



Die

# ELEKTRICITÄT.

Vierte Auflage.

Mit 156 Abbildungen.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299122





*y.*

# DIE ELEKTRICITÄT.

EINE KURZE UND VERSTÄNDLICHE DARSTELLUNG

DER

GRUNDGESETZE

SOWIE DER

ANWENDUNGEN DER ELEKTRICITÄT

ZUR

KRAFTÜBERTRAGUNG, BELEUCHTUNG

GALVANOPLASTIK, TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE.

FÜR JEDERMANN GESCHILDERT

VON

TH. SCHWARTZE, E. JAPING UND A. WILKE.

VIERTE AUFLAGE

BEARBEITET VON

DR. ALFRED RITTER V. URBANITZKY.

MIT 156 ABBILDUNGEN.

*J. Nr. 18657*



WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1892.

(ALLE RECHTE VORBEHALTEN.)

*VIII 2.*



II 5498

Druck von Bär & Hermann in Leipzig.

Akc. Nr. 5397 / 50

## VORREDE.

---

Die rasche Entwicklung der Anwendung der Elektrizität hat ein allseitiges Interesse an der Elektrotechnik wachgerufen, so dass auch schon jene Kreise, welche der elektrischen Wissenschaft und Technik fernere stehen, ein lebhaftes Verlangen bekunden, über die neue Culturmacht belehrt zu werden.

Diesem natürlichen Wunsche aller Gebildeten entgegenzukommen, hat der Verleger der Elektrotechnischen Bibliothek, Firma A. Hartleben in Wien, die Verfasser veranlasst, sich zu einer Collectivarbeit zu vereinigen und die einzelnen Partien der Elektrotechnik in gemeinverständlicher und knapper Weise darzustellen. Der Zweck des Buches musste daher bestimmend für Form und Inhalt sein, und demgemäss sind die elektrotechnischen Erfindungen und Alles, was zum Verständniss derselben gehört, klar und bündig beschrieben worden. Hierüber hinauszugehen, hätte ebensowohl ausserhalb der gesteckten Ziele gelegen, als es der Erreichung des Zweckes dieses Buches schädlich gewesen wäre.

Die Verfasser hoffen nun, dass das Buch im reichen Maasse dazu dienen wird, wozu es bestimmt ist, zu einer Einführung in die Elektrotechnik. Die würdige Ausstattung, und die zahlreichen Illustrationen, welche die Verlagsbuchhandlung ihm beigegeben hat, werden ihm in der Erreichung dieses Zieles noch mehr förderlich sein.

Die Verfasser.



# INHALT.

	Seite
Vorwort . . . . .	3
Inhalt . . . . .	5
<b>I. Die elektrischen Erscheinungen und ihre Gesetze.</b> Von A. Wilke . . . . .	7
Einleitung . . . . .	7
1. Der elektrische Zustand . . . . .	8
Positive und negative Electricität. Anziehung und Abstossung der Electricitäten. Influenz. Leitung der Electricität. Spitzenwirkung. Elektrische Apparate.	
2. Der galvanische Strom . . . . .	14
Der elektrische Ausgleich. Das galvanische Element. Quantität und Spannung.	
3. Spannung, Widerstand und Stromstärke . . . . .	16
Spannungsverschiedenheiten im Stromkreise. Widerstand. Stromstärke. Ohmsches Gesetz. Elektrische Einheiten.	
4. Die Wirkungen des galvanischen Stromes . . . . .	19
A. Im Stromkreise . . . . .	19
Der Volta'sche Lichtbogen. Die chemische Wirkung. Wasserzersetzung. Metallniederschlag.	
B. Ausserhalb des Stromkreises . . . . .	22
Oersted's Entdeckung. Die Ablenkung der Magnetnadel. Galvanometer. Der Elektromagnetismus. Elektro-dynamische Wirkung. Anziehung und Abstossung paralleler Ströme. Ampère's Erklärung des Magnetismus. Induction. Magnet-Induction. Dynamo-elektrisches Princip.	
5. Uebersicht über die Gesetze der Electricität . . . . .	29
<b>II. Die Erzeugung der Electricität.</b> Von Th. Schwartz . . . . .	31
Batterien, Accumulatoren, Dynamomaschinen und Lampen.	
Einleitung . . . . .	31
Entdeckung der elektrischen Eigenschaften des Bernsteins durch Thales. Entdeckung des Galvanismus. Galvani-Volta. Volta's galvanische Säule. Contacttheorie. Chemische Wirkung des elektrischen Stromes. Spannungsreihe.	
Die galvanischen Elemente . . . . .	34
Volta's Element. Die Volta'sche Säule. Wallaston's Batterie. Tyer's Element. Constante Elemente. Bunsen's Element. Pulvermacher's galvanische Kette. Leclanché's Braunstein-Element. Daniell's Element. Meidinger's Ballon-Element. Erhard's und Hauck's Batterie für elektrische Beleuchtung. Fuller's Element. Chromsäure-Elemente. Grenet-Jarriant-Säule für elektrische Beleuchtung. Griscom's Element zum Nähmaschinenbetrieb. Upward's Batterie. Verbindung der Elemente auf Spannung und Quantität.	
Die Secundärbatterien oder Accumulatoren . . . . .	44
Planté's Element und Batterie. Faure's Accumulator. Accumulatoren der Electrical Power Storage Company. Accumulatoren von Schenck & Farbak. Benutzung der Accumulatoren zum Locomotivbetrieb. Theaterbeleuchtung. Waggonbeleuchtung.	
Die Thermosäulen . . . . .	49
Thermische Spannungsreihe der Metalle. Noe's Thermosäule. Clamond's Thermosäule. Benutzung der Thermosäulen.	

	Seite
Die elektrischen Maschinen . . . . .	51
Inductionswirkung. Pixii's magnet-elektrische Maschine. Die Maschinen von Saxton und Clarke. Siemens' Cylinder-Inductor. Pacinotti's Ring-inductor. Wilde's elektro-magnetische Maschinen. Die dynamo-elektrische Maschine. Die Alliance-Maschine für elektrische Beleuchtung. Gramme's Maschine. Wechselstrom-Maschine von Ganz. Maschine von Brush. Drehstrom-Maschinen von Gramme, Gülcher und v. Hefner-Alteneck. Benützung der Dynamomaschinen zur Reinmetallgewinnung und zur Beleuchtung. Maschinen von Edison.	
Die Transformatoren . . . . .	70
<b>III. Die elektrische Kraftübertragung.</b> Von E. Japing . . . . .	73
Wesen und Zweck der elektrischen Kraftübertragung. Gesetze der Kraftübertragung durch den elektrischen Strom. Anwendungen der elektrischen Kraftübertragung. Elektrischer Schiffsbetrieb. Elektrische Eisenbahnen. Kraftübertragung auf grosse Entfernungen. Deprez' Versuche. Kraftübertragungsanlagen Kriegsstätten-Solothurn, Rom-Tivoli. Systeme der Stromvertheilung auf grosse Gebiete.	
<b>IV. Die elektrische Beleuchtung.</b> Von E. Japing . . . . .	84
Eigenschaften und Entstehung des elektrischen Lichtes. Edison's Glühlampen. Details der Edison'schen Glühlampen. Montirungen für Glühlampen. Der Volta'sche Bogen. Contact-Glühlampen. Contact-Stehlampen. Elektrische Kerzen. Einzellicht-Lampen. Nebenschluss-Lampen. Differential-Lampen. Montirungen für Bogenlicht-Lampen. Stromregulirungs-Methoden für Bogenlicht. Beleuchtungsanlage des Anhalter Bahnhofes in Berlin. Locomotiv-Lampen. Verwendung des Bogenlichtes für Zwecke der Schifffahrt. Elektrische Strassenbeleuchtungen. Stromregulirung bei der Glühlicht-Beleuchtung. Anwendungen des Glühlichtes.	
<b>V. Die chemischen Wirkungen der Electricität.</b> Von E. Japing . . . . .	106
Theorie der Elektrolyse. Elektrolytische Ausscheidungen von Metallen. Elektrolytische Analyse. Begriff und Zweck der Galvanoplastik. Kupfergalvanoplastik: Geschichtliches, Apparate, Methoden derselben. Galvanische Verkupferung. Anwendungen der Galvanoplastik in der Vervielfältigungskunst. Galvanische Ueberzüge von anderen Metallen. Silbergalvanoplastik und Versilbern. Vergolden. Vernickeln und Verkobalden. Galvanische Metallfärbungen. Reinmetallgewinnung auf elektrolytischem Wege. Aluminiumwerke in Neuhausen. Sonstige gewerbliche Verwendungen der Elektrolyse.	
<b>VI. Elektrische Telegraphen, Uhren, Telephone.</b> Von Th. Schwartz . . . . .	131
Die elektrische Telegraphie . . . . .	131
Geschichte der elektrischen Telegraphie. Die Nadeltelegraphen. Marine-Galvanometer. Spiegelgalvanometer. Die Zeigertelegraphen von Stöhrer, Siemens und Halske. Typendruck-Telegraphen. Hughes' Typendrucker. Elektro-magnetische Schreibtelegraphen. Morse-Apparat. Das Relais. Copirtelegraphen. Doppeltelegraphie. Gegensprechen. Feuerwehrtelegraphen.	
Die elektrischen Uhren . . . . .	143
Elektrische Zeigerwerke oder sympathische Uhren. Zeigerwerke mit selbstständigem Gangwerk. Elektrische Pendeluhren. Steinheil's und Stöhrer's Uhr. Houdin's Uhr. Hipp's Uhr.	
Die Fernsprechkunst oder Telephonie . . . . .	147
Die Bedeutung des Telephons. Seine Geschichte. Reis' Telephon. Bell's Telephon. Das Mikrophon von Hughes, Blake. Die Telephonanlagen zu Berlin und Paris.	
Alphabetisches Register . . . . .	156

## I.

# Die elektrischen Erscheinungen und ihre Gesetze.

Von A. Wilke.

### Einleitung.

Seit einem Jahrzehnt hat die Anwendung der Elektricität einen Aufschwung genommen, den wir vorher kaum zu hoffen wagten, und allem Ermessen nach stehen uns noch viel grössere Fortschritte in Aussicht. Woher diese plötzliche Wendung? Und was bedeutet, wohin zielt diese mächtige Entwicklung? Schon bald nach der Entdeckung des Galvanismus fanden die Forscher so hervorragende Eigenschaften an ihm, dass sie an eine praktische Verwendung desselben dachten, und dieses Streben zeitigte auch Anwendungen des elektrischen Stromes, welche sich seitdem über die ganze Erde hin verbreitet haben und schlechthin unentbehrlich geworden sind. Wir meinen die Telegraphie und die Galvanoplastik.

Aber mit diesen schien lange Zeit die Entwicklung der Elektrotechnik, d. h. die Anwendung der Elektricität abgeschlossen zu sein. Nicht etwa, dass es an weiteren, verwendbaren Eigenschaften der Elektricität gemangelt hätte — denn die Elektricität hat deren noch viele und grosse — sondern einfach deshalb, weil die Elektricität viel zu theuer war, um allgemein verwendet werden zu können. Telegraphie und Galvanoplastik wurden durch diesen Uebelstand nur wenig berührt, [da die hierzu nöthige Elektricität nur den kleinsten Theil der Ausgabe für Einrichtung und Betrieb ausmacht. Andere Anwendungen waren aber durch den hohen Preis unmöglich gemacht, sofern es sich um eine allgemeine, nicht nur gelegentliche Anwendung handelte, bei welcher der Preis keine Rolle spielte. Zu einer ausgedehnten Anwendung der Elektricität für die Beleuchtung, Kraftübertragung, bei elektrochemischen und elektrometallurgischen Processen konnte man erst dann schreiten, als es gelungen war, die Elektricität billig zu erzeugen.

Zu Mitte der Sechziger Jahre wurde nun von Siemens und, unmittelbar nach ihm und von ihm abhängig, von Wheatstone eine Erfindung gemacht, welche eine ganz neue Erzeugungsweise der Elektricität zur Folge hatte. Es war dies die dynamo-elektrische Maschine, d. h. eine Maschine, welche mechanische Kraft in Elektricität umsetzt. Mit dieser Maschine betrat die Elektrotechnik die neuen Bahnen, in denen sie sich so glänzend entwickelt hat.

