Jetzt befaßt sich die Gesellschaft ausschließlich mit Fabrikation, und sie hat sich ein Verdienst erworben, daß sie ein Werk für die Fabrikation von Seekabeln in Frankreich errichtet hat, das zur Zeit freilich mit den großen englischen Fabriken noch nicht konkurrieren kann, aber versprechende Anfänge zeigt.

Sehr hoch steht die Pariser Mechanikerkunst, die vordem als die erste galt. Maison Breguet und der Nachfolger Ruhnkorffs, Carpentier, sind in der ganzen Welt bekannt und auch wegen ihrer elektrischen Apparate und Instrumente geschätzt. Auch Wildé & Co. und Richard Frères seien hier genannt.

Österreich-Ungarn wird in der elektrotechnischen Weltindustrie zwar nur durch ein Haus vertreten, aber dieses zählt zu den ersten derselben; das ist Ganz & Co., deren wir öfters in unserm Buche haben gedenken können. Es wird dem Leser nicht uninteressant sein, wenn wir mit einigen Worten auf die Entwicklungsgeschichte dieser Firma eingehen, sei es auch nur, um den alten Satz aus dem Geschäftsleben aufs neue zu erweisen, daß die Weltfirmen fast stets aus kleinen Verhältnissen aufgewachsen sind.

Die heute unter der Firma Ganz & Co., Eisengießerei- und Maschinenfabriks-Aktiengesellschaft in Budapest bestehende Fabrik wurde im Jahre 1844 durch den ehemaligen Gußmeister der Josephs-Walzmühl-Gesellschaft, Abraham Ganz, gegründet und war seiner Zeit, allerdings in nur sehr bescheidenem Umfange, als Gießerei angelegt.

Den ersten Probeaufträgen, welche Ganz von der Österreichischen Staatsbahn und der Österreichischen Südbahn erhielt, folgte eine bedeutende Bestellung der Theißbahn-Gesellschaft im Jahre 1857. Von da ab hoben sich die Fabrikation seiner Hartgußräder und deren Verbreitung immer mehr. Aus der kleinen, auf Handbetrieb eingerichteten Werkstätte wurde die leistungsfähigste Eisengießerei Österreich-Ungarns, verbunden mit großen Maschinenwerkstätten.

Der im Jahre 1867 erfolgte Tod des Schöpfers dieser Unternehmung hinderte deren weiteren Aufschwung nicht, denn die Erben konnten das Geschäft ungeschmälert fortsetzen.

Im Jahre 1869 wurde das Geschäft in eine Aktien-Gesellschaft umgestaltet, welche aus Pietät für den Gründer die Firma Ganz & Co. beibehielt.

Im Jahre 1878 errichtete die Firma Ganz & Co. in ihrem Etablissement auch eine Abteilung für die Fabrikation elektrischer Lichtmaschinen und Lampen; sie war also die erste Firma, welche sich in Österreich-Ungarn mit diesem Industriezweige beschäftigte.

Zwar dauerte es einige Zeit, ehe sich dieser neue Fabrikationszweig entfalten konnte, aber es gelang der Firma in verhältnismäßig kurzer Zeit, festen Fuß zu fassen und sich zu einer der angesehensten Fabriken für Elektrotechnik zu entwickeln. Die nachstehende kleine statistische Aufstellung mag das Wachsen der neuen Abteilung darthun.

Bis zum 1. Mai 1890 wurden durch die Firma folgende 513 größere elektrische Beleuchtungsanlagen installiert, mit rund 2700 Vogen- und 212150 Glühlampen darunter 83 Elektrizitätswerke und 450 isolierte Anlagen, 12 Kraftübertragungen und 3 Anlagen für Elektrolyse.

1882:	11	definitive und	39	temporäre Anlagen;
1883:	46	Anlagen für	84	Bogenlampen, 4987 Glühlampen;
1884:	60	" "	560	" 6378 "
1885:	55	" "	147	" 14 400 "
1886:	52	Anlagen für	180	Bogenlampen 24 000 Glühlampen, 19 Elektrizitätswerke für Fernleitung, 34 isolierte Anlagen für Stromverteilung;
1887:	71	Anlagen für	355	Bogenlampen 26 000 Glühlampen, 18 Elektrizitätswerke für Fernleitung, 53 isolierte Anlagen mit Stromverteilung;
1888:	108	Anlagen für	560	Bogenlampen, 54 000 Glühlampen, 20 Elektrizitätswerke für Fernleitung, 88 isolierte Anlagen mit Stromverteilung;
1889:	109	Anlagen für	823	Bogenlampen, 70 000 Glühlampen, 26 Elektrizitätswerke für Fernleitung, 83 isolierte Anlagen für Stromverteilung, welche sich auf Österreich, Deutschland, Frankreich, Italien, Spanien, Rußland, Südamerika und Australien verteilen.

Aus Ganz & Co. ist ein andres großes Unternehmen in Österreich entsprossen, die „Internationale Elektrizitätsgesellschaft“, welche mit 3 000 000 fl. ö. W. Aktienkapital arbeitet. Der Zweck dieses Unternehmens ist im wesentlichen der Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken nach dem System Ganz & Co., und sie hat, wie wir auf S. 241 erwähnt, für Wien, die Stadt ihres Sitzes, ein großes Elektrizitätswerk bereits errichtet.

Aus der Telegraphenfabrik Egger & Co., die in Wien und Budapest Fabriken besaß, hatte sich anfangs der achtziger Jahre eine elektrotechnische Fabrik entwickelt. Später hat die Firma die Fabrikation von Glühlampen aufgenommen, und mit ihr im Verein hat die „Berliner Aktiengesellschaft für Glühlampenfabrikation“ die Budapester „Aktiengesellschaft für elektrische Glühlampen“ errichtet.

Eine ähnliche Zweigründung ist von der „Akumulatorenengesellschaft“ in Hagen bewirkt worden, welche sich mit einer bestehenden Akkumulatorenfabrik in Wien für die Ausnützung ihrer österreichischen Patente vereinigt hat.

Von der italienischen Industrie haben wir nur zwei größere Firmen zu erwähnen: die „Turiner Glühlampenfabrik System Cruto“ und die angesehene Kabelfabrik Pirelli & Co. Für elektrische Beleuchtung finden sich in Rom, Neapel, Florenz und Mailand größere Elektrizitätswerke, von denen die drei ersteren durch ausländische Fabriken errichtet worden sind.

Spanien, Portugal, Griechenland, die Balkanstaaten und Rußland entbehren einer irgendwie erheblichen elektrotechnischen Industrie. Schweden hat einige gute Fabriken für Telephonapparate, elektrische Kohlen- und Glühlampen, baut auch etwas Dynamomaschinen. Auch in Kopenhagen hat sich etwas elektrotechnische Industrie angefindelt. In Holland, wo früher in Rotterdam die „Gelnhausener Electriciteits-Maatschappij“ wohnte, sind aus der letzteren einige Glühlampenfabriken entsprossen. Bemerkenswert ist für Holland wie für Schweden, daß dort das Fernsprechwesen in erheblichem Maße Eingang gewonnen hat und die Teilnehmergebühren nirgends so niedrig sind, als in vielen holländischen und schwedischen Orten.

Belgien hat entsprechend seiner größeren industriellen Entwicklung eine etwas umfangreichere elektrotechnische Industrie, die aber nur eine lokale Bedeutung hat. Die bekannteste Firma dürfte Mourlon & Cie. sein, welche das Rüsselberghe'sche System (f. S. 565) verwerten.

Aber nun bleibt noch ein kleines europäisches Land zu besprechen übrig, auf welches jeder Elektrotechniker mit Vergnügen blickt, die Schweiz. Hier bestehen eine ganze Anzahl von Fabriken, deren Ruf weit über die Grenzen der Alpen hinausgedrungen ist. Da haben wir zunächst die Maschinenfabrik „Derlikon“, welche sich durch ihre Arbeiten auf dem Gebiete der Kraftweitübertragung einen gesicherten Platz in der Elektrotechnik erworben hat. Außerdem hat sich die Firma große Verdienste um die Konstruktion der Riesendynamos erworben. Andre angesehene Dynamofabriken sind Mithy & Co. in Basel, A. Guénod, Sautter & Co. in Genf u. a. m. Die Verdienste der Kabelfabrik von Verthoud, Borel & Co. in Cortaillod haben wir auf S. 133 gewürdigt.

Auf dem Gebiete der Elektrochemie hat die Schweiz die größte Aluminiumfabrik in Neuhausen am Rheinfall (s. S. 384) und die „Société d'Electrochimie“ in Vallorbes, welche chlorsaures Kali auf elektrischem Wege herstellt (vergl. S. 395). Im Anschluß daran sei auch die „Schweizerische Akkumulatorenbau-Aktiengesellschaft“ in Marly erwähnt. Im Telegraphenbau hat die Neuchâtel'er Fabrik von Dr. Hipp durch die zahlreichen Erfindungen dieses ausgezeichneten Elektrikers ein verdientes Ansehen erlangt.

Die elektrische Beleuchtung hat in der Schweiz, dank der Überfülle guter Wasserkräfte, eine Ausdehnung erlangt, wie wohl im Verhältnis kaum in einem andern Lande. Gleiches gilt für das Fernsprechwesen, das dort bald nach Errichtung des deutschen Regales verstaatlicht wurde und sich in den Händen des Staates zu einer der besten Einrichtungen entwickelt hat.

Die Vereinigten Staaten. Es bleibt uns noch übrig, die elektrotechnische Industrie eines Landes zu schildern, die der Vereinigten Staaten, welche unstreitig allen andern voransteht, was die Ausdehnung und das Wachstum angeht. Es bestehen zur Zeit in den Vereinigten Staaten, sowie in Mexiko und Kanada, welche beiden Länder industriell zu dem Industriegebiete der Staaten zu rechnen sind, rund 2500 Zentralanlagen für Bogen- und Glühlicht, zu denen an die 2000 Privatanlagen für Bogenlicht und etwa 4000 Anlagen für Glühlicht kommen. Man darf daher mäßig die Zahl der in Nordamerika installierten Bogenlampen auf eine halbe Million, die der Glühlampen auf fünf Millionen veranschlagen, deren Anlagelkosten rund eine Milliarde Mark betragen. Dazu kommen zur Zeit — wir rechnen den 1. Juli 1892 — etwa 500 elektrische Bahnen. Die Aktiengesellschaften für elektrotechnische Erzeugung und Unternehmungen werden etwa 200 Millionen Mark beschäftigen. Rechnen wir hierzu noch die Einzelfirmen und kleineren Unternehmungen, so erscheinen die amerikanischen Angaben, daß die amerikanische elektrotechnische Industrie zur Zeit ein Kapital von über drei Milliarden Mark angelegt hat, nicht übertrieben. Zum Vergleich weisen wir darauf hin, daß man zur Zeit die Anlagelkosten der Eisenbahnen der Welt auf rund hundert Milliarden Mark bewertet. Beachten wir nun, daß die gewaltigen Kapitalanlagen in der Starkstromindustrie in der Hauptsache auf die letzten zehn Jahre entfallen und die Entwicklung derselben mit steigender Geschwindigkeit wächst, so wird man erkennen, daß die Elektrotechnik die Eisenbahnen in finanzieller Beziehung bald einholen und ganz gewaltige Geldmassen an sich nehmen wird. Dieses Zeichen mögen die Herren Finanzmänner beachten.