Zur Erzeugung der Elektricität bedurfte man nämlich früher der galvanischen Batterien, welche verhältnissmässig theuere Stoffe zur Erzeugung der Elektricität verbrauchten und darum die Anwendung der Elektricität so vertheuerten. Die dynamo-elektrische Maschine hingegen braucht mechanische Kraft und, wenn wir diese z. B. mittelst der Dampfmaschine erzeugen, haben wir für die Erzeugung der Elektricität nur die verzehrte Kohle, welche für die Dampferzeugung benöthigt wird, in Betracht zu ziehen. Die Kohle ist aber sehr viel billiger, als z. B. das Zink der galvanischen Batterie, und deshalb ist auch die mit der dynamo-elektrischen Maschine erzeugte Elektricität, trotzdem die Kraft der Kohle kaum zu einem Zehntel ausgenutzt wird, billig genug, um eine allgemeine Anwendung zu ermöglichen.

Daher hat auch die Dynamomaschine, wie man den neuen Elektricitäts-Erzeuger nennt, den zu Eingang erwähnten Umschwung der Elektrotechnik bewirkt, und die Elektricität findet mehr und mehr Eingang in die Technik und in das Leben. Aber alles dies bezeichnet erst den Anfang. Schon jetzt sehen wir ganz andere, gewaltige Ziele vor uns. Zunächst muss die Elektricität noch viel billiger werden. Einmal sollen uns die riesigen Kraftquellen, welche das von der Höhe in das Meer fallende Wasser unserer Flüsse darstellt, zu einer Elektricitäts-Erzeugung im grössten Maassstabe dienen. Ferner wollen wir bei der Ausnützung der Kraft der Kohle zur Elektricitäts-Erzeugung die Dampfmaschine umgehen, indem wir das Problem lösen, Wärme in jeder Quantität in Elektricität umzusetzen. Hiermit ist ein Problem von grösster Bedeutung bezeichnet. Denn jetzt setzen wir mittelst Dampf- und Dynamomaschine erst Wärme in mechanische Kraft und diese dann in Elektricität um; können wir aber Wärme direct in Elektricität verwandeln, so bedürfen wir nicht mehr der Dampfmaschine. Aber weiterhin wird damit die Dampfmaschine überhaupt beseitigt, weil wir mittelst Elektricität auch mechanische Kraft erzeugen können, und nunmehr statt der Umwandlung Wärme-, mechanische Kraft-Elektricität, die Umwandlung Wärme-Elektricität = mechanische Kraft setzen, welche eine weit bessere Ausnutzung der Kohle verspricht.

Das sind die nächsten grossen Ziele der Elektrotechnik, und wir wollen hoffen, dass sie recht bald erreicht werden, um von der Höhe dieser Errungenschaften dann nach neuen Gefilden zu spähen, die wir erobern wollen. Denn das Feld, welches sich der menschliche Geist Strecke um Strecke unterwirft, kennt glücklicherweise kein Ende.

## 1. Der elektrische Zustand.

„Was ist Elektricität?“ Auf diese Frage vermögen wir keine Antwort zu geben, da wir von der eigentlichen Natur der Elektricität nichts wissen, sondern nur ihre Eigenschaften kennen. Diese Kenntniss genügt aber auch vollkommen, um die Elektricität für unsere Zwecke anzuwenden und ihre Anwendung zu verstehen, und wir wollen daher im Folgenden jene Eigenschaften kurz und verständlich darstellen.

Die Körper, welche für gewöhnlich nicht aus der Entfernung aufeinander sichtlich einwirken, gerathen unter gewissen Umständen in einen Zustand, in welchem sie eine

Fig. 1.



Anziehung oder Abstossung auf andere Körper ausüben. Reiben wir z. B. eine Glas- oder Siegelackstange mit einem wollenen Tuche, so wird die Stange nach der Reibung leichte Körperchen anziehen. Wir befestigen, um dies bequemer zeigen zu können, ein kleines Stückchen Hollundermark an einem ganz dünnen Seidenfaden, und hängen es, wie wir in Fig. 1 sehen, an einem Stativ auf. Nähern wir diesem kleinen Pendel nun unsere geriebene Glas- oder Siegelackstange, so wird dasselbe lebhaft angezogen, nach einiger Zeit aber, während welcher es an der Stange anlag, wieder fortgeschleudert.

Dies können wir folgendermaassen erklären: Die Stange geräth durch das Reiben in einen anderen Zustand, in welchem sie andere Körper anzieht; berühren diese letzteren die Stange, so theilt sie ihnen ihren Zustand mit, nunmehr stösst die Stange den Körper, der mit ihr in gleichem Zustande ist, ab. Diesen ungewöhnlichen Zustand wollen wir den elektrischen Zustand nennen, und wir können dann sagen, elektrische Körper, d. h. solche, welche in elektrischem Zustande sich befinden, ziehen unelektrische an und stossen elektrische ab.

Diesen Satz werden wir aber sofort verbessern müssen. Wir machen nämlich das Experiment noch einmal und elektrisiren das Hollundermarkkugelchen mit der geriebenen Glasstange; es wird darauf von der Glasstange abgestossen. Nunmehr reiben wir aber eine Siegellackstange und nähern sie dem Kugelchen. Was geschieht? Es wird heftig angezogen, bleibt darauf einige Zeit an der Siegellackstange liegen und wird von dieser alsdann abgestossen. Nunmehr wird es wieder von der elektrischen Glasstange angezogen, um, wenn es von dieser wieder abgestossen ist, auf's Neue von der Siegellackstange angezogen zu werden. Dieses Spiel könnten wir in's Unendliche fortsetzen und würden stets finden, dass das Kugelchen, wenn es mit der Elektrizität der einen Stange geladen ist, von der anderen elektrisirten Stange angezogen wird.

Demnach muss zwischen den elektrischen Zuständen der Glas- und Siegellackstange ein Unterschied sein. Wir wollen daher auch die beiden Elektrizitäten unterscheiden und diejenige der Glasstange positive, die der Siegellackstange negative Elektrizität nennen. Nunmehr können wir unseren obigen Satz dahin berichtigen, dass wir sagen:

Körper, welche mit gleichnamiger Elektrizität geladen sind, stossen einander ab; Körper dagegen, welche mit ungleichnamiger Elektrizität geladen sind, ziehen einander an.

Aber nicht nur die Körper ziehen sich an und stossen sich ab, sondern auch die Elektrizitäten selbst, wie wir hier schon erwähnen wollen, und hieraus erhalten wir das Fundamentalgesetz der Elektrizitätslehre:

### **Gleichnamige Elektrizitäten stossen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.**

Wenn wir nun Körper von allen möglichen Stoffen in gleicher Weise reiben wie die Glas- und Siegellackstange, so werden wir finden, dass die einen positiv, die andern negativ elektrisch werden. Nur bei den Metallen wird es uns von vornherein nicht gelingen sie elektrisch zu erregen, weil hiezu ein kleiner Kunstgriff nothwendig ist, den wir gleich kennen lernen werden.

Wir sahen schon vorhin, dass die geriebene Stange dem Hollundermarkkugelchen etwas von ihrer Elektrizität mittheilt. Bei diesem Uebergehen von Elektrizität verhalten sich nun die verschiedenen Stoffe sehr verschieden. In den einen Stoff geht die Elektrizität sehr leicht über und verbreitet sich durch den ganzen Körper; bei dem anderen dagegen geht Elektrizität nur auf die berührte Stelle über und verbreitet sich keineswegs von hier aus weiter. Die ersteren gewähren also der Elektrizität einen leichten Weg, während die letzteren die Fortbewegung der Elektrizität hindern. Jene heisst man darum auch Leiter der Elektrizität, diese dagegen Nichtleiter.

Die Leitungsfähigkeit der Stoffe ist eine sehr verschiedene und hängt von mancherlei Umständen ab. Ganz ohne Leitungsfähigkeit ist kein Körper, so dass Nichtleiter im strengsten Sinne des Wortes nicht existiren. Allein der Unterschied der Leitungsfähigkeit ist ein so grosser, dass, während die einen Körper die grössten Quantitäten Elektrizität fast im Augenblick durchströmen lassen, die anderen selbst in längerer Zeit nur Spuren durchlassen, so dass man diese letzteren getrost als Nichtleiter betrachten darf.

Die besten Leiter sind die Metalle; nach diesen kommen Kohle und die Metalloxyde. Sehr viel schlechter leitet schon das Wasser, obwohl auch dieses noch den Leitern zuzuzählen ist. Nichtleiter dagegen sind z. B. Wolle, Seide, Glas und vor allem die Harze, Schellack, Guttapercha. Die Luft ist trocken ein Nichtleiter, feucht dagegen ein mehr oder weniger schlechter Leiter. Wenn wir daher einen elektrisirten Leiter in der Luft so aufhängen, dass er seine Elektrizität durch die Luft, nicht durch seine Aufhängung, welche also auch nichtleitend sein muss, verlieren kann, so wird er je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft seine Elektrizität schneller oder langsamer durch Ableitung verlieren.

Sehr häufig ist es nothwendig, den Elektrizitätsverlust von elektrisirten Körpern zu verhindern. Man umgibt sie zu diesem Zwecke von allen Seiten mit Stoffen, welche

möglichst gute Nichtleiter sind. Ein solcher Körper heisst isolirt. Die gute Isolation ist für die Anwendung der Elektricität von der grössten Wichtigkeit und darum wird auch in der Elektrotechnik hierauf die grösste Sorgfalt verwendet.

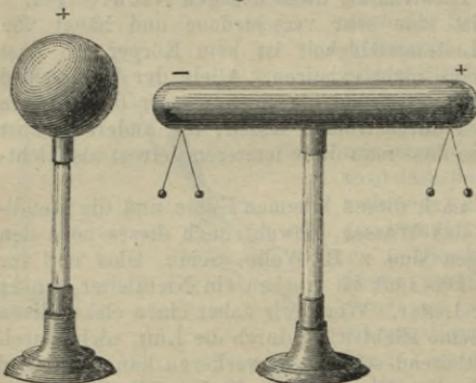
Nach dem, was wir soeben über Leiter und Nichtleiter gesagt haben, wird man leicht verstehen, warum die Metalle anscheinend nicht durch Reiben elektrisirt werden. Fasst man nämlich eine Metallstange mit der Hand und reibt sie mit der andern, so wird allerdings Elektricität erzeugt, aber diese wird wegen der grossen Leitungsfähigkeit der Metalle sofort in die Hand, welche die Stange hält und von dort aus durch den Körper zur Erde geleitet, so dass mit dem Reiben auch sofort der elektrische Zustand aufhört. Wenn wir nun aber die Berührung zwischen Hand und Metall verhindern und der Metallstange z. B. einen Handgriff von Glas geben, durch welchen die Stange isolirt wird, so vermögen wir das Metall ebensowohl wie jeden anderen Stoff durch Reiben elektrisch zu machen, so dass also die elektrische Erregung durch Reiben eine Eigenschaft aller Stoffe ist.

Was nun die Ausbreitung der Elektricität auf Leitern von verschiedener Form anbelangt, so haben vielfache Erfahrungen und Experimente das Resultat ergeben, dass sich die Elektricität nur dann vollkommen gleichförmig über den ganzen Leiter ausbreitet und vertheilt, wenn dieser Körper die Form einer Kugel besitzt; in jedem anderen Falle aber erfolgt die Vertheilung der Elektricität über die Oberfläche des Körpers in ungleichförmiger Art und zwar in der Weise, dass sie sich in grösster Menge an allen Hervorragungen des elektrisirten Körpers anhäuft. In dieser Art wirken auf die Vertheilung der Elektricität in ganz auffälliger Weise alle Kanten, Ecken und Spitzen ein und zwar desto energischer, je schärfer, beziehungsweise spitzer sie sind. Versieht man z. B. eine elektrische Kugel mit einer Spitze, etwa mit einer Nadel, so strömt augenblicklich die gesammte auf der Kugel befindliche Elektricität zur Spitze; infolge des Zusammenströmens der gesammten, früher auf die ganze Kugel vertheilten Elektricität auf den kleinen Raum der Spitze entsteht dann daselbst eine bedeutende Spannung der Elektricität, eine Spannung, die in kürzester Zeit so gross wird, dass die Elektricität trotz der schlechten Leitungsfähigkeit der die Spitze umgebenden Luft in diese überströmt und die Kugel hierdurch in kürzester Zeit ihrer ganzen Elektricität beraubt. Dieses Verhalten der Spitzen oder die Spitzenwirkung ist so bedeutend, dass man einen mit der Spitze versehenen Leiter gar nicht zu elektrisiren im Stande ist, wie viel Elektricität man ihm auch zuführen mag.