Diese hier kurz skizzierte Entwicklung der elektrotechnischen Industrie in Nordamerika ist in der Hauptsache dadurch begründet, daß der Amerikaner ein großes Verständnis für technische Neuerungen und große Bereitwilligkeit für die Aufnahme derselben hat, daß ferner dort Kapital und Technik in sehr erfreulichen Beziehungen leben und die große Kapitalsproduktion des Landes immer reichlich Geld für neue Unternehmungen zur Verfügung stellt. Es kommt hinzu, daß der Amerikaner in bezug auf technische Einrichtungen anspruchlos ist und sich über ästhetische und technische Unvollkommenheiten leichter hinwegsetzt; er mäkel't nicht, und das ist kein übler Zug. Die deutsche Industrie lebt nicht in so günstigen Verhältnissen und hat mit einem oft ungerecht anspruchsvollen Publikum zu thun. Auch sind die amerikanischen Behörden sehr viel nachsichtiger als die unsrigen, was wir aber nicht als einen berechtigten Vorteil für die Industrie ansehen können.

Die Entwicklungsgeschichte der amerikanischen Industrie ist bald erzählt. Was uns darin als charakteristischer Zug entgegentritt, ist das Streben nach Monopolisierung, welche man dort nicht auf dem erfolglosen Wege des rücksichtslosen Mitbewerbes zu erreichen sucht, sondern durch das Zusammenschmelzen der emporgekommenen Firmen. Auf diesem Wege ist das Telegraphenwesen der Staaten in die Hand einer einzigen Gesellschaft, der „Western Union Co.“ gekommen, und derselbe Prozeß vollzieht sich augenblicklich in der Starkstromindustrie, welche in kurzem ebenfalls monopolisiert sein wird. Wie dies vor sich geht, sei hier kurz geschildert. Zuerst gewann die „Brush Electric Co.“ in Cleveland das Übergewicht über alle Konkurrenten. Das war im Anfang der achtziger Jahre. Dann entstand die „Edison-Gesellschaft“, welche in der Glühlichtbeleuchtung dieselbe Stellung erlangte, wie die vorgenannte Firma in der Bogenlichtbeleuchtung. Etwas später entstand

die „Thomson-Houston-Gesellschaft“, welche schnell in die Höhe schoß und die „Brush Co.“ in sich aufnahm. Die „Edison-Gesellschaft“ nahm ihrerseits eine neu entstandene Gesellschaft, die „Sprague Co.“, welche rasche Erfolge auf dem Gebiete der elektrischen Bahnen erzielt hatte, in sich hinein. Die „Thomson-Houston-Gesellschaft“ wiederum warf sich nun ebenfalls auf den Bau elektrischer Bahnen und überholte die Erfolge der „Sprague-Gesellschaft“ bald. Nunmehr fusionierten 1892 „Thomson-Houston-Co.“ und die „Edison-Gesellschaft“, welche sich durch Hereinnahme weiterer Unternehmen zur „Edison General Electric Lighting Co.“ umgebildet hatte, und diese Verbindung deckt den größeren Teil der amerikanischen elektrotechnischen Industrie. Außerhalb dieser Vereinigung steht nur noch ein bedeutendes Unternehmen, die „Westinghouse Co.“, welche von der „Union“ entweder tot gemacht oder aufgenommen wird; das ist nur die Frage einer kurzen Zeit.

Unerwartet ist aber eben — im Frühling 1892 — ein neuer Kampf auf dem Schlachtplan erschienen, welcher den eingefessenen Firmen sehr unbequem sein dürfte, Siemens & Halske. Die Unionleute hatten es hintertrieben, daß der Berliner Firma ein von ihr verlangter großer Platz auf der Chicagoer Weltausstellung gegeben würde, und nun beschloffen Siemens & Halske, den Weinbergen der Philister etwas näher zu treten. Zu dem Behufe haben sie in Chicago eine Tochterfabrik gegründet und werden nun unmittelbar den amerikanischen Markt betreten. Die „Union“ sieht hier einen Gegner vor sich, der ihr finanziell, technisch und geschäftlich gemachsen ist. Was sie aber mehr zu fürchten hat, ist, daß Siemens & Halske das anspruchslöse amerikanische Publikum durch ihre bessere Arbeit verwöhnen werden, und so steht zu erwarten, daß sich drüben ein erbitterter Konkurrenzkampf abspielen wird — wenn nicht beizeiten ein Bündnisvertrag zum Abschluß kommt.

Eine bemerkenswerte Eigentümlichkeit der amerikanischen Industrie ist, daß man dort zunächst beträchtliche Summen aufwendet, um die beste Form des anzufertigenden Artikels festzustellen, dann aber, wenn ein Modell geschaffen ist, dasselbe in Masse fabriziert und von demselben nicht eher abweicht, bis die gebieterische Notwendigkeit eine verbessernde Neuerung verlangt. Der deutsche Industrielle verfährt anders; er sucht mit seinem Fabrikat thunlichst zeitig auf den Markt zu gehen und verbessert während des Verkaufes. So ist es auch in den elektrotechnischen Industrien beider Länder. Der Amerikaner hält seinen Typus so lange fest, als er kann, und in derselben Zeit, in welcher beispielsweise Siemens & Halske ihr Modell mehr als ein halbes Duzend mal geändert haben, ist die „Brush-Gesellschaft“ noch heute bei ihrer Konstruktion geblieben, obwohl dieselbe nicht mehr auf der Höhe der Zeit steht. Es besteht auch noch der weitere Unterschied, daß die deutsche Fabrik ihre Maschinen in ein oder zwei Duzend Größen baut und innerhalb der einzelnen Größe auf Wunsch des Abnehmers noch Abänderungen macht. Derartige kennt der Amerikaner nicht, wenigstens in dem weiten Umfange wie der deutsche Fabrikant. Er behilft sich mit wenigen Nummern seiner Maschine und verlangt vom Abnehmerpublikum, daß es sich den geschaffenen Verhältnissen anbequemt, und dies thut die amerikanische Kundschaft auch. Wie man also sieht, hat der amerikanische Fabrikant geschäftliche Vorteile, die dem deutschen Industriellen entgehen, und es steht kaum zu erwarten, daß sich die deutsche elektrotechnische Industrie ihre Abnehmerschaft zu einer solchen rationalen Unbequemung erziehen wird; das hindert schon der leidige Konkurrenzkampf, der sich in der deutschen elektrotechnischen Industrie festgesetzt hat und jedes gemeinsame Vorgehen hindert.

Ein schöner Zug der Amerikaner ist, daß er den Erfinder zur Geltung kommen läßt und ihm seine geistige Arbeit vergilt, ihn auch willig in den schwierigen Anfängen seiner Erfindung unterstützt. In dieser Beziehung bietet die deutsche Industrie ein andres, sehr viel weniger erfreuliches Bild. So sehen wir, daß in Amerika die Unternehmen zumeist nach denjenigen Personen benannt werden, welche ihr geistiges Erzeugnis hinein gegeben haben. Die Brush-, Edison, Thomson-Houston-, Sprague- und andre Gesellschaften haben es als Vorteil und Verpflichtung betrachtet, den Namen der Erfinder in die Firma aufzunehmen.

Was nun die einzelnen Fabrikationszweige betrifft, so stehen in der Erzeugung von Dynamomaschinen die „Brush Co.“, die „Edison General Electric Co.“ und die „Thomson-Houston-Co.“ obenan, so daß also der Dynamobau zum größten Teil in den Händen der „Union“ ist. In Wechselstrommaschinen behauptet die „Westinghouse Co.“ die erste Stelle, die ihr aber jetzt durch die „Thomson-Houston-Gesellschaft“ streitig gemacht wird. Mit Vogenlampen befassen sich außer der „Edison-Gesellschaft“ alle die genannten großen Firmen, und ebenso auch mit elektrischen Motoren, für welche übrigens auch bereits Sonderfabriken entstanden sind, wie z. B. die von uns Seite 293 erwähnte „C. & C. Electric Motor Co.“ Von Glühlampenfabriken sei hier als erste die „Edison-Gesellschaft“ genannt; neben ihr arbeiten dann noch andre Fabriken, wie die „Samyer-Man Electric Co.“ und die „Brush Co.“, welche Swan-Lampen fabriziert.

Für elektrische Leitungen bestehen mehrere große Firmen, die ausgezeichnete Produkte liefern. Die Kohlenstiftfabriken sind jetzt zum großen Teil in den Händen der „Brush Co.“ und der „Thomson-Houston Co.“; ihre Fabrikate waren früher nicht viel wert, haben sich aber jetzt gebessert. Die Akkumulatorenindustrie ist drüben noch etwas zurückgeblieben, beginnt aber jetzt sich zu entwickeln. In der Elektrochemie steht Amerika gegen Europa ebenfalls zurück; die größte hier zu nennende Fabrik, die „Cowles Electric Smelting & Aluminum Co.“, erreicht nicht die „Neuhausener Fabrik“ in ihrer Bedeutung. Die elektrolytische Kupfergewinnung wird ebenfalls nicht in dem Maße betrieben wie in Europa.

Was das geistige Schaffen der Amerikaner auf dem elektrotechnischen Gebiete angeht, so ist darauf hinzuweisen, daß der Ursprung der meisten großen elektrischen Erfindungen in Europa zu suchen ist. Die Dynamomaschine, die Vogenlampe, der Transformator, der elektrische Motor, die elektrische Bahn, die elektrochemischen Verfahren haben ihre Wiege in Europa, und das Telephon und die Glühlampen haben ihre erste Kinderzeit auch hier verlebt. Aber die Amerikaner haben mit ihrer eminenten Gestaltungskraft die Ideen, welche Europa ihnen gegeben, brauchbar zu machen gewußt und darum einen wesentlichen Teil an der Erfindearbeit geleistet. Man wird übrigens der gleichen Erscheinung auf vielen andern Gebieten begegnen, und man kann mit einigem Recht sagen, daß in Europa die Ideen entsprossen und in Amerika reifen, was freilich die Amerikaner nicht gern hören. Um sie zu versöhnen, wollen wir gern anerkennen, daß sie uns die geistigen Güter, die sie von uns erhalten, mit reichlichen Zinsen zurückgezahlt haben, und für die Elektrotechnik gilt sicher, daß wir ohne die Amerikaner noch weit zurück wären.

Ein Ausblick auf die Zukunft.

Die elektrische Bewirtschaftung der Energiequellen. Die großen elektrischen Probleme.



Die elektrische Bewirtschaftung der Energiequellen. Es wird einst eine Zeit kommen, in welcher der Mensch in voller Herrschaft über die Naturkräfte alle jene Erzeugnisse, welche diese Kräfte im freien Spiel und nach der Laune der Umstände hervorbringen, nach seinem Willen wird herstellen können, so daß er nicht mehr die Organe braucht, wie sie ihm für jene Produktion die Natur hergibt, sondern sich die Erzeugungswerkzeuge selbst, und in vollkommenerer Weise bereitet, als sie die Natur zu schaffen vermag. Dann bedarf er von der Natur nichts weiter als die umformende Kraft, die Energie, welche der Mensch nicht zu erzeugen vermag, und die Grundstoffe, die er nach seinem Willen umbildet. Aber selbst in bezug auf diese letzteren wird der Mensch vielleicht eine größere Unabhängigkeit von der Natur erringen, denn unsern heutigen Erfahrungen widerspricht nicht die Hoffnung, daß wir dereinst zu einer Verwandlung der sogenannten chemischen Elemente gelangen und nur des Stoffes schlechthin bedürfen werden, der uns in unerschöpflicher Fülle zu Gebote steht. Das ist freilich ein Ausblick auf ein Ziel, von welchem wir noch weit entfernt sind, aber die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik lehrt uns, wie sich die Entwicklung zu jenen großen Zielen hin von Jahrzehnt zu Jahrzehnt beschleunigt, und bedenkt man es recht, so ist die Jetztzeit von jenen zukünftigen Errungenschaften nicht weiter ab, als das vorige Jahrhundert von uns; weil wir nun aber hoffen dürfen, den Weg, der vor uns liegt, schneller zurückzulegen, als wir für den rückliegenden gebraucht haben, so sind wir berechtigt, jene großen Ziele, wenn auch noch weit abliegend, doch als in unsrer Schweite liegend zu rechnen.

Ahnt der Leser, was jene Eroberungen des Menschengewisses bedeuten werden? Eine vollständige Umwälzung aller sozialen Verhältnisse. Das läßt sich mit wenigen Worten darthun. Der Leser weiß, daß wir die Nähr- und Bekleidungsstoffe nicht frei erzeugen können, sondern sie nur mit Hilfe der von der Natur geschaffenen Organismen gewinnen. Diese zwei Bedarfsartikel allein kosten der Menschheit mehr als die halbe Arbeitszeit, und wieviel dieser kostbaren Arbeit verwüftet die Natur mit ihren Launen. Rechnen wir noch die kleineren Bedarfsartikel, mit denen wir von den Mechanismen der Natur abhängig sind, so sehen wir, daß die Menschheit in überwiegendem Maße mit ihrer Arbeit, mit ihrem Leben und ihren Verhältnissen an diese Bewirtschaftung gebunden ist, und wissen ja auch, daß unsre gesamten gesellschaftlichen und politischen Verhältnisse mit dieser

Abhängigkeit von der Natur in engstem Zusammenhange stehen. Alle diese Zustände ändern sich sofort, sobald wir durch die fortschreitende Erkenntnis der Naturvorgänge in den Stand gesetzt werden, die Nahrungs-, Bekleidungs- und die vielen andern organischen Stoffe künstlich, d. h. ohne Zuhilfenahme von Organismen lediglich durch die von uns benutzte Energie herzustellen. Diese Errungenschaft wird einer großen Anzahl ehrenwerter Berufe, gerade jener Berufe, aus denen die Kraft der Völker erwächst, den Tod geben, und den Staatsmännern mag es eine ernste Mahnung sein, welche ihnen die Naturwissenschaften zurufen, daß sie bei Zeiten das neue Jahrtausend vorbereiten mögen, damit in dem Hinscheiden des alten nicht auch alles, was es geschaffen hat, dahinsinkt.

Das ist eine ungeheure Perspektive, die sich uns hier eröffnet, und man wird nicht ohne Schauern in sie hineinschauen können; weil sie aber so ungeheuer ist, werden viele denken, daß sie uns Dinge zeigt, die noch jahrhundertweit von uns entfernt sind. Diese Auffassung könnte heillos trügen. Die vorhergehenden Blätter haben uns gezeigt, wie rasend geschwind — ja, so dürfen wir sagen — sich ein neuer Zweig der Technik entwickelt hat, nachdem erst eine große Erfindung Bresche gelegt hatte. Das gleiche wird sich in der Zukunft wiederholen, und von einer einzigen Entdeckung aus kann sich in wenigen Jahrzehnten die große Entwicklung vollziehen, welche uns von der organischen Natur befreit.

Was hat nun hiermit die Elektrizität zu thun? Wird sie es sein, welche uns zu jener Freiheit hilft? Nun, sie allein vermag es nicht, aber zweifellos wird sie in jenem Freiheitskampfe eine mächtige Waffe werden.

Weit größer ist aber noch ihre Bedeutung, welche sie in dem von der Natur eroberten Gebiete zu erlangen bestimmt ist. Wir sagten, daß wir im Besitze der Geheimnisse der Natur von derselben nichts mehr bedürfen als Energie. Nun liefert uns die Natur diese Energie nicht in Formen, welche für uns die brauchbarsten sind, vielmehr werden wir sozusagen das Energierohprodukt erst in eine uns handlichere Form bringen, und diese Form wird die Elektrizität sein, wenn anders nicht eine neue bessere Form gefunden wird. Dies wollen wir etwas eingehender erläutern, und es wird sich dabei zeigen, daß das Gesagte auch schon heute und in der nächsten Zukunft Geltung hat, soweit wir nämlich bereits der Energie bedürfen, und das ist in weitem und machendem Maße der Fall.

Die Natur spendet die von uns bedurftene Energie in verschiedenen Formen, und für uns kommen heute in der Hauptsache zwei derselben in Frage, die Wasserkräfte und die aufgespeicherte Kraft der Steinkohlen. Wir werden nun jetzt, wie auch später dahin streben müssen, diese „Kraftquellen“ thunlichst ökonomisch auszunutzen, und nun wollen wir zeigen, daß eine rationelle Kraftwirtschaft nur mit Hilfe der Elektrizität zu erreichen ist.

Beginnen wir mit den Wasserkräften. Wir bemerken bei diesen Kraftquellen zunächst, daß sie uns die Energie in einer Form liefern, welche nur eine beschränkte Anwendung zuläßt und außerdem den sofortigen Verbrauch erheischt, weil wir die mechanische Kraft in rationaler Weise nicht aufzuspeichern vermögen. Aber nicht nur an den Augenblick ist der Verbrauch gebunden, sondern auch an den Ort, indem wir die mechanische Kraft nicht über erhebliche Entfernungen zu leiten vermögen. Nunmehr nehmen wir aber die Elektrizität zu Hilfe und verwandeln das Erzeugnis des Wassergefälles in elektrischen Strom. Sofort gewinnen wir die Energie in einer Form, aus welcher wir sie für jede Wirkung brauchbar machen können. Vom Orte sind wir losgelöst worden, denn wir vermögen die in Elektrizität verwandelte Energie über weite Strecken zu leiten; wir sind auch von der Zeit unabhängig gemacht, indem wir die Stromenergie aufzuspeichern vermögen. Diese Losbindung von Ort und Zeit ermöglicht uns aber eine weit bessere Bewirtschaftung der Wasserkräfte, als sie bisher möglich war. Mußten wir früher die gelieferte Energie verbrauchen, wie sie kam, oder den Überfluß nutzlos fortgehen lassen, so können wir jetzt Zeit und Ort des Verbrauches ändern, können den Überfluß für die Zeit des Mangels bewahren, können die Erparnis auf der einen Stelle an einem andern Ort verwenden. Die elektrische Übertragung der Energie ermöglicht uns aber noch mehr; wir können die Leistung einer Quelle an verschiedene, an viele Verbrauchsstellen verteilen, und umgekehrt mehrere Kraftquellen zu gemeinsamer Leistung vereinigen. Alles dies bliebe uns versagt, wenn

wir die Energie der Wasserkraft verbrauchen müßten, wie sie ist; in die elektrische Form umgesetzt, erhält sie die Universalität dieser Form und kann nun den verschiedenen Zwecken dienen.

Welche außerordentliche nationalökonomische Bedeutung diese elektrische Bewirtschaftung der Wasserkräfte hat, wollen wir an einem kleinen Beispiel beweisen. Die Schweiz und Norwegen sind als die unfruchtbarsten Länder Europas anzusehen, während wir Frankreich als das fruchtbarste ansehen. Jetzt aber wird durch die Entwicklung der Elektrotechnik die Energie zu einem im Werte mehr und mehr steigenden Erzeugnis, und mit dem Fortschreiten der Naturwissenschaften zu jenem großen Ziele der künstlichen Erzeugung der organischen Stoffe sinkt der Bodenreichtum im Werte. Dadurch entwertet sich das nicht sehr kraftfruchtbare Frankreich, während die Schweiz und Norwegen zu fruchtbaren Ländern werden. Es ist deshalb nicht Zufall, daß sich die Stromerzeugung und -anwendung in der Schweiz in so hervorragendem Maße ausbreitet, vielmehr bekundet sich hierin das in seinen Zielen vielleicht noch nicht klare Streben, die Wasserkräfte des Landes mit Hilfe des Stromes intensiv auszunutzen, und es steht zu erwarten, daß die Schweiz auch eines der ersten Länder sein wird, welches eine nationale Bewirtschaftung seiner Kraftquellen einführt.

Mit den Steinkohlen verhält es sich ähnlich. Zwar gewährt uns diese Kraftquelle eine größere Freiheit in bezug auf Ort und Zeit des Verbrauches. Allein auch bei ihr tritt uns der Mangel entgegen, daß wir die freierwerbende Energie in einer wenig handlichen Form als Wärme erhalten, und wenn wir diese in die ebenso unvollkommene mechanische Form umwandeln wollen, die schwerfällige Dampfmaschine und ihre Genossen benutzen müssen. Unter diesen Umständen erscheint die heutige Ausnutzung der Kraftspeicher, welche unsere Kohlenlager darstellen, weder praktisch noch ökonomisch, und erst dann gelangen wir zu einer besseren Bewirtschaftung der wertvollen Ersparnisse einer weit zurückliegenden Zeit, wenn wir die Energie der Kohle in elektrische umwandeln und sie in der neuen universellen Form für unsere Zwecke anwenden.