Die Spitzenwirkungen gewinnen noch an Interesse, wenn sie gleichzeitig mit Influenzerscheinungen auftreten; wir wollen daher auch diese näher kennen

lernen. Stellt man einer durch einen Glasfuss isolirten elektrischen Metallkugel einen ebensolchen, gleichfalls isolirten Cylinder gegenüber, wie dies Fig. 2 darstellt, so zeigt sich dieser Cylinder, und zwar ohne dass er vorher mit der Kugel in Berührung gekommen wäre, gleichfalls elektrisch, was man z. B. durch Anbringung leichter Doppelpendel (mit Hollundermarkkugeln) nachweisen kann; es werden dann nämlich in jedem Pendelpaare beide Hollundermarkkugeln gleichnamig elektrisch und stossen sich infolge dessen einander ab, wie dies die Figur zeigt. War der Kugel positive Elektricität mitgetheilt, so ergibt eine weitere Prüfung der elektrischen Ladung auf

Fig. 2.



den Cylinder, dass dieser negativ, also ungleichnamig elektrisch auf jenem Ende wird, welches der Kugel zugekehrt ist, hingegen positiv, also gleichnamig elektrisch auf dem abgewandten Ende.

Dieser durch Influenz oder Vertheilung hervorgerufene elektrische Zustand des Cylinders währt so lange, als die Kugel ihre elektrische Ladung behält und in der angegebenen Stellung zum Cylinder belassen wird. Letzterer wird aber sofort wieder unelektrisch, wenn die Kugel ihrer Elektrizität beraubt oder vom Cylinder entfernt wird. Die Wirkungsweise der elektrischen Kugel ist aber folgende: die Elektrizität der Kugel ruft auf dem Cylinder gleiche Mengen positiver und negativer Influenz-Elektrizität hervor und stösst die ihr gleichnamige Influenzelektrizität nach dem oben angegebenen Gesetze ab, d. h. drängt letztere in das von der Kugel entferntere Ende des Cylinders; die ungleichnamige Influenzelektrizität sammelt sich hingegen infolge der durch die Elektrizität der Kugel ausgeübten Anziehung in dem der Kugel zugekehrten Cylinderende an. Wird nun aber die Kugel ihrer Elektrizität beraubt oder die Kugel selbst vom Cylinder entfernt, so fällt nunmehr auch die anziehende, beziehungsweise abstossende Kraft weg, welche bisher die beiden Influenzelektrizitäten von einander getrennt erhalten hat. Nun wird sich jede der beiden Influenzelektrizitäten über den ganzen Cylinder zu verbreiten suchen und dieses Bestreben wird noch dadurch unterstützt, dass die beiden Influenzelektrizitäten ungleichnamige Elektrizitäten sind, sich also anziehen. Es tritt sonach eine derartige gleichförmige Vertheilung bei den Influenzelektrizitäten über den ganzen Cylinder ein, dass an jeder Stelle desselben eine ebenso grosse Menge positiver als negativer Influenzelektrizität vorhanden ist. Durch diese Vereinigung gleich starker aber ungleichnamiger Elektrizitäten wird ein Ausgleich herbeigeführt, derart, dass nach vollzogenem Ausgleiche der Cylinder unelektrisch erscheint. Sonach können wir als unelektrischen Zustand eines Körpers jenen Zustand bezeichnen, bei welchem dieser Körper gleiche Mengen ungleichnamiger Elektrizitäten besitzt. Nehmen wir diese Erklärung als richtig an, so stellt sich die ganze Influenz- oder Vertheilungswirkung als eine elektrische Anziehungs- beziehungsweise Abstossungs-erscheinung dar; die, z. B. positive (+) Elektrizität der Kugel trennt nämlich die im unelektrischen Zustande des Cylinders mit einander vereinigten Elektrizitäten räumlich in der oben angegebenen Weise von einander und erhält sie eben so lange von einander getrennt, so lange sie auf den Cylinder einwirkt.

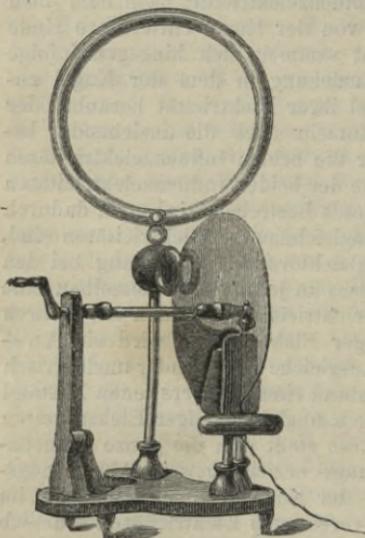
Diese Erklärung der Influenzwirkung deutet uns aber auch bereits den Weg an, welchen wir einzuschlagen haben, wenn wir den durch die Influenz hervorgerufenen Zustand des Cylinders dauernd, d. h. auch nach Entladung oder Beseitigung der influenzirenden Kugel erhalten wollen. Wir haben nämlich zu diesem Behufe offenbar nichts anderes zu thun, als dafür zu sorgen, dass die Wiedervereinigung der beiden ungleichnamigen Influenzelektrizitäten auf dem Cylinder verhindert wird. Ist letzterer so beschaffen, dass man ihn in zwei Hälften zerlegen kann, so wird dies genügen, um die eine Hälfte positiv, die andere Hälfte negativ elektrisch zu erhalten. Ist eine solche Theilung nicht ausführbar, so kann dem Cylinder dadurch eine elektrische Ladung erhalten werden, dass man ihm die eine der beiden Influenzelektrizitäten entzieht. Dies wird erreicht, indem man z. B. bei der durch Fig. 2 dargestellten Anordnung das der Kugel abgewandte Cylinderende mit der Hand berührt; dann fliesst die positive Influenzelektrizität durch die Hand und den Körper zur Erde ab, während die negative Influenzelektrizität durch die Anziehungskraft der positiven Elektrizität der Kugel auf dem Cylinder zurückgehalten wird.

Versieht man in Fig. 2 das positive Ende des Cylinders mit einer Spitze, so wird nach dem oben über die Spitzenwirkung Gesagten die positive Influenzelektrizität ausströmen müssen und der Cylinder bleibt gleichfalls negativ elektrisch geladen zurück. Bringt man die Spitze aber an dem der Kugel zugekehrten Ende des Cylinders an, dann strömt die negative Influenzelektrizität aus und der Cylinder bleibt positiv elektrisch geladen. In diesem Falle gelangt nun aber die durch die Spitze ausströmende negative Influenzelektrizität auf die positive elektrische Kugel. Hier muss sie sich nun offenbar mit einer gleich grossen Menge positiver Elektrizität ausgleichen. Da nun aber negative Influenzelektrizität ebensoviel erregt wird als positive, so verliert also in diesem Falle die influenzirende Kugel genau ebensoviel von ihrer positiven Ladung, als dann auf dem Cylinder vorhanden ist. Dies war, als man die

Influenzwirkungen noch ungenügend studirt hatte, die Veranlassung zu der Annahme einer Saugwirkung der Spitzen; man stellte sich eben vor, die Spitze habe positive Elektricität von der Kugel auf den Cylinder herübergesaugt.

Die Influenzwirkung und das Verhalten der Spitzen wurden zur Construction von Apparaten benützt, welche einerseits die Erregung und andererseits Aufspeicherung grösserer Elektricitätsmengen gestatten. In Bezug auf Erregungsapparate beschreiben wir hier die in Fig. 3 abgebildete Elektrisirmaschine.

Fig. 3.



Auf einer gläsernen Achse, welche durch eine Kurbel gedreht werden kann, sitzt eine Glasscheibe. An diese pressen sich unten zu beiden Seiten zwei Reibkissen aus Leder, an welche sich Flügel aus Wachstaffet schliessen, um die Elektricität, welche durch die Reibung der Glasscheibe an den Kissen erregt wird, nicht verloren gehen zu lassen. Auf demselben Brette mit dieser Vorrichtung steht, durch eine Glassäule isolirt aufgestellt, eine Metallkugel, der positive Conductor. Dieser trägt zwei parallele Ringe, welche zu beiden Seiten der Glasscheibe liegen und mit ihren gegen die Scheibe gekehrten Flächen mit Spitzen besetzt sind. Die durch die Reibung positiv elektrisirten Stellen der Glasscheibe gelangen bei fortgesetzter Drehung von den Reibkissen zwischen diese Ringe; hier wirkt die positive Elektricität der Scheibe influenzirend auf den Conductor, stösst die gleichnamige, also positive Influenzelektricität in die Messingkugel und bringt die ungleichnamige, also

negative Influenzelektricität, infolge der auf sie ausgeübten Anziehung durch die Metallspitzen zum Ausströmen. Diese negative Influenzelektricität gleicht sich mit der positiven Elektricität der Glasscheibe aus und letztere verlässt daher bei Fortsetzung der Drehung wieder unelektrisch den Raum zwischen beiden Ringen. Bei ununterbrochener Drehung der Scheibe spielt sich der angegebene Process natürlich gleichfalls

Fig. 4.

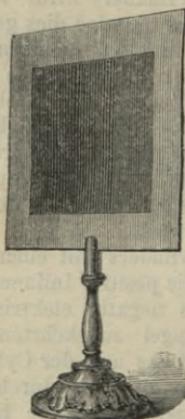
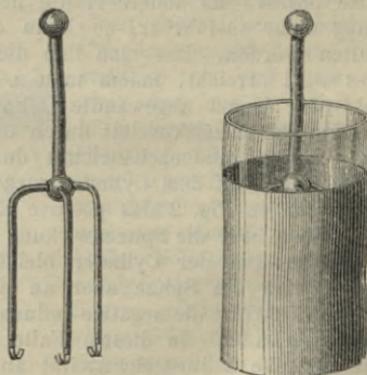


Fig. 5.



ununterbrochen ab. Hierbei werden die Reibkissen und der damit verbundene Messingcylinder (negative Conductor) negativ elektrisch. Der auf dem positiven Conductor aufgesetzte Holzring enthält im Innern eine Drahtspirale und verhält sich, wie zahlreiche

Experimente gezeigt haben, gerade so, wie eine Kugel von gleichem Durchmesser, d. h. also, der positive Conductor wird durch diesen Ring in den Stand gesetzt, eine ebenso grosse Menge von Electricität aufzuspeichern, als wenn eine Kugel von gleichem Radius vorhanden wäre.

Auf der Influenzwirkung beruhen auch die Ansammlungs-Apparate, welche in den Figuren 4 und 5 abgebildet sind.