Die großen elektrischen Probleme. Nun haben wir aber gewisser großer Probleme der Elektrotechnik zu gedenken, welche mit der elektrischen Bewirtschaftung der Kraftquellen in enger Beziehung stehen. Wir hatten vorhin erwähnt, daß die elektrische Form der Energie es ermöglicht, daß mehrere Kraftquellen vereinigt und die einzelne Quelle geteilt werden könne, und dies ist von großer Bedeutung. Erzeugung und Verbrauch von Energie decken sich nicht in örtlicher Beziehung, und es ist für eine rationelle Kraftwirtschaft erforderlich, daß beide thunlichst voneinander unabhängig bleiben. Nun gilt es aber, die Energie von der Erzeugungsstelle auf die Verbrauchsstelle zu überführen, aber da viele Stellen beider Arten vorhanden und die Stellen jeder Art quantitativ verschieden sind, so ist es notwendig, daß man die Leistung der Kraftquellen mit thunlichster Freiheit vereinigen und aus der Vereinigung verteilen kann.

Hierfür stehen uns zwei Mittel zu Gebote. Wir können die Vereinigung und Verteilung durch Leitung bewirken, oder wir können die Energie an den Erzeugungsorten aufspeichern und sie in Teilmengen auf die Verbrauchsstellen transportieren.

Was das erstere Verfahren angeht, so hat es keine Schwierigkeiten, Einigung und Teilung zu bewirken, wenn das zu versorgende Areal klein ist. So sehen wir in Berlin vier Elektrizitätswerke an verschiedenen Orten in gemeinsamer Arbeit, welche aus dem von ihnen gespeisten Leitungsnetze die elektrische Energie an viele hundert Verbrauchsstellen verteilen.

Schwieriger wird die Sache, wenn das zu speisende Gebiet größer wird. Hier hat man mit den Kosten der Weitleitungen, und wenn größere Entfernungen in Frage kommen, mit den Schwierigkeiten der Weitleitungstechnik zu rechnen. Betrachtet man aber, wie sich diese Technik und die Versorgung größerer Gebiete seit etwa fünf bis sechs Jahren entwickelt hat, dann wird man die Hoffnung berechtigt finden, daß das Problem der Weitübertragung und der Versorgung großer Landesgebiete mit Strom in absehbarer Zeit gelöst sein wird.

Das zweite Problem, die Verteilung von Energie durch aufgespeicherte Elektrizität, ist identisch mit dem Problem der Aufspeicherung überhaupt. Das heutige Aufspeicherungs-

verfahren ist nur ein Nothbehelf und genügt in keiner Weise den Anforderungen, welche wir an eine allgemein brauchbare Auffpeicherung der Energie zu stellen berechtigt sind. Zunächst verlangen wir, daß die Auffpeicherung eine intensivere wird, daß in einer Volumens- und Gewichtseinheit erheblichere Energiemengen aufgespeichert werden können, als in den jetzigen Akkumulatoren, daß wir wenigstens annähernd den Grad der Auffpeicherungsdintensität erreichen, den die Kohle hat. Diese Forderung ist aber nicht die einzige, welche für die Lösung des Auffpeicherungsproblems gestellt wird. Wir verlangen weiter noch, daß sich die aufgespeicherten Elektrizitätsmengen bequem teilen und vereinigen lassen und daß die Auffpeicherung eine bequem transportable Form aufweist. Wir hätten uns etwa zu denken, daß die aufgespeicherte Energie in einer Flüssigkeit uns zur Verfügung steht, und diese Flüssigkeit in leichter Weise mit dem auf der Erde allgegenwärtigen Sauerstoff oxydiert werde, wobei sie Strom entwickele, etwa so wie wir heute im Petroleum ein bequemes Material zur Erzeugung von Wärme und Licht besitzen. In dieser flüssigen Form ließe sich die Energie in jede beliebige Menge teilen, und wir hätten zweifellos damit eine der bestmöglichen Auffpeicherungen zur Verfügung. Vorläufig sind wir von diesem Ziele noch weit ab, und die derzeitige Auffpeicherungstechnik ist noch nicht einmal auf den rechten Weg zu demselben gekommen. Es mag allerdings fraglich erscheinen, ob unsre heutige Chemie bereits die Mittel für eine Lösung des großen Problems besitzt, oder ob wir nicht erst eine neue grundlegende Entdeckung in dieser Wissenschaft erwarten müssen, welche uns auf die richtige Fährte hilft.

Sehen wir uns nun die andre große Kraftquelle der Erde, die Steinkohlengruben an, so tritt uns sofort ein neues großes Problem entgegen, welches für die elektrische Bewirtschaftung dieser Energiestätten gelöst werden muß. Es ist dies das thermoelektrische Problem, die unmittelbare Erzeugung des Stromes aus der Oxydation der Kohle. Für diese Lösung lassen sich zwei Wege denken. Auf dem ersten würden wir die elektrische Energie unmittelbar aus der bei der Verbindung des Kohlenstoffes mit Sauerstoff frei werdenden chemischen Energie gewinnen können, und wir erinnern daran, was wir auf Seite 30 beim Zablochstoff-Element gesagt haben. Aber dem Beschreiten dieses Weges stehen noch große Hindernisse entgegen, und es erscheint der zweite Weg gangbarer. Auf diesem können wir unser Ziel dadurch erreichen, daß wir die bei der Oxydation der Kohle entwikelte Wärme, welche wir ohne weiteres durch Verbrennung erhalten, in elektrische Energie überführen. Hieraus geht das große Problem der Erzeugung des Stromes aus Wärme hervor, und von der Lösung dieses Problems dürfen wir eine sich weithin erstreckende Umwälzung der Technik und Industrie erwarten. Wie der Leser weiß, gewinnen wir heute die in der Kohle aufgespeicherte Energie mit Hilfe der Dampfmaschine, erhalten sie also in der unbequemen Form, deren Mängel wir schon vorhin bei den Wasserkräften erläutert haben. Sehen wir nun diese mechanische Energie in die bessere, in Elektrizität um, so gehen uns so an die 90—95 % der in der Kohle enthaltenen Energie verloren. Die Bewirtschaftung der Steinkohlengruben mittels der Dampfkraft ist also von einer bedenklichen Unwirtschaftlichkeit. Bei der unmittelbaren Umsezung der aus der Kohle freiwerdenden Energie in elektrische fällt eine Reihe Zwischenglieder aus, welche heute die Energie durchlaufen muß, ehe sie uns aus der Kohle in Strom verwandelt erscheint; damit verringern wir die mit jeder neuen Umsezung auftretenden Verluste. Wir hoffen aber ferner auch, daß sich der Gewinn an elektrischer Energie aus der Verbrennungswärme der Kohle erheblich gegen denjenigen der mechanischen Energie, wie es durch unsre Dampfmaschinen bewirkt wird, vermehren läßt.

Sobald dies gelingt, auch nur zu einem Grade gelingt, daß die Leistung der Dampfmaschine nur wenig überschritten wird, ist der Tod der Dampfmaschine besiegelt. Selbst für die Erzeugung der mechanischen Kraft werden wir es dann vorziehen, zunächst Strom zu erzeugen, und diesen dann durch elektrische Motoren in Bewegungsenergie zu verwandeln, statt uns, wie jetzt, mit dem Dampfessel und der Dampfmaschine zu behelfen. Dazu wird uns schon die größere Unabhängigkeit des Stromerzeugers und Motors voneinander veranlassen. Wir werden dann sehen, daß an Stelle des Dampfessels der thermoelektrische Generator tritt, die Dampfleitung durch den Draht, die Dampfmaschine

durch den elektrischen Motor ersetzt wird. Daß diese Erzeugung des Dampfes durch das Ägens Elektrizität in jeder Beziehung von Vorteil ist, bedarf keiner weiteren Erörterung, und so ist sicher, daß mit der Lösung des thermoelektrischen Problems der Dampf aufgehört haben wird, als das hauptsächlichste Mittel der Technik für die Energieverwandlung zu dienen. An seine Stelle tritt die Elektrizität, und aus ihr gewinnen wir dann die Betriebskräfte für die verschiedensten industriellen Gebiete, wie die früheren Kapitel dies gezeigt haben.

Diese verbesserten Stromerzeugungsverfahren zusammen mit einem vervollkommeneten Aufspeicherungsverfahren müssen naturgemäß unsere ganze heutige Technik, unsere Industrie, unser Gewerbe umschaffen. Wie weit diese Umwälzung sich erstrecken wird, das wollen wir und können wir auch nicht hier eingehend schildern. Des Beispiels wegen wollen wir nur einige Gebiete berühren, nicht einmal die wichtigsten, nur daß sie unserm heutigen Verständnis ziemlich nahe liegen, wir meinen den Betrieb von Fahrzeugen. Wir werden, im Besitze einer guten elektrischen Aufspeicherung, nicht mehr die Tierkraft für kleine, die Dampfkraft für große Fahrzeuge verwenden, sondern für beide die aufgespeicherte Elektrizität, welche, was Raumanspruchnahme und Wartung angeht, sich sehr viel anspruchsloser gestalten wird als die heutigen Verfahren zur Erzeugung der Betriebskraft.

Daß dem Gaslicht kein langes Leben beschieden sein wird, sobald wir die Stromerzeugungsverfahren verbessert haben, liegt auf der Hand, und sollte es uns beizeiten gelingen, Licht ohne Glühwirkung zu erzeugen, so ist das Fortbestehen der Gasbeleuchtung schon bei den heutigen Stromerzeugungsverfahren in Frage gestellt. Nun ist aber dieses Problem bereits in Angriff genommen, und durch die Forschungen von Maxwell, durch die Entdeckungen von Prof. Herz, durch die interessanten Versuche von Tesla haben wir bereits die Thür gefunden, welche uns zu diesem großen Gebiete einlassen wird. Man sollte dies auf der gegnerischen Seite beachten, sonst dürften für die Gaswerkbesitzer eines Tages unerwartete und unerfreuliche Überraschungen aus der Elektrotechnik herborgehen. Daß die Elektrotechnik tatsächlich schon jetzt in der angedeuteten Richtung fortschreitet, lehrt eine Erfindung, welche eben, während diese Blätter in Druck gehen, an die Öffentlichkeit tritt und die wir an dieser Stelle erwähnen wollen. Es ist dies die Thermo säule von Julius Walbrecht in Elberfeld, welcher sich Jahre hindurch bemüht hat, die thermoelektrischen Generatoren zu brauchbaren Stromerzeugern für größere Leistungen umzugestalten und nun dahin gelangt ist, daß seine Thermo säule für Beleuchtungsanlagen mit Vorteil in Anwendung kommen kann.



Fig. 775. Walbrechts Thermo säule.

Die Walbrechtsche Thermo säule, die wir in Fig. 775 abbilden, stellt sich uns in der Form eines Zylinderofens dar, dessen Mantel die Thermo elemente bilden, während der innere freie Raum das Brennmaterial — Gaskoks — aufnimmt; der Koks wird von oben her in einen Fülltrichter geschüttet und läßt seine Asche in den unten befindlichen Aschenkasten fallen, so daß der Heizbetrieb wie bei einem Füllofen ununterbrochen fortgehen kann. Der Ofen ist aus einzelnen Ringen aufgebaut, von denen jeder einen Satz

Thermoelemente enthält. Diese sind kreisförmig zusammengestellt und durch einen feuerfesten Kitt zu einem festen Körper vereinigt.

An die inneren Verbindungsstellen der Thermoelemente — wir verweisen hierbei auf das S. 33 Gesagte — legt sich ein Schamottesutter, in das wiederum ein gußeiserner Heizring mit nach innen vorspringenden Rippen eingefügt wird, durch welchen die unmittelbare Berührung des Ringes mit der glühenden Feuerfäule vermieden wird. Solcher kompakten Ringe, deren jeder nach jeweiligem Bedürfnis die betreffenden Elemente enthält, werden nun in entsprechender Anzahl übereinander gelegt und bilden dann den zylindrischen Ofen, den die Figur zeigt. Jeder Ring ist weiter zur Abkühlung der äußeren Wölbstellen mit einem Wasserkühlrohr umgeben, und die einzelnen Ringrohre sind durch Verbindungsstücke zu einem fortlaufenden Kanal vereinigt, durch welchen man einen kontinuierlichen Wasserstrom führt.

Der Thermoofen wird nun mit Koksstücken beschickt und angefeuert, und man hat dann nur noch für Nachfüllung zu sorgen, um die Stromerzeugung aufrecht zu erhalten.

Wie man sieht, gestaltet sich der Betrieb höchst einfach, und der Apparat wird insbesondere dort Anwendung finden können, wo man eine Beleuchtungsanlage betreiben will, ohne einen maschinellen Betrieb führen zu müssen, in Willen, Schlössern, in Geschäftshäusern u. s. w.

Nach den Angaben des Erfinders stellt sich der Koksverbrauch bei einem Ofen wie der abgebildete, der $1\frac{3}{4}$ Meter hoch ist und $\frac{1}{2}$ Meter im Durchmesser hat, in 24 Stunden auf 60 Kilogramm, wobei der Ofen 6 Stück 16kerzige Glühlampen ununterbrochen speisen kann. Man brennt nun aber keine Glühlampen nicht ununterbrochen, und indem man den in 24 Stunden erzeugten Strom in einer Akkumulatorenbatterie aufspeichert, kann man bei einer mittleren Brennzeit von zwei Stunden für die Lampen etwa 50—60 Lampen aus dem einen Ofen betreiben und bei einer richtigen Ökonomie auch z. B. gelegentlich eines Festes eine größere Anzahl Lampen brennen.

Da die Bedienung des Ofens und auch der Akkumulatoren mit geringem Zeitaufwand und ohne eine besondere Sachkenntnis bewirkt werden kann, so ermöglicht die Erfindung es, das elektrische Licht auch dort anzuwenden, wo man es sich bisher wegen der Unverständlichkeit der Erzeugung des Stromes versagen mußte. Es kommt hinzu, daß die abziehenden Heizgase noch für Heizzwecke Verwendung finden können, was unter Umständen den Strom erheblich verbilligt, so daß derselbe als geschätztes Nebenprodukt gewonnen wird.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß diese Ofen in ihrer weiteren Vervollkommnung auch der Großstromerzeugung dienlich gemacht werden, und vielleicht ist es nur eine Frage der Zeit, wenn man in Betracht zieht, daß noch vor wenigen Jahren den Akkumulatoren jede Lebensfähigkeit abgesprochen wurde, und man nicht ahnte, was heute auf diesem Gebiete geleistet wird. So kann sich auch die Thermosäule entwickeln.

Der Erfinder hofft es und dem Elektrotechniker soll es recht sein, wenn diese Hoffnungen erfüllt werden.

Es mag auch kurz angedeutet werden, daß das Heizwesen mit der verbilligten Stromerzeugung eine andre Form annehmen muß. Können wir voraussetzen, daß die thermoelektrischen Verfahren etwa die Hälfte der in der Kohle steckenden Energie in elektrische verwandeln, so ist sicher, daß wir zu besseren, reinlicheren und sichereren Heizverfahren gelangen, wenn wir die aus der Verbrennung der Kohle sich entwickelnde Wärme vorerst an einer Zentralstelle in Strom verwandeln und diesen dann den einzelnen Heizvorrichtungen zuleiten. Der in das Haus geleitete Strom wird also Licht und Wärme spenden und außerdem dort auch noch manche mechanische Vorrichtung betreiben, vom Aufzug bis zur Kaffeemühle. Es ist also nicht nur die Industrie, welche den Einfluß der Entwicklung der Elektrotechnik erfahren wird, auch unsre Wohnungsverhältnisse werden dadurch umgestaltet.

Was nun die oft berührte Frage einer günstigen Einwirkung der Elektrotechnik auf soziale Verhältnisse angeht, so glauben wir nicht recht an eine solche reformatorische Wirkung, wenigstens nicht in dem Sinne, wie man sie heute versteht. Man glaubt, den Kleinbetrieben durch die Zuführung einer verbilligten Betriebskraft aufzuhelfen zu können.

Allein wenn die Betriebskraft dem kleinen Manne verbilligt wird, so wird sie dem Großabnehmer noch weit billiger gegeben werden, und der Vorteil, den das Kapital heute hat, wird nur verstärkt. Wir möchten sogar behaupten, daß jeder Fortschritt der Technik in erster Reihe den großen Unternehmungen zu gute kommt und damit den Unterschied zwischen Groß- und Kleinbetrieb zu ungunsten des letzteren vermehrt. Es ist sogar sicher, daß die Elektrotechnik durch ihre Entwicklung alte Gewerbe ganz zerstören wird, weil durch sie neue verbesserte Verfahren entstehen werden, die sich der kleine Gewerbetreibende nicht zu nütze machen kann, während sie dem kapitalstärkeren Industriellen zu einer verbilligten Herstellung helfen; dies gilt allerdings nicht für die Elektrotechnik allein, sondern für die gesamte Technik, auf welche jedoch die Elektrotechnik mehr und mehr Einfluß erhält.

Eine andre Frage ist es, ob nicht auch die wirtschaftlich schwächeren Existenzen aus den Fortschritten der Elektrotechnik, welche eine Bereicherung der gesamten Menschheit darstellen, eine Verbesserung der Lebenshaltung gewinnen können, und diese Frage hoffen wir dereinst bejaht zu finden.

Da wir nun auf das soziale und politische Gebiet geraten sind, so seien zum Schluß noch einige Worte über die Verstaatlichung der Elektrizität angefügt. Denken wir uns die großen Probleme gelöst, so ist sicher, daß die Elektrizität ein Verbrauchsartikel werden wird, der den Brotstoffen, der Steinkohle, dem Eisen, dem Petroleum, an Bedeutung gleichsteht. Während diese aber durch allerhand lokale und individuelle Bedingungen im Umlauf und Betriebe behindert werden, wird die Elektrizität eine Allgemeingültigkeit erlangen, wie sie jetzt etwa das Gold besitzt; denn ein gewisses Maß elektrischer Energie ist dasselbe hier und dasselbe in Amerika und in Australien. Auch darin offenbart sich der univervelle Charakter der Elektrizität. Durch diese Einfachheit, welche die Elektrizität als Handelsprodukt gewinnen wird, eignet sie sich vortrefflich für den Großvertrieb, und es ist sicher, daß dereinst große Unternehmungen entstehen werden, welche die Erzeugung und den Vertrieb von Elektrizität für bedeutende Gebiete, für ganze Länder übernehmen. Diesen Unternehmungen wird es nun nicht schwer fallen, den Handel mit Elektrizität für größere oder kleinere Gebiete zu monopolisieren, und da es nicht zu erwarten ist, daß sich die nebeneinander bestehenden Gesellschaften gegenseitig befehlen werden, so ist sicher, daß dereinst der Handel mit Elektrizität unter die Oberherrschaft weniger Leute kommen wird. Dies kann nur dadurch verhindert werden, daß Erzeugung und Vertrieb der Elektrizität und also auch die Kraftquellen verstaatlicht werden, und das wird zuverlässig geschehen.

Zur Zeit liegt hierfür kein Anlaß vor, sehr einfach deshalb, weil die großen Probleme noch nicht ihre Lösung gefunden haben, und von ihrer Lösung die ganze Bedeutung der Elektrotechnik abhängig ist. Wenn sich aber die Elektrotechnik weiter entwickelt, wie bisher, so vergehen keine dreißig Jahre, bis sich das, was hier in großen Zügen geschildert ist, verwirklicht haben wird. Mit dieser Eventualität haben die Staatsregierungen schon jetzt zu rechnen, und beizeiten dafür Sorge zu tragen, daß sich nicht Verhältnisse entwickeln, welche später bei der Verstaatlichung hindernd sein könnten.

E n d e.

Sachregister.

Abformen plastischer Gebilde auf galvanoplastischem Wege 375.
Abförmelzführung 202.
Abfrühungsstelegraph 520.
Abwässer, elektr. Reinigung der, 391.
Abzweigung an Kabelleitungen 233; — an konzentrischen Kabeln 247.
Abzweigungsvorrichtung 203.
Akkumulatoren 102; — Änderung der Spannung 113; — Behandlung 114; — Blei 105; — de Rhodinsty 110; — der Akkumulatorenfabrik Hagen 112; — — Ausbau 113; — der Electrical Power Storage Co. 108; — elektromotorische Kraft 113; — Entwicklung 104; — Erkennung der Ladung 110; — Faure 107; — Faure = Sellon = Volkmar 108; — Formierung 107; — Ladung und Entladung 114; — Ladungsanzeiger 110; — mit Volkmar-Gitter 108; — Planté 105; — Tudors 111; — Vorgänge im, 106, 109.
Akkumulatorenbatterie in Parallelschaltung mit Dynamomaschinen 236.
Akkumulatorenbetrieb für elektrische Bahnen 331; — in Elektrizitätswerken 236.
Altern, künstl., des Weines mittels Egon, 397.
Aluminiumbrunze 383.
Aluminiumgewinnung 382; — Cowles-Verfahren 382; — Heroult's Verfahren 384.
Aluminium-Industrie-V.-G., Anlage der, am Rheinfall, 387.
Amalgamierung der Zinfelektroden 19.
Amère 14.
Anker, Doppel-T 47; — Siemens-Anker 47; — Crommels 55.
Anode 361.
Anwendungen, verschiedene, des elektr. Lichtes, 267.
Apparate für Unterseelelegraphie 444; — Schreibtelegraphen 449.
Arbeit, elektrische, 88.
Arbeitsstrom 464; — = Schaltung 465.