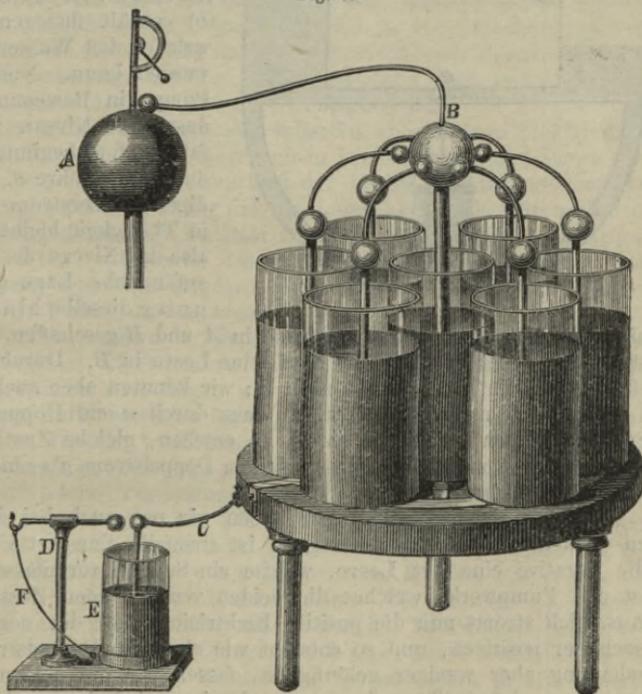
In Fig. 4 sehen wir eine viereckige Glastafel, welche auf beiden Seiten in der Mitte mit dünnen Zinnblättern, sogenanntem Stanniol, belegt ist. Der Rand bleibt einige Zoll breit frei, so dass die beiden Belegungen von einander isolirt sind. Verbindet man nun die eine Belegung mit der Elektrisirmaschine, die andere mit der Erde, so sammeln sich auf beiden Belegungen entgegengesetzte Electricitäten an. Die eine Belegung wird nämlich durch die Elektrisirmaschine direct geladen und diese Ladung wirkt auf die zur Erde abgeleitete zweite Belegung durch Influenz in der oben bei Besprechung der Influenzwirkung einer elektrischen Kugel auf einen zur Erde abgeleiteten Cylinder angegebenen Weise. Hebt man alsdann die Verbindungen mit der Elektrisirmaschine und mit der Erde auf und verbindet die beiden Belegungen leitend miteinander, so findet ein heftiger Ausgleich statt. Diese Vorrichtung heisst man Franklin'sche Tafel. Nur in der Form von ihr verschieden ist die Leydener Flasche, welche Fig. 5 darstellt. Ein cylindrisches Glasgefäss ist innen und aussen bis auf einige Centimeter vom Rande mit Stanniol beklebt. Zur inneren Belegung führt ein Draht, welcher oben in einer Kugel endigt. Zur Ladung der Flasche wird dieser Draht mit der Elektrisirmaschine, die äussere Belegung aber mit der Erde verbunden. Dergleichen Leydener Flaschen werden häufig zu mehreren mit einander vereinigt, indem man die inneren Belegungen unter sich und die äusseren unter sich verbindet. Eine solche Vereinigung heisst man Leydener- oder

Flaschenbatterie (Fig. 6). Die Wirkung solcher Leydener Flaschen und Batterien ist eine sehr kräftige. Der Ausgleich erfolgt mit starkem Funken, indem die Electricität bei Annäherung der Verbindung zu der anderen Belegung überspringt und bei ihrem Wege durch die

Luft diese bis auf Weissgluth erhitzt. Führt man den Ausgleich durch einen feinen Draht so wird dieser geschmolzen und unter starkem Knall in Dampf verwandelt, wenn die Ladung kräftig genug war. Papier, Holz, Glas werden von dem Funken durchbohrt, wenn die zu durchschlagende Schicht nicht zu stark war.

Diese Wirkungen des elektrischen Funkens zeigen uns aufs deutlichste die Identität desselben mit dem Blitze, der auch nichts anderes ist als ein elektrischer

Fig. 6.



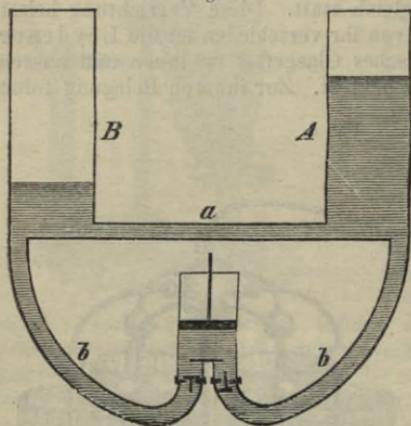
Funke in grösstem Maassstabe. Es ist wohl hinlänglich bekannt, dass die Entdeckung dieser Identität zur Construction des Blitzableiters geführt hat.

## 2. Der galvanische Strom.

Wir haben gesehen, dass zwei Elektricitätsmengen entgegengesetzter Art sich ausgleichen, wenn sie in leitende Verbindung miteinander gebracht werden. Denken wir uns nun an unserer Elektrisirmaschine das Reibzeug mit dem Conductor durch einen Draht verbunden und die Scheibe gedreht, so wird sich an der Reibungsstelle des Glases und des Reibzeugs positive und negative Elektricität entwickeln und in oben angegebener Weise den Conductor mit positiver Elektricität laden. Die negative Elektricität wird in das Reibzeug übergehen und von dort aus durch den Draht dem Conductor zuströmen, wo sie sich mit den positiven ausgleicht. Wird also die Scheibe gedreht, so findet durch den Verbindungsdraht ein fortwährender Ausgleich statt.

Wir wollen diesen Vorgang noch an einem Bilde erläutern, das wir in der Folge öfter gebrauchen werden. Denken wir uns (Fig. 7), zwei hohe Gefässe *A* und *B*, von denen jedes zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Diese Gefässe sind durch zwei Leitungen verbunden. Die eine (*a*) ist eine schlichte Röhre, die andere (*b*) enthält dagegen eine Druckpumpe, mit welcher das Wasser aus *B* nach *A* gepumpt werden kann. Nunmehr setzen wir unsere Pumpe in Bewegung. Die Folge wird sein, dass das Niveau in *A* steigt, in *B* aber fällt; sofort beginnt aber auch der Ausgleich durch die Röhre *a*, durch welche ein beständiger Wasserstrom geht, so lange die Pumpe in Thätigkeit bleibt. Durch die Pumpe wird also das Niveau des Wassers in *A* über seine anfängliche Lage gehoben, in *B* dagegen unter dieselbe hinabgedrückt. Es werden

Fig. 7.



also zwei entgegengesetzte Zustände in *A* und *B* geschaffen, welche sich auszugleichen streben, sozusagen eine Fülle in *A*, eine Leere in *B*. Durch die Verbindungsleitung *a* strömt nun die Fülle von *A* nach *B*; wir könnten aber auch sagen, dass zugleich die Leere von *B* nach *A* strömt, so dass durch *a* ein Doppelstrom geht. Die beiden Ströme bringen aber, wie sofort zu ersehen, gleiche Zustände hervor, nämlich ein Gefälle von *A* nach *B*, so dass wir den Doppelstrom als einen einzigen von *A* nach *B* gehenden ansehen können.

Ganz gleiche Verhältnisse haben wir uns auch bei der elektrischen Erregung zu denken. Die positive Erregung ist ebenfalls eine Art Fülle, welche einen Druck, die negative eine Art Leere, welche ein Saugen veranlasst. Die Elektrisirmaschine ist das Pumpwerk, welches die beiden verschiedenen Zustände hervorbringt. Beim Ausgleich strömt nun die positive Elektricität nach der negativen Seite, die negative nach der positiven, und so entsteht wie oben ein Doppelstrom. Weil uns diese Anschauung aber weniger geläufig ist, fassen wir die beiden Bewegungen in eine zusammen und betrachten den Strom als einen einfachen, welcher von der positiven zur negativen Seite geht. Dieser beständige, stromartige Ausgleich ist der elektrische Strom.

Zur Erzeugung der elektrischen Ströme ist nun die Elektrisirmaschine nicht geeignet, weil sie verhältnissmässig nur geringe Quantitäten Elektricität zu liefern im Stande ist. Wir bedienen uns daher zur Erzeugung derselben anderer Einrichtungen, von denen wir zuerst die galvanischen Batterien kurz beschreiben wollen.

Taucht man ein Kupfer- und ein Zinkstäbchen in verdünnte Schwefelsäure, ohne

dass erstere untereinander sich berühren, so wird in dem Kupferstäbchen positive, in dem Zinkstäbchen negative Elektrizität frei. Verbinden wir nun die aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden der Stäbchen, die sogenannten Pole, durch einen Draht miteinander, so tritt der Ausgleich ein. In beiden Stäbchen findet aber ein beständiger Nachschub von Elektrizität statt, so dass der Ausgleich ein beständiger ist, und ein anhaltender Elektrizitätsstrom durch den Draht geht. Eine solche Vorrichtung heisst man ein galvanisches Element und den Strom **galvanischen Strom**.

Zwischen diesem Elektrizitäts-Erzeugungs-Apparate und der Elektrisirmaschine ist aber ein bedeutender Unterschied, welcher uns auch sofort auffallen wird, wenn wir mit beiden Apparaten hantieren.

Mit der Elektrizität des positiven und negativen Conductors können wir leicht Funken von einiger Länge erzeugen, während dies bei den beiden Elektrizitäten des Kupfer- und Zinkstäbchens unmöglich ist. Die Elektrisirmaschine ist nämlich ein elektrisches Pumpwerk, welches verhältnissmässig nur wenig elektrische Flüssigkeit, aber unter scharfem Druck in den positiven Behälter presst. Da nun dieser Behälter trotz seines körperlichen Umfanges in Bezug auf Elektrizität ziemlich klein ist, so nimmt die Elektrizität hier bald einen hohen Druck, oder wie man sagt, eine hohe Spannung an. Anders dagegen das Pumpwerk, welches die beiden Metallstäbchen darstellt. Dieses kann zwar mit Leichtigkeit sehr viel grössere Massen Elektrizität, einige tausendmal mehr, in derselben Zeit in Bewegung setzen, aber der Druck, welchen es ausüben kann, ist auch einige zehntausendmal geringer. Wenn also die Stäbchen nicht verbunden sind, werden sie bald bis auf den Druck, welchen dieser Apparat leisten kann, gefüllt sein. Höheren Druck kann derselbe in den Stäbchen nicht erzielen, und so erreicht auch die Elektrizität nur eine verschwindende Spannung gegenüber der mit der Elektrisirmaschine erzielten. Hier ist diese hoch genug, um als Funke die Luftschicht zu durchbrechen, was dort unmöglich ist.

Die Elektrisirmaschine kann also einen sehr scharfen, aber dünnen Elektrizitätsstrahl erzeugen, das galvanische Element dagegen einen breiten, mächtigen Strom, der langsam dahinfliesst. Hierin beruht der Unterschied der beiden Elektrizitätserzeuger, und man unterscheidet demgemäss auch häufig die von ihnen hervorgebrachten Elektrizitäten. Man heisst die hochgespannte Elektrizität der Elektrisirmaschine Reibungs- oder Spannungselektrizität, die durch das galvanische Element erzeugte, von niederem Druck und grosser Quantität dagegen galvanische oder Volta-Elektrizität, nach den Entdeckern, Volta und Galvani.

Es ist daher nur der Unterschied in der Spannung und in der Menge der von beiden Vorrichtungen erzeugten Elektrizitäten, welches den Unterschied zwischen Galvanismus und Reibungselektrizität bedingt, was hier ausdrücklich bemerkt werden soll, um nicht die Meinung aufkommen zu lassen, als seien Reibungselektrizität und Galvanismus von einander in der Art verschieden.

Man kann nun, um kräftige Ströme zu erhalten, mehrere Elemente miteinander verbinden und heisst eine solche Vereinigung eine galvanische Batterie. Bei dieser Verbindung können wir entweder alle Zinke miteinander und alle Kupfer miteinander verbinden oder das erste Zink mit dem zweiten Kupfer, das zweite Zink mit dem dritten Kupfer etc., so dass hier am ersten Element ein Kupfer, am letzten ein Zink frei bleibt. Welcher Unterschied wird dabei sein? Wir wollen zu unseren Pumpwerken zurückkehren, um dies zu erläutern. Wenn ich 10 Pumpen habe, von denen jede, sagen wir, in der Minute einen Cubikmeter Wasser einen Meter hoch hebt, so können wir zunächst alle 10 Pumpen Wasser aus einem Gefäss in ein anderes Gefäss pumpen lassen, alsdann heben die 10 Pumpen zehnmal soviel Wasser auf dieselbe Höhe, wie eine Pumpe, oder 10 Cubikmeter Wasser auf ein Meter. Wir können aber auch anders verfahren. Wir lassen das Wasser, welches die erste Pumpe gehoben hat, von der zweiten Pumpe weiter heben, darauf von der dritten noch höher u. s. w. Alsdann wird dasselbe Cubikmeter Wasser alle Pumpen durchlaufen und, da jede es um ein Meter hoch hebt, wird also hier ein Cubikmeter Wasser 10 Meter hoch gehoben.

Im ersten Falle können wir uns vorstellen, dass alle Saugröhren miteinander und alle Abflussröhren miteinander verbunden sind; im zweiten Falle dagegen ist die

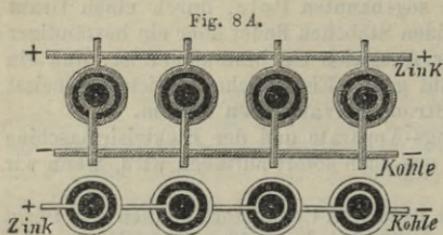


Fig. 8 B.