Arten-Zähler 234.
Audiometer 570.
Auffpeicherung der elektrischen Energie 102.
Aufzug, elektrischer, 309.
Ausblick, ein, auf die Zukunft, 629.
Auslegerolle 458.
Aussetrommel 457.
Ausfaller 198; — Gahn 200; — mit Scheide und Schneide 199; — Schnapp 199; — selbstthätige 201.
Bad, galvanisches, 360; — Herstellung und Behandlung 367.
Bahnen, elektrische, Entwicklung der, in Amerika, 323; — mit Akkumulatorenbetrieb 331.
Banbanumwicklung 128.
Batterie, galvanische, 35; — Schaltung einer, 35.
Batteriewärmer 584.
Baumfällmaschine, elektrische, 592.
Becherapparat, Volta's, 18.
Bedecken der Drähte mit Guttapercha 180; — mit Kautschuk 182.
Bedienung der Elektrizität für die Technik 1.
Belzen 366.
Beleuchtung, elektrische, auf Schiffen, 253; — für medizinische Zwecke 587; — im Suezkanal 257; — von Eisenbahnzügen 258; — von Theatern 250; — von Wagen 261.
Beleuchtungsanlagen 182; — fahrbare, 262; — transportable, 257.
Beleuchtungsbatterien 24.
Beleuchtungseinrichtungen für besondere Zwecke 469.
Beleuchtungskörper 596.
Beruhigungswiderstand 209.
Beseitigung der Induktionswirkungen in Fernsprechanlagen 564.
Betrieb, elektrischer, von Fahrzeugen 322; — — auf Chauvignen 342; — von Flußschiffen mittels zugetriebenen Stromes 344; — von Dampfern 314; — von Wasserfahrzeugen 343; — von Werkzeugen 314.

Blech, bernickeltes, 369.
Bleiüberfahren, elektr., 389.
Bleifabel 132.
Bleisicherung 202.
Bleispißel 203.
Bleiweiß, Erzeugung von, mittels des Stromes, 394.
Blitzableiter für Starkstromanlagen 208; — Thompions 208.
Blitzschutzvorrichtungen 205.
Bogenlampe 139; — Aufhängung der, 160; — Bruch 152; — Differential 150; — für Parallelschaltung 157; — für geteiltes Licht 144; — Gölcher 157; — v. Geyser-Altened für Einzellicht 143; — Gaspar 142; — Krizik-Vietze 153; — mit einseitiger Bewegung 154; — mit Kuppelung 150; — mit Nissen 153; — Schutz 154; — mit Schutzhülse der, 157; — Schußgel 47; — Wilsch 261; — Sellon 155.
Bogenlampenträger 610.
Bogenlicht 137.
Bogenlichtregulatoren, ältere, 139; — Hand 139; — selbstthätige 140.
Bohrer, elektrischer, 315.
Boot, elektrisches, 343.
Braunstein-Elemente 27.
Bremsvorrichtung für Seefabel 457.
Brenne 366.
Briefbeschwerer als Druckknöpfe 482.
Brüftung, elektrische, 272.
Buch, das singende, 531.
Bügelisen, 272.
Bühnenbeleuchtung, elektrische, 250.
Bühnenlichtregulatoren 250.
Bunfen-Element 22.
Callaud-Element 27.
Cajellis Kopiertelegraph 432.
Cellulose, Erzeugung von, auf elektrischem Wege, 395.
Chlor Silber-Elemente 29.
Compoundwicklung 85.
Cooke und Wheatstones Nadeltelegraph 409.
Cowles-Ofen 383; — Verfahren 382.
Cuirvo poli 372.
Dampf-dynamo 74; — der Wertner Elektrizitätswerte

226; — für Schiffbeleuchtung 254.
Dampflichtmaschine 74.
Daniell-Element 20.
Defapieren der Ware 367.
Differentiallampe 148; — mit Kuppelung 150; — ohne Kuppelung 153; — Prinzip 149.
Distanzsignale 495.
Dochtpresse 164.
Dochtpresse 164.
Doppelgesprächen 471.
Doppelglocke 119.
Doppelnadel der Nadeltelegraphen 409.
Doppelprechen 470.
Doppel-T-Anker 47.
Doppelstator 411; — Saunders für Unterseelelegraphie 447.
Doppelstellenschalter 237.
Doppelstellenschaltung 237.
Drachbedeckungsmaschine 131, 132.
Drachentöcher 212.
Drachspule 41.
Drachstrommikrophon 533.
Drehmaschinen mit elektrischem Betrieb 345.
Drehstrom 350.
Drehstromanker 352.
Drehtrom 218.
Druck, elektrischer, 13.
Druckknopf 481.
Drucktelegraph 426.
Durchgang 123.
Dynamomaschine 39; — Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft 68; — Bruch 69; — Guénod, Sautter & Co. 67; — Deutsche Elektrizitätswerke 63; — Edison 60; — Erfindung der, 40; — erste, von Ladd 49; — Fein 63; — Flachring 65; — Gramme 53; — Hauptstrom 81; — Innenpol 63; — Kommutator 68; — Lahmeyer 62; — langsamlaufende 63, 184; — Manchester 66; — Maschinenfabrik Eslingen 66; — Mathier & Platt 66; — mehrlipplige 66; — neuere 60; — Regulierung 83; — Schaltung 81; — Schuch 67; — Siemens 60; — mit oberirdigem Anker 62; — Zusammenschaltung 190.

Dynamomaschinenanlage 188.
Dynamoelektrisches Prinzip 48.
Dynamometer 457.

Edisonzähler 234.
Einführung der Fernsprechtabel 861.

Einführungsglocke 556.
Einführungsthor 489.
Ein-Schlag-Klingel 475.

Einzelanlage 182; — Betrieb 214.

Einzellichtlampen 141.
Eisenbahnteleggraphie 493.
Eisenfern des Anders 53.

Elektrizität in der Landwirtschaft 689.
Elektrizitätswerte 182, 216;

— Berliner 224; — Entwicklung 226; — Umsatz 244; — Leitungen der, 216; — mit Akkumulatorenbetrieb 236; — mit Wechselstrombetrieb 239; — New York 222; — Rom 246.

Elektrizitätszähler 234; — Aron 234; — Edison 234; — Thomson 236.

Elektrode 18; — elektromagnet. 584; — galvanotechn. 860.

Elektroendoskopie 587.
Elektrokultur 593.
Elektrolyse, Anwendung in der Medizin, 587.

Elektromechanik 399.
Elektromotor 285.

Elektrotechnik, Beginn der, 3.
Element, galvanisches, 16, 18; — Braunstein 27; — Hunsen 22; — Callaud 27; — Chloräthyl 29; — Chromsäure 23; — Daniell 20; — Fleischers 23; — Fleischer 28; — für schwache Ströme 26; — Gas 31; — Gassner 30; — Grove 22; — Gas 31; — Zink 30; — konstante 19; — Leclanché 27; — Licht 34; — Louis Napoleon 21, 30; — Weidinger 26; — Smee 21; — Thermo 33, 633; — Troden 29.

Elementarverfahren für Erzeugung von kupfernen Röhren 376.

Empfänger 406; — selbstthätiger 455.

Energie 17; — elektrische, als Zwischenform, 185; — Fortleitung 116; — Form 17.

Entsetzen der Ware 366.
Entwässerung 397.

Entwicklung der Anwendung der Elektrizität 2.

Erbleitung 404.
Erbschluß einer Dynamomaschine 207.

Erbschluß 449.
Erzeugung mechan. Energie aus elektrischer 285.

Fabrikbahnen, elektrische, 340.
Fächer, elektrische, 312.

Fahrgeschwindigkeit, Regulierung der, bei elektrischen Bahnen, 330.

Fahrzeuge, elektrischer Betrieb von, 322.

Fallklappe 650.
Farbenwechsel in Theaterbeleuchtungsanlagen 250.

Farbschreiber 424.
Fassung für Glühlampen 180.

Feld, magnetisches, 8.
Fernsehen, elektrisches, 577.

Fernsprechapparat 544; — Bell Telephone Co. 546; — Etöcker & Co. 545.

Fernsprechtabel 560.
Ferroluminium 383.
Ferroaluminapparat 504.

Feuersprünge, elektrische, 311.
Fernwehrtelograph, Feins, 502; — Schaltung 501; — selbstthätiger 501; — Siemens & Halske 502.

Fischfang mit Glühlampen 269.

Flachring, Schuderts, 65.
Fleischer-Element 28.

Födermaschine, elektr., 322.
Foucauld-Duboscq-Regulator 141.

Froschlauge oder -Klemme 123.
Funkenzylinder 275.

Galvanoauflast 586.
Galvanoapparat 360, 378.

Galvanos, Herstellung, 374.
Galvanoestegie 360.

Galvanotechnik 859.
Ganghill, elektrische, 806.

Gasbatterie 31.
Gasmotor in elektrischen Anlagen 185.

Gasner's Trodenelement 30.
Gaszylinder, elektrischer, 276; — Clark 278.

Geber 406.
Gegenrichtung 86.

Gegenprechen 468.
Gegenstrom 83.

Gehänge für Glühlampen 179.
Gefäß, Dm'sches, 14; — Soules 88.

Geleitsbohrer, elektr., 320.
Glasbirne der Glühlampe 171.

Gleichspannungsmaschine 85.
Gleichstromtransformatoren 99, j. a. Umformer.

Gleitmaschinen 184.
Glockenisolator 119.

Glühlampe 165; — Altein 181; — Entleerung 171; — Entwicklung 165; — Fertigmachen 176; — Ökonomie und Lebensdauer 180; — Teile 168.

Glühlampensammlungen 176.
Glühlampenträger 179, 605.

Glühlampensysteme 179.
Glühlampenträger 179, 596.

Glühlampenwirkung des Stromes, Anwendung, 273.

Glühländer 274.
Glycerinbremsung 143.