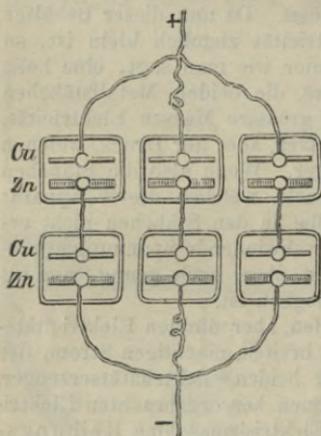
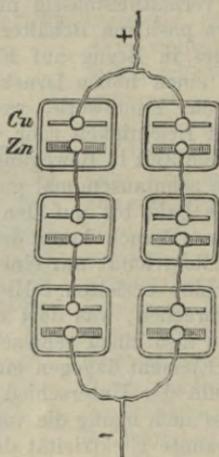


Fig. 8 B.



Spannung oder Serien- (Hintereinander-) Schaltung. Welche von den beiden Verbindungsarten, die in Fig. 8 A dargestellt sind, die zweckmässigere ist, richtet sich, wie wir später sehen werden, nach den Umständen. Zu erwähnen sei hier noch, dass auch gemischte Verbindungen oder Schaltungen vorkommen können, wie sie in Fig. 8 B zu finden sind.

### 3. Spannung, Widerstand und Stromstärke.

Wir wollen nun auf einige Eigenthümlichkeiten des galvanischen Stromes eingehen, welche die Wirkungsfähigkeit des Stromes bestimmen und darum in der Elektrotechnik eine grosse Rolle spielen.

Wir haben gesehen, dass sich an den Polen der galvanischen Elemente und Batterien positive und negative Elektricität ansammelt. Je dichter diese Anhäufung ist, umso grösser wird die „Spannungsdifferenz“\*) zwischen den beiden Polen sein. Verbinden wir nun die beiden Pole durch einen Draht, so wird ein beständiger Ausgleich erfolgen. Hierbei wird die Dichtigkeit der Elektricitäten an den beiden Polen abnehmen, aber nie ganz verschwinden. Wenn wir nun den Zustand des Ver-

\*) Der Ausgleich zwischen zwei Elektricitätsmengen ist umso heftiger, je grösser der Unterschied ihrer Dichtigkeit ist, wenn beide Elektricitätsmengen von derselben Art, oder je grösser die Summe der beiden Dichtigkeiten, wenn beide Mengen von verschiedener Art sind. Dieser Unterschied der Dichtigkeiten gleicher oder die Summe der Dichtigkeiten ungleicher Elektricitäten heisst Spannungsdifferenz oder elektromotorische Kraft.

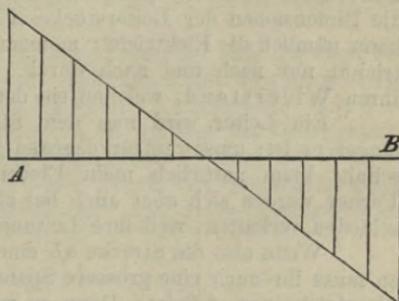
erste Abflussröhre mit der zweiten Saugröhre, die zweite Abflussröhre mit der dritten Saugröhre u. s. w. verbunden, während die erste Saug- und die letzte Abflussröhre frei bleiben.

Ganz Aehnliches erhalten wir bei der Verbindung der galvanischen Elemente. Verbinden wir alle Zinke miteinander und alle Kupfer miteinander, so geben 10 Elemente eine zehnmal grössere Quantität Elektricität; zwischen dem Zink und dem Kupfer ist aber keine grössere Spannung als bei einem Elemente. Diese Verbindungsweise heisst darum die auf Quantität oder Parallelschaltung.

Verbinden wir aber die Elemente, indem wir das Kupfer des einen mit dem nächsten Zink verbinden, so wird nicht die geförderte Menge Elektricität dadurch grösser, als bei einem Elemente, wohl aber die Spannung zwischen dem ersten Zink und letztem Kupfer, so dass 10 Elemente, in dieser Weise verbunden, eine zehnmal höhere Spannung haben, als ein Element. Diese Verbindungsart heisst die auf

bindungsdrahtes seiner ganzen Länge nach untersuchen, wozu allerdings besondere und empfindliche Messinstrumente gehören, so finden wir, dass auf dem ganzen Drahte Elektrizität ausgebreitet ist, aber nicht überall von gleicher Dichte und gleicher Art. Ungefähr in der Mitte wird ein Punkt sein, in welchem keine Elektrizität wahrzunehmen ist; von diesem Punkte aus nach dem positiven Pole finden wir den Draht positiv elektrisch, und die Dichtigkeit dieser positiven Elektrizität nimmt zu, je näher wir dem positiven Pole kommen. Auf der anderen Hälfte des Drahtes liegt in gleicher Weise negative Elektrizität, deren Dichtigkeit nach dem negativen Pole hin steigt. Wir können dieses Verhalten folgendermaassen zur Anschauung bringen. Sei Fig. 9  $AB$  der Verbindungsdraht,  $A$  der positive,  $B$  der negative Pol. Den elektrischen Zustand jedes Drahtpunktes bezeichnen wir nun so, dass wir in dem Punkte eine senkrechte Linie auf  $AB$  errichten. Je grösser die Dichtigkeit ist, desto länger machen wir die Linie, so dass ihre Länge uns den Grad der Dichtigkeit darstellt. Ist ferner der Punkt positiv elektrisch, so ziehen wir die Linie nach oben, ist er negativ, nach unten. Die Verbindung dieser Linien wird alsdann eine Linie geben, welche bei  $A$  am höchsten ist und von hier aus sich absenkt. Sie schneidet  $AB$  in der Mitte und erreicht bei  $B$  ihren tiefsten Punkt, indem sie unaufhörlich abfällt.

Fig. 9.



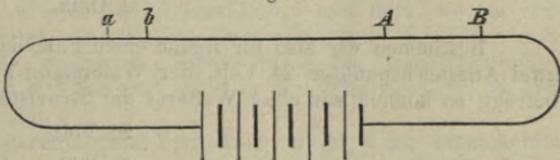
Aus diesem Bilde sehen wir aber sofort, dass nicht nur zwischen dem positiven und negativen Pole Spannungsdifferenz herrscht, sondern auch zwischen je zwei Punkten der positiven und negativen Seite. Aber mehr noch, auch zwischen zwei Punkten derselben Seite wird Spannungsdifferenz sein, da ihre Dichtigkeiten verschieden sind.

Bei jeder Dichtigkeitsverschiedenheit wird aber ein Ausgleich stattfinden. Diesen Ausgleich hatten wir uns nun so vorgestellt, dass ein Strom von Elektrizität von dem positiven nach dem negativen Pole geht. Bei diesem Strome muss nun durch jeden Querschnitt des verbindenden Leiters dieselbe Menge Elektrizität in der Zeiteinheit z. B. in der Secunde gehen. Wäre dies nicht der Fall, ging etwa durch den Querschnitt  $A$  mehr Elektrizität als durch den weiter unten liegenden  $a$ , so müsste sich die durch  $A$  strömende Elektrizität irgendwo zwischen  $A$  und  $a$  anstauen, weil von ihr ja nur ein Theil durch  $a$  gehen soll. Alsdann würde aber die Spannung an diesem Punkte sofort anwachsen, und dies würde zur Folge haben, dass durch  $A$  weniger Elektrizität fließen könnte, durch  $a$  aber ein stärkerer Abfluss stattfinden müsste. Die Folge hiervon wäre, dass die beiden Querschnitte bald wieder gleich viel Elektrizität durchliessen, und die Anstauung verschwände.

Die Menge der einen Querschnitt des Leiters pro Zeiteinheit passirenden Elektrizität gibt das Maass der Stromstärke oder Intensität ab. Diese Intensität ist also für alle Querschnitte des Leiters gleich. Ist der Leiter nicht ein einziger Draht, sondern besteht er aus mehreren Zweigen, so vertheilt sich die Stromstärke auf die einzelnen Zweige; die Summe bleibt aber stets die gleiche.

Wenn wir nun an zwei Punkten  $A$  und  $B$  (Eig. 10) eines Stromkreises die Spannungen bestimmen, so werden wir finden, dass sich die Spannungsdifferenz ändert, wenn sich die Stromstärke ändert, für deren Messung wir nachher Instrumente kennen lernen werden (S. 23). Je grösser die Stromstärke ist, desto grösser ist die Spannungsdifferenz. Die Intensität hängt also ab von der Spannungsdifferenz.

Fig. 10.



Die Elektricität. 4. Aufl.

Wenn wir nun aber ausser  $AB$  noch zwei andere Punkte des Stromkreises auf ihre Spannungsdifferenz prüfen, so werden wir im Allgemeinen finden, dass die Spannungsdifferenzen zwischen  $A$  und  $B$  einerseits und  $a$  und  $b$  andererseits nicht gleich sind. Widerspricht das nicht dem eben Gesagten? Die Stromstärke soll doch in dem Theile  $AB$  ebenso gross wie in  $ab$  sein, folglich müsste auch die Spannungsdifferenz gleich sein. Und dennoch ist das nicht der Fall. Dies kommt daher, dass die Intensität nicht allein von der Spannungsdifferenz abhängt. Vielmehr sind hier die Natur und die Dimensionen der Leiterstücke  $AB$  und  $ab$  mitbestimmend. Durch keinen Leiter kann nämlich die Elektricität momentan strömen, sondern die Leiter lassen die Elektricität nur nach und nach durch. Dieses Verhalten der Leiter bezeichnet man als ihren Widerstand, welchen sie dem elektrischen Strome entgegensetzen.

Ein Leiter wird nun dem Strome umso mehr Widerstand entgegensetzen, je länger er ist; umso weniger dagegen je dicker er ist, denn durch einen grossen Querschnitt kann natürlich mehr Elektricität hindurchfliessen als durch einen kleinen. Ferner werden sich aber auch bei gleichen Dimensionen die verschiedenen Stoffe verschieden verhalten, weil ihre Leitungsfähigkeit eine sehr verschiedene ist.

Wenn also die Strecke  $ab$  einen grösseren Widerstand hat, als die Strecke  $AB$ , so muss ihr auch eine grössere Spannungsdifferenz zukommen, damit ihre Stromstärke die gleiche von  $AB$  ist. Denn es muss der grössere Widerstand durch die grössere Spannungsdifferenz bewältigt werden, indem diese die Stromstärke verstärkt, welche durch den grösseren Widerstand vermindert wird. Es wird daher auch zwischen den Widerständen und den Spannungsdifferenzen ein gewisses Gleichgewicht herrschen. Das Ohm'sche Gesetz gibt uns darüber klare Auskunft.

Dieses Ohm'sche Gesetz zeigt uns die einfache Beziehung zwischen den drei Grössen: Spannungsdifferenz oder elektro-motorische Kraft, Stromstärke oder Intensität und Widerstand. Wir drücken es durch folgende einfache Formel aus:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Elektro-motorische Kraft}}{\text{Widerstand.}}$$

Wir sehen also, dass die Stromstärke mit der Spannungsdifferenz wächst, mit dem Widerstande abnimmt; bei gleichem Widerstande wird also die doppelte elektro-motorische Kraft die doppelte Stromstärke bewirken, bei gleicher elektro-motorischer Kraft der doppelte Widerstand aber die halbe Stromstärke.

Dieses Ohm'sche Gesetz ist von der grössten Wichtigkeit, weil die drei in ihm verbundenen Grössen für alle elektrischen Erscheinungen maassgebend sind, und die Elektrotechnik darum immer auf sie Rücksicht nehmen muss.

Um diese Grössen in bestimmten Einheiten ausdrücken zu können, hat man neuerdings solche Einheiten festgestellt und nach berühmten Physikern benannt. Für die Quantität der Elektricität nimmt man als Einheit ein Coulomb; wenn ein Coulomb in einer Secunde durch den Querschnitt des Leiters fliesst, so entsteht ein Strom, der die Stromstärke 1 Ampère hat. Für die elektro-motorische Kraft hat man als Einheit das Volt und für die Einheit des Widerstandes das Ohm angenommen. Der Zusammenhang dieser Einheiten ist

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

Bestimmen wir also für irgend einen Fall, dass die Spannungsdifferenz zwischen zwei Ausgleichspunkten 24 Volt, der Widerstand zwischen denselben dagegen 8 Ohm beträgt, so können wir ohne Weiteres die Stromstärke finden; dieselbe muss sein:

$$\frac{24 \text{ Volt}}{8 \text{ Ohm}}$$

also gleich 3 Ampère. In gleicher Weise können wir aber auch die Spannung finden, wenn wir Stromstärke und Widerstand kennen, da

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

ist. Oder gleicherweise aus Spannung und Stromstärke den Widerstand, weil

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

Für den Widerstand hatte man früher ein anderes Maass, die Siemens-Einheit benutzt. Diese ist der Widerstand, welchen eine Quecksilbersäule von einem Meter Länge und einem Quadrat-Millimeter Querschnitt bietet. Das Ohm ist um etwa 6 Per-cent grösser als die Siemens-Einheit.