Gramme-Ring 49; — Konstruktion 56; — Polarisierung des, bei Zuleitung von Strom, 289.

Graphitieren 374.
Graphitiermaschine 375.

Graphophon 575.
Grenzfächer 468.

Groves-Element 28.
Groves-Element 20.

Groves-Element 20.
Grubenlokomotive 319, 338.

Gürtel-Lampe 157.
Guttapercha-Fäden f. Drähte 180.

Guttapercha-Pressen 180.
Gahnfassung 200.

Hammer, elektrischer, 315.
Hammer, Wagnerscher, 286.

Hängedraht für Glühlampen 178.
Hängestange für Glühlampen 178.

Harztafel 121.
Hauptstrommaschine 82; — Regulierung 85.

Hausleitung 238.
Hausstelegraphenapparat 475.

Hausstelegraphie 472.
Hebemagnet 316.

Hebemaschinen, elektrischer Betrieb von, 306.

Heber-Schreiber 450; f. a. Eypson Recorder.

Hefner-Alteneck-Lampe; — Differentiallampe 160; — für Einzellicht 143.

Heizapparat f. Breinreisen 273.
Heizung, elektrische, 270.

Hintereinander- oder Reihen-schaltung 86.

Hochbahnen, elektrische, 333; — Adams 333; — Siemens & Halske 334.

Holzbrandapparate, elektrische, 273.

Hooper-Drähte 132.

Zablockoff-Merze 146.
Zablockoff-Element 30.

Zapfen-Lampe 142.
Zermination mit Glühlampen 268.

Zermination, magnetische, 42.

Zerminationsapparat 91, 92.
Zerminationswirkung in Fernsprechleitungen 563.

Zerminationswaage 571.
Zerminierung, elektrochem., 614.

Zug 60.

Zuleitung 117.
Zuleitung 117, 118; — Clarke 119; — Coates 118; — Doppelglocken = 119; — Glocken = 119; — Dr. 120; — Walkers 118.

Zuleitung, konzentrische, 246; — Messung 458.

Zuleitung, galvanische, 22; — Beleuchtung; ob. Licht 137; — — Fabrikation 161.

Zuleitungsfäden für Glühlampen 168; — Befestigung 170; — Herstellung 168.

Zuleitungsmikrophon, Edisons, 538.

Zuleitung 52.
Zuleitungsbüchsen 55.

Zuleitungsbüchsen 295.
Zuleitungsbüchsen 44.

Zuleitungsbüchsen 68.
Zuleitungsbüchsen 449.

Zuleitungsbüchsen 147.
Zuleitungsbüchsen 179.

Zuleitungsbüchsen für Zuggeschwindigkeiten 499; — Schellens = 499; — Siemens & Halske = 499; — Wiefenthal = 499; — Wächter 518.

Zuleitungsbüchsen Kabel 246.
Zuleitungsbüchsen 430; — Baferwell 481; — Caselli 482.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, 15; — gegen elektromotorische, 290.

Zuleitungsbüchsen 8.

Zuleitungsbüchsen, elektrische Betriebswirtschaft der, 629.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, 285, 346.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Deprez 346; — Frankfurt-Lausen 356; — Derlison 349.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Kran, fahrbarer elektrischer, 308.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Kronleuchter 600.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Kupfergalvanoapparat 378.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Kupfergewinnung 378; — Markesches Verfahren 379.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Kupferreinigung, elektrische, 379.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Kupferrohren, Herstellung von, auf galvanochemisch. Wege, 376.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Kupplung, unmittelbare von Dampf- und Dynamomaschine 184; — von Motor und Wagenachse 329.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Kurzschrift 30, 82.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Ladung 444.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Ladungsanzeiger für Akkumulatoren 110.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Lampen, elektrische, 187; — Wahl und Verteilung der 208.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Lauffrist, elektrischer, 306.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Laufrolle für elektrische Bahnen 328.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Laufapparat 569.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leuchtstoff-Element 27.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leiter 117.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leistung 116; — Befestigung auf Vorstellrollen 197; — für galvano-technische Einrichtungen 364; — für Starströme 121; — Material 120; — nackte, 118; — umwickelte, 125; — umwickelte, 128; — Verteilung 195; — — in den Zug 197.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsanlagen 192; — der Berliner Elektrizitätswerte 232; — der Berliner Fernsprechanlage 556; — der Pariser Fernsprechanlage 561; — für Posttelegraphie 487.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsbau 122.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsabteilung 14.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsabteilung 218.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsabteilung der Berliner Elektrizitätswerte 232; — in Amsterdam und Wien 241.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsabteilung 211.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsabteilung; — Bergmann & Co. 197; — Edisons 228.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsabteilung 121.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leitungsabteilung in die Erde 197.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Leuchtfeuer mit elektrischem Licht 257.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Licht, elektrische, 185; — gemischtes, 210; — in der Photographie 268; — in Leuchtstrahlen 257; — Teilung 144.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Lichtbogen 137; — Projektion 188; — zwischen Kohlenstäben 197.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Lichtteilenelemente 34.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Lichtteilenelemente 161.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Lichtteilenelemente auf der Bühne 261.

Zuleitungsbüchsen, elektrische, Lichtteilenelemente 161.

Magnesiumgewinnung, elektrische, 381.
 Magnetelektrische Maschine 41; — Alliance 46; — Breguet 81; — Clark 45; — für galvanische Zwecke 379; — Girard 44; — Siemens 47; — Störers 45; — Wildes 46.
 Magnetinduktion 41.
 Magnetinduktionstelegraph von Siemens 416.
 Magnetinduktor für Wechselstromlichter 480.
 Manteltransformator 96.
 Maschine mit gemischter Widerlegung 86.
 Maschine zur Herstellung der Glasbirnen für Glühlampen 171.
 Mauerträger 123.
 Mehrfachtelegraphie 466.
 Mehrleitersystem 218.
 Meibinger-Element 26.
 Melloni's Apparat 84.
 Messer, galvanisierendes, 587.
 Metallgewinnung, elektrolytische, 378.
 Metallreinigung, elektrolytische, 378.
 Metallüberzüge, galvanische, 360.
 Mikrophon 532; — Alder 534; — Anwendung des, in der Medizin 588; — zur Entdeckung von Versteuern in Berflerungen 567; — Berliner 587; — Blake 587; — Großley 584; — Lejongh 585; — Trautnitz 583; — Edison 588; — eintastiges 587; — Gower-Bell 584; — Hughes 588; — Gunnung 587; — Kohlen 583; — Kohlenpulver 582; — Metz & Genest 586; — mehrfontattiges, 584; — Prinzip des, 582; — Weiler 585.
 Mikrotelophon 568.
 Minensünder, elektrischer, 273.
 Minensündermaschine, Breguet's 81.
 Minensünder, elektrischer, 272.
 Minermaschine, elektrische, 321.
 Montage elektrischer Anlagen 210.
 Montagezange 213.
 Morsealphabet 421.
 Morseapparat 419.
 Morsefchreiber 423.
 Morsechrift 420.
 Morsefchreiber 422.
 Motoren, elektrische, oder Elektromotoren 285; — Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft 296; — Anwendung der, 305; — Bahn 296; — Bogler 294; — C. & C. Co. 293; — Deutsche Elektricitäts-Werte 296; — Drehstrom- 358; — für elektrische Bahnen 329; — für Gruben 318; — für Reihenanschaltung 302; — Griseom 291; — Grille 287; — Jacobi 289; — im Eisenbahnbetrieb 345; — Jmmisch 296, 302; — kleiner amerikanischer 291; — Derlton 297; — Redenjaun 296; — Regulierung 301; — Riker 294; — Siemens & Halske 296; — Sprague 293; — Tesla 353; — Vorzüge 304; — Wechselstrom 297.
 Motoren für elektrische Anlagen 183.

Multiplex- oder Vielfachumschalter 554.
 Multiplikator 408; — des Nadeltelegraphen 409.
 Musikübertragung, telephon., 569.
 Nachtlichtlampe 603.
 Nadeltelegraph 407; — Coole & Wheatstone 408.
 Nebenschluß 82.
 Nebenschlußlampe 478.
 Nebenschlußmaschine 82; — Regulierung 85.
 Nichtleiter 117.
 Nidelbad 368.
 Nietmaschine, elektrische, 315.
 Nulleiste 195.
 Ofen, elektrischer, 271.
 Oerks Haus' Kalorimeter 19.
 Ohm 14.
 Ohm'sches Gesetz 14.
 Olfaktor 120.
 Omnibus, elektrischer, 343.
 Orts- oder Lokalbatterie 425.
 Oton, Erzeugung des, mittels des Stromes 395.
 Otonator 396.
 Pacinotti-Gramme-Ring 49.
 Pantelegraph von Caselli 482.
 Parallelschaltung 86; — von Bogenlampen 144; — von Lampen 194.
 Petroleummotor 186.
 Peiton-Wasserrad 188.
 Perbedürfte, elektrische, 316.
 Perbedraft, elektrische, 88, 181.
 Flug, elektrischer, 590.
 Phonograph 672.
 Pol 18.
 Polarisation 20; — Befestigung der, in Elementen 20.
 Polarisierbare Nummernklappen 466.
 Poliermaschine 366.
 Polzeigepapier 114.
 Primäre Maschine 285.
 Prinzip, dynamoelektrisches, 48.
 Probleme, die großen elektro-technischen, 631.
 Zumpenbatterie 175.
 Zumpenbetrieb, elektrischer, 310.
 Puppen, sprechende, 577.
 Quadruplextelegraphie oder Doppelgeheprechen 471.
 Quecksilberleuchtampen 171.
 Radiophonie 578.
 Raffelfingel 477.
 Regulierung der Lampen auf feste Entfernung 145; — auf feste Spannung 148; — auf feste Stromstärke 144; — auf festen Widerstand 149.
 Regulierungsvorrichtungen f. Dynamomaschinen 190; — selbsttätige, 191.
 Reihenanschaltung 86; — von Bogenlampen 144; — von elektrischen Motoren 302; — von Lampen 194.
 Reinigung, elektrische, der Abwässer 391.
 Relais 425; — für Hausstelegraphie 486; — Ehaltung 425.
 Releifchreiber 424.
 Releortenrückstand 23.
 Riemen für elektrischen Betrieb 184.
 Riemenbetrieb in elektrischen Anlagen 184.

Rotationsmotor, elektrischer, 287; — mit bauernem Antrieb 288.
 Ruhestrom 464; — Ehaltung 465; — in Hausstelegraphenanlagen 487; — Ringel 487.
 Schalmeiglocke 477.
 Ehaltung der Leitungsanlagen 192; — der Telegraphenapparate 464; — der Telephonapparate 540; — des Relais 425; — einer Batterie für größte Stromstärke 38; — gemischte, 38; — in Hausstelegraphenanlagen 489; — zweier Nadeltelegraphen 411; — zweier Morsestationen 422; — zweier Telephonstationen 464.
 Ehaltungsvorrichtungen 197; — der Berliner Elektricitäts-Werke 227; für Telephonapparate 548.
 Scheinwerfer 265.
 Schiebebühne, elektrischer Betrieb einer, 345.
 Schleifkontakt 43.
 Schleitmaschine 365; — für Weiche 369.
 Schlittenapparat 585.
 Schmelzen mittels des Stromes 283.
 Schmelzöfen, elektrischer, 283; — Siemens 283; — Tauffig 283.
 Schraubschalter 199.
 Schmelzofen, elektrischer, 342.
 Schreibtelegraph 418; — für Unterseeleitel 449; — Morse 419; Steinheil 418.
 Schutzfädenverleittungen 134.
 Schutzkorb für Glühlampen 180.
 Schutznetz für Bogenlampen-Gloden 611.
 Schwabbel 366.
 Schwachstromtechnik 398.
 Schwachstrommaschine, elektrische, 281.
 Schwelbung, elektrische, 278.
 Schwelbverfahren Thomsons 280.
 Seelebel, Verlegung, 455.
 Sekundärelement oder Akkumulator 102.
 Sekundäre Maschine 285.
 Sekundäre Stromerzeuger 86.
 Sekundär-Generator 93.
 Sellen-Lampe 155.
 Sender 406; — selbsttätiger, von Wheatstone 454.
 Sicherungen 201; — Weiler 202; — selbsttätige mechanische, 204.
 Siemens-Unter 47.
 Siliciumbronze 121.
 Smee-Element 21.
 Soleillampe 147.
 Sonderfabrikation in der elektro-technischen Industrie 616.
 Souder oder Klopfer 425.
 Spannung 12; — Umwandlung 89; — Zweck der, 90.
 Spannungsänderung 86.
 Spannungsmesser 204.
 Spannungsumrichter 13.
 Spannwinde 122.
 Spannzeug 122.
 Spiegelableitung 445.
 Spiegelgalvanometer 445; — für Unterseeleitel 446.
 — Gauß und Weber 445.
 Spindelbleibleiter 206.
 Sprengung mittels Elektricität 275.

Springbrunnen, leuchtender 265.
 Stangenbleibleiter 207.
 Stangenkontakt 328.
 Starstromtechnik 398.
 Steigeisen 214.
 Steinheil's Telegraph 418.
 Stiftpresse 163.
 Stöpselmaschine 549.
 Streichkontakt 483.
 Strom, elektrischer, Anwendung für Bergbauzwecke 317; — in der Heilkunde 580; — Erzeugung 16; — Verteilung 193; — Wärmemittlung 135; — Wirkungen 135.
 Stromabzweigung, induktive, 93.
 Stromdichtigkeit 362.
 Stromerzeugung 16; — durch Bewegung eines Leiters im magnetischen Felde 11, 41; — sekundäre 86.
 Stromerzeugungsstätten 183.
 Stromkreis; — Lffnen und Schließen des, 197.
 Stromlauf; — im Trommelanker 67.
 Strommesser 204.
 Stromschlußvorrichtungen od. Stromschlüssel 198; — in der Hausstelegraphie 481.
 Stromstärke 12.
 Stromverbrauch 280; — Schwankungen des — in den Berliner Elektricitäts-Werten 230.
 Stromweg 18.
 Stromwender 409.
 Stundenfehler 514.
 Telephon-Recorder od. Heberschreiber 450.
 Tableau 473.
 Zahnender 411.
 Zuchtbatterie 24.
 Teilung des elektrischen Lichtes 144.
 Telegraph, Pastwell's, 491; — Caselli's 432; — Chem. 430; — Coole & Wheatstone 408; — Gauß & Weber 445; — Hughes 427; — Kopier- 430; — Morse's 419; — Nadel- 408; — Ehaltung von Ganntast 403; — selbsttätige 452; — Siemens' Zeiger 414; — Siemens' Magnet-Induktions- 416; — Simmering's 401; — Steinheil's 418; — Unterseeleitel 444; — Zeiger 412.
 Telegraphenapparate 406; — für Unterseeleitel 444.
 Telegraphie 398; — Begriff und Wesen 899.
 Telegraphieren, gleichzeitiges und Telephonieren auf einem Drahte 566.
 Telegraphische Verbindung zwischen einem fahrenden Zuge und einer festen Station 462.
 Telephon 525; — Alder 528; — als Ender und Empfänger 531; — Bell 527; — Böttcher's 530; — Dolbear 530; — doppelpoliges, 528; — Doien's 528; — einpoliges, 529; — Kondensator 530; — in Krankelektrophoren 570; — magnetischer, 525; — medizin. Anwendung des, 588; — Prinzip 525; — Reis 523; — Siemens 528; — Störers & Co. 529.
 Telephonie 522.
 Telephorbahnen 341.

- Testas Wechselstrommotor 860.
 Testa-Motor 853.
 Thermo-Maschine, elektr., 273.
 Thermo-elektrisches Problem 632.
 Thermo-Element 33.
 Thermo-Maschine 33; — Gießschiff 33; — Waßbrechschiff 633.
 Thomson-Batterie 236.
 Zinkkontakt 483.
 Zinkblende 478.
 Zerstörung der Drahtküllen 122; — der Leitungsfangen 123.
 Transformator 89; — Anordnung und Aufstellung 97; — Entwindelung 91; — Ferranti 97; — Ganz & Co. 94; — Gaulard & Gibbs 93; — Gleichstrom-, s. a. Umformer 99; — Kern- 96; — Mantel- 96; — Parallelschaltung der, 96; — Weislinghause 97.
 Transformatorgehäuse 97.
 Transformatorhäufe 248.
 Zinkkontakt 483.
 Zink-Element 29.
 Zink-Batterie von Thomson 21.
 Zink-Elemente 55; — Prinzip des, 56.
 Zurbine für elektrische Anlagen 188.
 Zurbine 478.
 Zündapparat 427.
 Zündstrom 202.
 Übertragung elektr. Energie 86.
 Übertragung, induktive, der Stromwellen, 539.
 Umformer, s. a. Gleichstromtransformator 91, 101.
 Umkehrung der Pole in einer Dynamo 83.
 Umkopplung der Leitungen 128.
 Umkopplungsmaschine 128.
 Umschalter 198, 201.
 Umschaltung in Telephonapparaten 542.
 Umschaltvorrichtung für Fernsprechanlagen 548.
 Umspinnmaschine 127.
 Umspannung der Drähte 126.
 Umspannung der Leitungen 126.
 Umwandlung chemischer Energie in elektrische 17.
 Umulator 462.
 Unversattheit der Elektrizität 186.
 Unversaltransmitter 533.
 Untergrundbahnen, elektrische, 336.
 Unterseeleuchtenapparate 444.
 Untersee-Telegraphie 433; — Schaltung 448; — transatlant. Verbindung 435.
 Van Wysselberg'sches System 665.
 Ventilator, elektrischer, 311.
 Verbindung, englische, 121; — von konzentrischen Kabeln 247; — von Leitungskabeln 233; — von Rippenenden 213.
 Verbindungsmuffen 121.
 Verbleitung 371.
 Verbundmaschine 85.
 Verbundschaltung 85.
 Verbundwickelung für elektr. Motoren 303.
 Vereisung 372.
 Vergoldung 371.
 Verlegetelegraphie 399; — Anfänge 400.
 Verstärkung der Ströme 355.
 Verstärkung 372.
 Verlegung der Seetabelle 455.
 Vermessung 372.
 Verminderung 363; — von Zinkblechen 369.
 Verplatinierung 371.
 Verplünderung 370.
 Verteilung des Stromes 193.
 Verzinsung, Verzinsung 371.
 Vielfach- oder Multipliz-Umschalter 554.
 Volt 14.
 Voltas Wechselapparat 18; — Säule 19.
 Vorrichtung, älteste, zur Erzeugung des Stromes, 18.
 Vorfallwiderstand 209; — Verlegung des — es in die Leitung 197.
 Vorkampfwert 163.
 Wächter-Kontrollapparat 518.
 Wärmemelder, elektrische, 503.
 Wärmewirkung des Stromes 136; — technische Anwendung 270.
 Wandarm 598; — für Glühlampen 178.
 Wandfassung 180.
 Wassermotoren 188.
 Wechselgestell 562.
 Wechselstrom 42.
 Wechselstrombetrieb für Elektrizitäts-Werke 239.
 Wechselstromringel 479.
 Wechselstrommaschine 70, 71; — Breguet- 81; — Brush- 80; — Ferranti-Thomson- 74; — Ganz & Co. 74, 78; — Gramme- 71; — Mordey- 80; — neuere 76; — selbstregende 78; — Siemens & Halske- 72; — Stanley- 79; — Westinghouse- 79.
 Wechselstrommotoren 297; — asynchrone 350; — Ganz & Co. 299; — mit umlaufendem Feld 301; — synchrone 298.
 Wellenschrift des Heber'schebers 452.
 Werkstoffbetrieb, elektrischer, 306.
 Werkstofflampe 179.
 Werkzeug, elektrotechnisches, 213.
 Werkzeuggürtel 213.
 Werkzeugkoffer 213.
 Wheatstones selbstthätiger Telegraph 454; — Zeiger-Telegraph 412.
 Widerstand 14.
 Winde, elektrische, 308.
 Wirkung des Stromes auf das Wachstum der Pflanze 593; — chemische 377; — physiologische 580.
 Wirkstoffteile 121.
 Zeittelegraph 412; — Breguets 413; — Magnetinduktions- 414; — Siemens' 414; — Wheatstones 412.
 Zeigerwerte, elektrische, 504; — Arzberger- 508; — Gram-Wagner- 509; — Hipp- 506; — mit freiem rotierendem Unter 511; — mit rotierendem Unter 507; — Siemens & Halske- 506; — Stührer 506; — Ziede 505.
 Zeittelegraphie 504.
 Zentralfernsprechanlagen 655.
 Zerkleinerer für Aluminiumgewinnung 386; — für Germetisches Bleisverfahren 390.
 Verlegung einer Flüssigkeit durch den Strom 359.
 Verteilung des Eisens im Unterkeren 54.
 Zigarrenanzünder, elektrischer, 276.
 Zubereitung der Ware für das Bad 365.
 Zugdeckungs-Signale 496.
 Zugknopf 482.
 Zugkontakt 482.
 Zulassung des Stromes zu elektrisch betriebenen Fahrzeugen 323.