Es ist, um das Folgende zu verstehen, absolut nothwendig, sich die eben besprochenen Verhältnisse vollkommen klar zu machen. Man kann sich dies erleichtern, indem man auf unser Bild vom Wasserstrom und der Pumpe zurückgreift. Was dort der durch den Niveau-Unterschied erzeugte Wasserdruck ist, ist hier der Dichtigkeits-unterschied oder die elektro-motorische Kraft. Die Stromstärke ist dort die Wassermenge, hier die Elektrizitätsmenge, die in der Sekunde durch den Querschnitt geht. Und endlich den Widerstand möge man sich durch enge und weite Leitungsröhren verständlich machen.

#### 4. Die Wirkungen des galvanischen Stromes.

Nach dem Gesetze von der Verwandtschaft der Kräfte sind Wärme, Licht, mechanische Kraft, Elektrizität, chemische Kraft und Magnetismus nur verschiedene Formen Eines und desselben, nicht aber durchaus von einander unterschieden. Aus jeder dieser Formen kann unter bestimmten Umständen jede andere erzeugt werden. Daher können wir auch mittelst Elektrizität Wärme und Licht, Bewegung, chemische Kraft und Magnetismus erzeugen. Von vorneherein können wir aber einen Hauptunterschied machen. Wärme, Licht und chemische Kraft werden nämlich von dem Strome **im** Stromkreise erzeugt, Bewegung und Magnetismus **ausserhalb** desselben.

##### A. Wirkungen des Stromes im Stromkreise.

An jeder Stelle des Stromkreises entwickelt der Strom Wärme und, falls der Leiter ein flüssiger und zersetzbarer ist, neben der Wärme auch chemische Kraft, indem er den Leiter zersetzt.

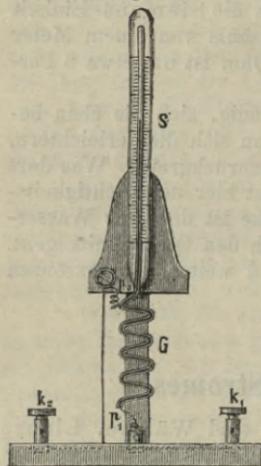
In festen Leitern wird dagegen nur Wärme entwickelt und umso mehr je grösser die Stromstärke und der Widerstand ist. Es wird in dem doppelten, dreifachen Widerstande die doppelte, dreifache Wärmemenge, bei der doppelten, dreifachen Stromstärke aber die vierfache, neunfache Wärmemenge entwickelt. Dieses Gesetz gilt für jedes einzelne Stück des Leiters; in jedem wird eine Wärmemenge erzeugt, welche seinem Widerstande und dem Quadrate\* der Stromstärke verhältnissmässig gleich ist. Wir können diese Erscheinung und das eben ausgesprochene, nach dem englischen Physiker Joule benannte Gesetz an dem beistehend abgebildeten Instrumente (Fig. 11) zeigen. Dasselbe ist ein Thermometer, dessen Quecksilbergefäss nicht eine Kugel, sondern eine mehrfache gebogene Röhre ist. An dem Ende dieser Röhre und dort, wo sie sich mit dem graduirten Theile verbindet, sind Drähte eingeschmolzen. Verbindet man diese mit den Polen einer Batterie, so geht der Strom durch das Quecksilbergefäss, das Quecksilber erhitzt sich, dehnt sich aus und steigt in dem Thermometer, so dass dieses die Erwärmung sichtbar macht.

Ist nun das Volumen des Leiterstückes im Verhältniss zu der in ihm entwickelten Wärmemenge klein, so wird die Temperatur eine sehr hohe werden, weil diese ja davon abhängt, wie viel Wärmemenge in einem Raume zusammengedrängt ist. Lassen

\*) Quadrat einer Zahl ist die Zahl mit sich selbst multiplicirt. Das Quadrat von 16 ist also:  $16 \times 16 = 256$ .

wir daher das Leiterstück aus einem dünnen Drahte bestehen, der wegen seines kleinen Querschnittes einen verhältnissmässig grossen Widerstand hat, so wird sich hier auf engem Raume viel Wärme und deshalb eine hohe Temperatur entwickeln, und unser Draht wird glühend heiss werden, und wenn die Stromstärke gross genug ist, auch schmelzen.

Fig. 11.

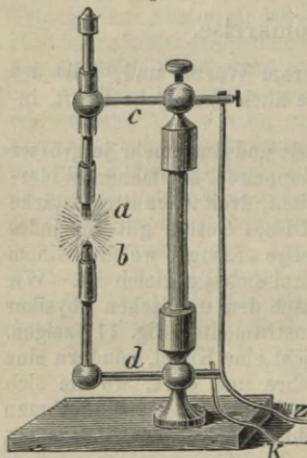


Sehr viel grössere Wärme-Entwicklung und höhere Temperatur erhalten wir im Volta'schen Lichtbogen. Nähert man, Fig. 12, zwei zugespitzte Stäbe *a* und *b* aus Kohle, wie sie zu Bunsen'schen Elementen verwendet wird, mit ihren Spitzen einander, nachdem vorher der Stab *a* durch *cz* mit dem einen, *b* über *dk* mit dem zweiten Pole einer kräftigen Batterie verbunden worden ist, so werden die Spitzen bei der Berührung glühend. Entfernt man sie alsdann von einander, so wird der Strom nicht unterbrochen, sondern geht von der einen Spitze zur andern über. Dabei werden die Spitzen und die dazwischen liegenden Luftschichten weissglühend und strahlen ein intensives Licht aus. Zugleich werden von dem positiven Pole Kohlentheilchen abgerissen und auf die negative Kohlenspitze übertragen. Hierbei bildet sich ein Flammenbogen, welcher von der einen Spitze zur anderen übergeht. Die Kohlenspitzen werden dabei langsam aufgezehrt, und zwar die positive, welche auch weit stärker erhitzt wird, in höherem Grade als

die negative. Durch dieses Verzehren wird der Zwischenraum zwischen den Spitzen allmählig grösser, es vermag der galvanische Strom den grösser und grösser gewordenen Widerstand nicht mehr zu überwinden, und der Flammenbogen erlischt.

Um diesem Uebelstande abzuwehren, hat man Vorrichtungen erdacht, welche die Kohlenspitzen nach Bedarf wieder einander nähern, wie dies der Abschnitt über das elektrische Licht zeigen wird.

Fig. 12.



Da der Widerstand zwischen den beiden Kohlenspitzen im Lichtbogen ziemlich bedeutend, das Volumen desselben aber gering ist, so können wir leicht verstehen, dass sich hier eine ganz ausserordentliche Temperatur entwickeln muss, da verhältnissmässig sehr viel Wärme in einem kleinen Raume erzeugt wird. In der That erhalten wir auch im elektrischen Flammenbogen Temperaturen, wie wir sie durch andere Prozesse nie hätten erzeugen können. Und ebenso ist das ausgestrahlte Licht der weissglühenden Kohlentheilchen ein so intensives, wie es vorher auch nicht annähernd erreicht wurde.

Der ausserordentliche Hitzegrad des Volta'schen Lichtbogens muss naturgemäss die Idee anregen, ihn zur Schmelzung schwer schmelzbarer Substanzen zu benützen. Diesem Gedanken folgend, hat William Siemens bereits vor längerer Zeit einen Schmelzofen für Stahl construirt; in neuerer Zeit wurde das Schweiessen von Stahl und Eisen sowie das Verbinden verschiedener Metalle unter einander mit Hilfe des Volta'schen Bogens

zu einer nennenswerthen Ausbildung und praktischen Anwendung gebracht.

Ist der Leiter, welchen der Strom passirt, flüssig und zersetzbar, so wird der Strom eine Zersetzung bewirken.

Das einfachste Beispiel hierfür haben wir in der Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom. Durchsetzt nämlich der Strom eine Wasserschicht, so zerlegt er dabei das Wasser in seine Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff.

Um diese Erscheinung nachzuweisen, bedienen wir uns des nebenstehend ab-

gebildeten Apparates (Fig. 13). Hier ragen die Platinbleche *pp* in oben durch die Hähne *BB* verschlossene Röhren hinein, welche mit Wasser gefüllt werden können und in das mit Wasser gefüllte Gefäß *A* tauchen. Von den Platinblechen führen Drähte zu den Klemmen *KK*, die mit den Polen einer Batterie in Verbindung gesetzt werden. Ist dies geschehen, so sieht man sofort von beiden Platinblechen Gasblasen aufsteigen. Wir werden auch alsbald bemerken, dass sich an dem Platinbleche, welches mit dem negativen Pole der Batterie verbunden ist, doppelt soviel Gas entwickelt, als an dem Platinbleche des positiven Poles. Untersuchen wir die Gase näher, so finden wir, dass das Gas am negativen Pole Wasserstoff, dasjenige des positiven Poles aber Sauerstoff ist. Die beiden Gase, aus welchen das Wasser besteht, entwickeln sich also getrennt.

Hätten wir statt der Platinbleche solche von Kupfer etc. genommen, so würde die Gasentwicklung am negativen Pole dieselbe gewesen sein. Am positiven Pole aber, wo sich Sauerstoff entwickelt, wäre entweder gar keine oder nur geringe Gasentwicklung zu bemerken gewesen, dagegen hätte sich das Kupfer bald mit grünem Oxyd bedeckt. Der entstehende Sauerstoff hätte nämlich sofort das metallische Kupfer angegriffen und sich mit ihm vereinigt. Dies ist bei dem Platin nicht möglich, weil dasselbe unter diesen Umständen keine Verbindung mit Sauerstoff eingeht.

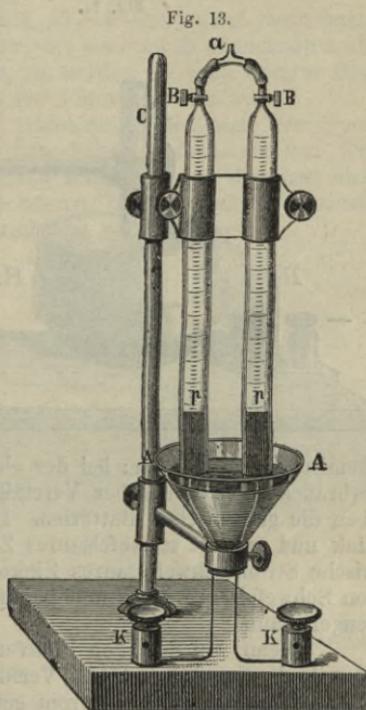
Die Menge der in der Zeiteinheit, z. B. in der Minute oder Stunde, entwickelten Gasmenge ist der Stromstärke des zersetzenden Stromes verhältnissmässig gleich, so dass also der doppelt, dreimal so starke Strom auch die doppelte, dreifache Gasmenge in der Minute liefert. Diesen Umstand können wir benützen, um die Stromstärke eines Stromes zu bestimmen. Wir brauchen zu diesem Zwecke bloss das entwickelte Gas in einer graduirten Röhre aufzusammeln und zu messen. Wenn wir nun wissen, wie viel ein Ampère Stromstärke an Gas in der Minute entwickelt, können wir leicht die Stromstärke aus der Menge des erhaltenen Gases bestimmen.

Wir wollen aber gleich hier hinzufügen, dass wir weit bessere Mittel besitzen, um Stromstärken zu bestimmen und zu vergleichen. Wir werden dieselben in einem späteren Abschnitte kennen lernen.

Eine Zersetzung anderer Art erhalten wir, wenn wir den Strom durch die Auflösung eines Metallsalzes gehen lassen. Ein Metallsalz ist die Verbindung einer Säure (Schwefelsäure, Salpetersäure etc. etc.) mit einem Metalloxyd; Metalloxyd ist die Verbindung eines Metalles mit Sauerstoff.

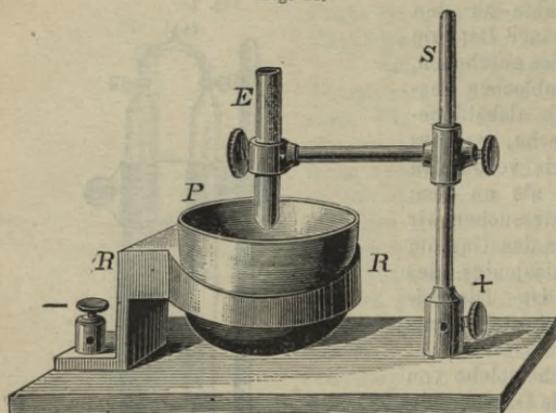
Diese Zersetzung können wir mittelst des Apparates Fig. 14 deutlich zeigen. In dem Metallring *R* liegt die kupferne Schale *P*. In dieselbe kann der kupferne Stab *E*, der durch das metallene Stativ *S* gehalten wird, eingesenkt werden, bis er den Boden nahezu berührt. Wir füllen nunmehr die Schale mit einer Lösung von Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd), verbinden die Schale mit dem negativen, das Stativ mit dem positiven Pole einer Batterie. Der Strom wird alsdann von der Stange *E* durch die Flüssigkeit zur Schale *P* gehen. Hierbei zersetzt er das Kupfervitriol und scheidet am negativen Pole, an der Schale *P*, Kupfer ab, welches sich an der Wandung der Schale ansetzt. Am positiven Pole werden der Sauerstoff des Oxydes und die Schwefelsäure abgeschieden. Der Sauerstoff greift sofort das Kupfer des Stabes *E* an und

Fig. 13.



bildet Kupferoxyd, welches sich mit der freien Schwefelsäure zu schwefelsaurem Kupferoxyd vereinigt. An der Stelle des zersetzten Kupfervitrioles wird aber neues Kupfervitriol gebildet. Dieser Process geht ununterbrochen weiter, so lange der Strom dauert und der Stab *E* noch nicht aufgezehrt ist.

Fig. 14.



Ganz gleiche Erscheinungen erhalten wir, wenn wir statt des Kupfervitriols ein anderes Metallsalz nehmen; doch ist hierbei zu beachten, dass die Menge Metall, welche bei derselben Stromstärke pro Zeiteinheit niedergeschlagen wird, für die verschiedenen Metalle verschieden ist.

Die chemische Wirkung des Stromes, welche man mit dem Namen Elektrolyse bezeichnet, stellt die umgekehrte Erscheinung zur Elektricitäts-erregung durch

chemische Prozesse dar: bei der elektrolytischen Trennung der Stoffe wird Elektricität verbraucht; bei chemischer Vereinigung wird Elektricität erzeugt und darauf basiren eben die galvanischen Batterien. In diesen vereinigt sich die Schwefelsäure mit dem Zink und erzeugt schwefelsaures Zinkoxyd. Wir sehen also, dass einerseits der elektrische Strom schwefelsaures Zinkoxyd zersetzen oder andererseits die Vereinigung von Schwefelsäure Zink und Sauerstoff zu schwefelsaurem Zinkoxyd Elektricität erzeugen kann.

Wenn wir nun den Zinkverbrauch in einer galvanischen Batterie auf das Genaueste bestimmen und alle Verluste an Elektricität vermeiden könnten, so würden wir finden, dass derselbe Strom ebensoviel Zink aus einer Lösung von schwefelsaurem Zink niederschlägt, als er in der Batterie verbraucht. In Wirklichkeit werden wir weniger erhalten, weil ein Theil des erzeugten Stromes durch den Widerstand in Wärme verwandelt wird, also für die Zersetzung verloren geht. Ziehen wir aber auch diesen in Rechnung, so erhalten wir den Satz: dass der Strom ebensoviel Zink niederschlägt, als er selbst zur Erzeugung verbraucht.

## B. Die Wirkungen des Stromes ausserhalb des Stromkreises.

### Die Wirkung des Stromes auf die Magnetnadel.

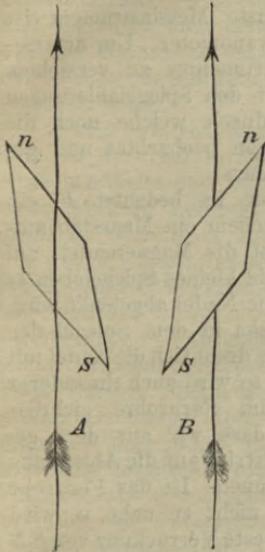
Als die Physiker anfangen, sich mit der Elektricität zu beschäftigen, fielen ihnen bald die mannigfachen Beziehungen zwischen Elektricität und Magnetismus auf, und man war eifrig bestrebt, der vermutheten Verwandtschaft zwischen beiden auf den Grund zu kommen. Es gelang dies endlich im Jahre 1820 dem dänischen Physiker Oersted durch seine Entdeckung der Nadelablenkung durch den galvanischen Strom.

Er stellte den Versuch an, indem er den Strom durch einen Draht über die Nadel hin leitete. Kaum war der Strom geschlossen, als die Nadel auch von ihrer Lage abgelenkt wurde. Führte er den Strom unter der Nadel hin, so wurde sie nach der entgegengesetzten Seite abgelenkt. Wechselte er die Richtung des Stromes, so trat auch ein Wechsel in der Richtung der Ablenkung ein. Diese Entdeckung erregte grosses Aufsehen in der wissenschaftlichen Welt und wurde alsbald der Gegenstand des eifrigsten Studiums.

Um die Richtung der Ablenkung jederzeit leicht bestimmen zu können, hat Ampère die Regel gegeben:

Man denke sich eine menschliche Figur mit dem Strome, den Kopf nach vorne schwimmend, und das Gesicht der Nadel zugewendet; alsdann wird der Nordpol nach links abgelenkt werden.

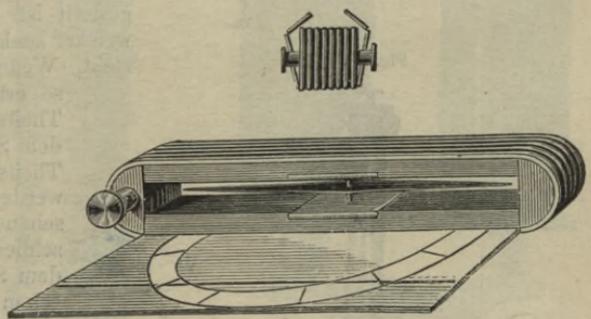
Fig. 15.



Wenn daher in Fig. 15 bei dem mit *A* bezeichneten Schema die Nadeln unter, bei dem mit *B* bezeichneten aber über dem Strome liegen, so werden sie nach unserer Regel so abgelenkt, wie es in der Figur zu sehen ist.

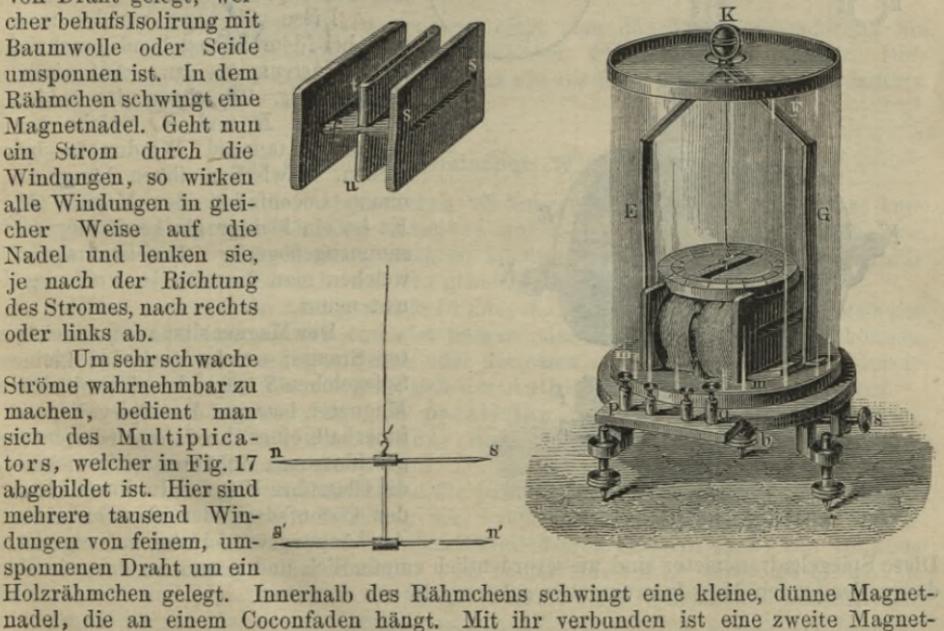
Die Grösse der Ablenkung wird von der Stromstärke abhängen; und umgekehrt können wir von jener Grösse auf die Stromstärke schliessen, so dass uns hierin ein bequemes Mittel geboten ist, die Stromstärke zu messen und zugleich die Stromrichtung zu ermitteln.

Fig. 16.



Ein sehr einfaches derartiges Instrument, Galvanoskop genannt, das allerdings nur zu einer rohen Messung tauglich ist, stellt Fig. 16 dar. Um ein Holzrähmchen sind einige Windungen von Draht gelegt, welcher behufs Isolirung mit Baumwolle oder Seide umspunnen ist. In dem Rähmchen schwingt eine Magnetnadel. Geht nun ein Strom durch die Windungen, so wirken alle Windungen in gleicher Weise auf die Nadel und lenken sie, je nach der Richtung des Stromes, nach rechts oder links ab.

Fig. 17.



Um sehr schwache Ströme wahrnehmbar zu machen, bedient man sich des Multiplifiers, welcher in Fig. 17 abgebildet ist. Hier sind mehrere tausend Windungen von feinem, umspunnenen Draht um ein Holzrähmchen gelegt. Innerhalb des Rähmchens schwingt eine kleine, dünne Magnetnadel, die an einem Coconfaden hängt. Mit ihr verbunden ist eine zweite Magnet-

nadel, welche über den Windungen sich bewegt und die Ablenkung sichtbar macht. Die Anordnung der beiden Magnetnadeln ist so, dass die obere Magnetnadel von dem

Fig. 18.

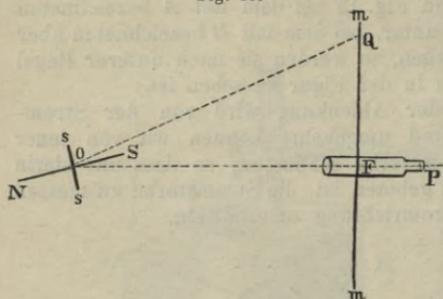
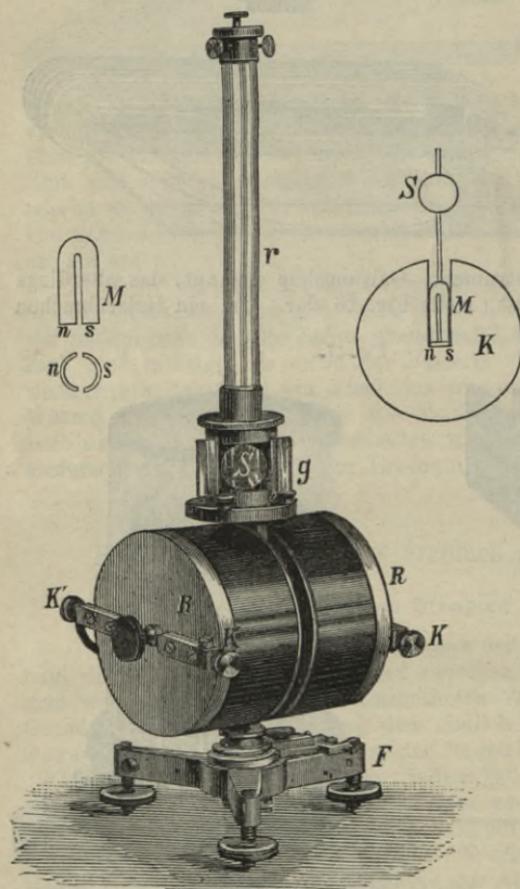


Fig. 19.



Diese Spiegelgalvanometer sind ausserordentlich empfindlich und genau, so dass sie zu den vollendetsten Mess-Instrumenten gehören, die wir kennen.

Strom im gleichen Sinne mit der unteren abgelenkt wird, beider Bewegungen also einander unterstützen.

Das allerfeinste Messinstrument ist aber das Spiegelgalvanometer. Um den Gebrauch dieses Instrumentes zu verstehen, müssen wir uns mit den Spiegelablesungen bekannt machen, durch welche noch die kleinsten Ablenkungen beobachtet und gemessen werden können.

In der Figur 18 bedeutet  $F$  ein Fernrohr, über welchem ein Maasstab aufgestellt ist.  $NS$  ist die Magnetnadel, auf welcher senkrecht ein kleines Spiegelchen  $ss$  steht. Wenn nun die Nadel abgelenkt wird, so erblickt man in dem Spiegel den Theilstrich  $Q$ ; dreht sich die Nadel mit dem Spiegel, so wird auch ein anderer Theilstrich im Fernrohre sichtbar werden, so dass wir aus dem gesehenen Theilstrich auf die Ablenkung schliessen können. Ist das Fernrohr dem Spiegel nicht zu nahe, so wird schon die leiseste Verrückung von  $SN$  eine merkliche Verschiebung des gesehenen Theilstriches im Fernrohr hervorrufen, so dass auch die schwächsten Zuckungen der Nadel hierdurch sichtbar werden.

Diese Ablesung wendet man nun bei dem nachstehend beschriebenen Instrumente an. Auf einem Gestell (Fig. 19) sitzen die beiden Drahtrollen  $R$  und  $R$ , welche aus mehreren tausend Windungen bestehen. Zwischen ihnen hängt an einem Coconfaden der Magnet  $M$ . Es ist ein kleiner glockenförmig zusammengebogener Hufeisenmagnet, welchen man darum Glockenmagnet nennt.

Der Magnet sitzt an einer leichten Stange, welche auch das kleine Spiegelchen  $S$  trägt, das sich mit dem Magneten bewegt. Der Spiegel spielt innerhalb eines durch eine Glasplatte geschlossenen Gehäuses, auf welchem die Glasröhre  $V$  steht. In dieser hängt der Coconfaden, der oben an einer Aufhängungsvorrichtung befestigt ist.

### Der Elektro-Magnetismus.

Gleich nach Oersted's Entdeckung wurde durch Arago und Andere eine weitere Beziehung zwischen Elektrizität und Magnetismus entdeckt. Man hatte nämlich bemerkt, dass der Leitungsdraht eines geschlossenen Stromes Eisenfeilspäne anzieht und hierdurch kam man auf den Gedanken, dass der Strom Magnetismus erzeugen könne.

Dies erreicht man auch in der That in der einfachen Weise, dass man einen isolirten Leitungsdraht in Windungen um von weichem Eisen (siehe Fig. 20) einen Stab herumführt und den Strom hindurchschickt. Alsdann nimmt der Eisenkern sofort einen starken Magnetismus an. Der Südpol dieses Magneten liegt dabei an dem Ende des Stabes, von welchem aus der Strom im Sinne des Uhrzeigers kreisend gesehen wird.

Diesen durch den galvanischen Strom erzeugten Magnetismus heisst man Elektro-Magnetismus und Magnete von der beschriebenen Art Elektro-Magnete.

Um grössere Wirkungen zu erzielen, biegt man den Stab hufeisenförmig um und erhält alsdann Elektro-Magnete von der Form, wie sie Fig. 21 darstellt. Dergleichen Elektro-Magnete übertreffen bei weitem die aus Stahl hergestellten sogenannten permanenten Magnete.

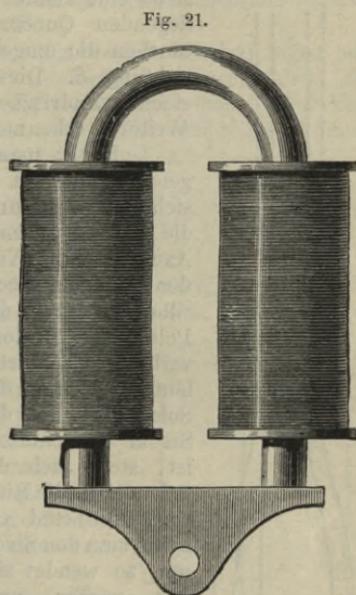
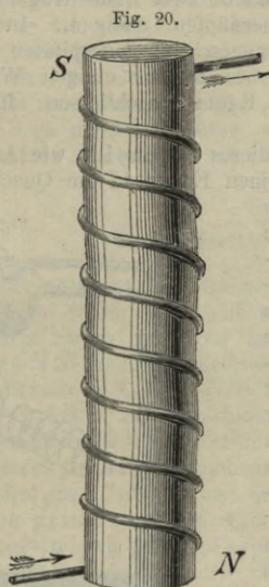
### Die elektro-dynamischen Wirkungen.

Bei dem Studium der magnetischen Wirkungen des galvanischen Stromes kam der geniale französische Physiker Ampère auf die Vermuthung, dass auch zwei Ströme aufeinander eine Wirkung ausüben könnten, und seine Vermuthung wurde durch die angestellten Versuche auf das glänzendste bestätigt.

Wenn man nämlich zwei parallele Drähte, die in Fig. 22 schleifenförmig gebogen sind, so aufhängt, dass sie sich einander nähern oder von einander entfernen können, so werden dieselben einander anziehen oder abstossen, wenn sie von Strömen durchflossen werden. Hierbei bedient man sich der Aufhängungsdrähte als Zuleitungen.

Es findet sich nun, dass die parallelen Ströme einander anziehen, wenn sie gleiche Richtung haben, dagegen sich abstossen, wenn die Richtungen entgegengesetzte sind.

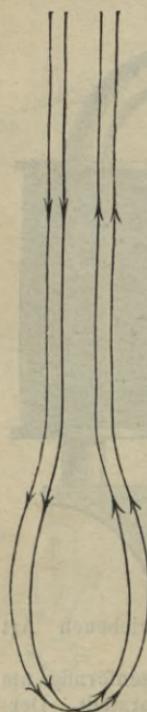
Dieses Gesetz gilt aber nicht nur für parallele Ströme, sondern auch für solche, die sich kreuzen, aber die Wirkung der Ströme aufeinander wird wieder um so schwächer, je mehr die Ströme von dem Parallelismus entfernt sind. Die Wirkung solcher gekreuzter Ströme auf einander wird immer eine solche sein, dass die Ströme sich parallel und gleichgerichtet zu stellen suchen. Die aufeinander einwirkenden Stromtheile könnten dabei auch demselben Stromkreise angehören, so dass die Wirkung



auch wahrzunehmen ist, wenn wir bei dem Apparate (Fig. 22) die beiden parallelen Leitungen hintereinander in demselben Stromkreis einschalten.

Um diese Wirkung des Stromes, mit dem Ausdrucke „elektro-dynamische“ bezeichnet, recht deutlich zu zeigen, bedient man sich der in Fig. 23 dargestellten

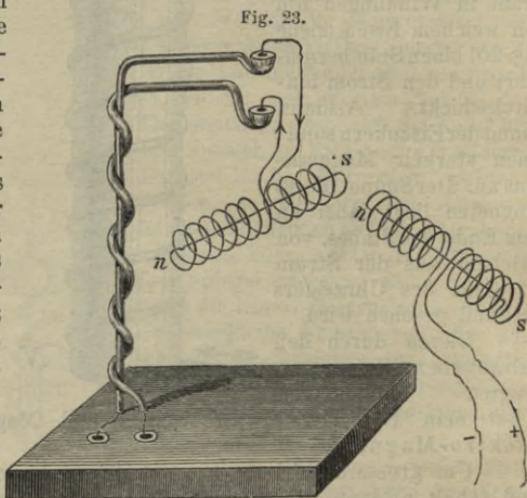
Fig. 22.



Vorrichtung, welche Ampère angegeben hat. Auf einem Brette steht eine Säule, welche zwei Arme trägt, die in zwei übereinander liegenden Quecksilbernäpfen endigen. In diese Quecksilbernäpfe tauchen die umgebogenen und zugespitzten Enden der kleinen Vorrichtung *S*. Diese besteht aus einigen Windungen Draht, welche einen cylindrischen Raum umschliessen; die Figur lässt dies ohne Weiteres erkennen.

Hängt man dieses Solenoid, wie Ampère die Vorrichtung *S* genannt hat, mit seinen Enden in die Quecksilbernäpfe, so kann es sich um die durch die Spitzen gehende Axe drehen. Werden darauf die Quecksilbernäpfe mit den Polen einer Batterie verbunden, so durchläuft der Strom das Solenoid. Sobald der Strom geschlossen ist, stellt sich das Solenoid in die Richtung Nord-Süd ein; kehrt man den Strom um, so wendet sich das vorher nach Norden zugewandte Ende nach Süden.

Nähert man dem vom Strom durchflossenen Solenoid



einen Magnetstab, so wird das eine Ende des Solenoides vom Nordpol des Magneten angezogen, das andere dagegen abgestossen; vertauscht man den Nord- mit dem Südpol, so kehrt sich das Verhältniss um. Nimmt man alsdann statt des Magnetstabes ein zweites Solenoid, welches gleichfalls vom Strome durchflossen wird, so hat dieses Solenoid auf das erste genau die gleiche Wirkung wie ein Magnet.

Die Solenoide verhalten sich also gerade wie Magnete. Diese Erscheinung veranlasste Ampère zu einer ganz neuen Theorie des Magnetismus. Er sagte nämlich: die Magnete sind nichts anderes als Solenoide: die Erscheinungen, welche wir mittelst derselben hervorrufen können, beruhen darauf, dass die Eisentheilchen von vielen kleinen parallelen Strömen umflossen werden, welche alle von gleicher Richtung sind.

Fig. 24 A.

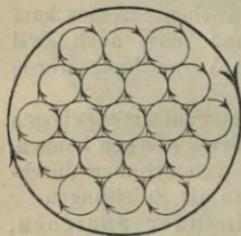
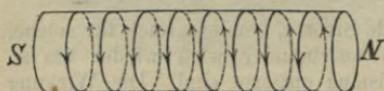


Fig. 24 B.



Diese kleinen Strömchen werden sich in einem einzelnen Querschnitte zum Theil aufheben und es bleiben uns die Theile, welche auf den Rand des Querschnittes fallen (Fig. 24, A). Wir können uns demgemäss also den Magneten vorstellen, als sei er aussen von parallelen und gleichgerichteten Kreisströmen durchflossen, wie Fig. 24 B es vorstellt.

Der Südpol des Magneten wird alsdann auf der Seite liegen, auf welcher wir

die Ströme im Sinne des Uhrzeigers laufen sehen. Wenn wir also die Solenoide in Fig. 23 uns betrachten, werden wir leicht erkennen, dass sie bei der angedeuteten Stromrichtung Nord- und Südpol an den Stellen  $n$  und  $s$  haben.

Jetzt erklärt sich auch leicht, warum der Strom auf eine Magnetnadel wirkt. Wenn der Strom längs der Nadel über dieselbe hinläuft, kreuzt er die Ströme, welche den Magneten bilden. Indem er nun diese Ströme zu seiner eigenen Richtung parallel zu stellen sucht, bewirkt er die Ablenkung der Nadel.

Durch die Ampère'sche Theorie sind also die magnetischen Erscheinungen und die magnetischen Wirkungen des Stromes auf eine Erscheinung zurückgeführt, auf die elektro-dynamische, die Anziehung und Abstossung paralleler Ströme. Diese Vereinfachung gewinnt aber noch mehr Bedeutung, wenn wir die Erzeugung von Strömen durch Magnetismus betrachten, zu welcher wir nunmehr übergehen.

### Die Induction.

Im Jahre 1831 entdeckte Faraday eine neue Wirkung des elektrischen Stromes. Er fand, dass der elektrische Strom ausserhalb seines Stromkreises in einem anderen geschlossenen Leiter einen Strom erzeugen kann. Wenn nämlich (Fig. 25) der Theil  $AA^1$  des Stromkreises sich in der Nähe eines anderen geschlossenen Leiters  $BB^1$  befindet, so wird jedesmal, wenn der Strom in  $AA^1$  geschlossen oder geöffnet wird, ein kurzer Strom in  $BB^1$  entstehen.

Diese Erzeugung eines neuen elektrischen Stromes in einem anderen Leiter heisst man Induction; den erzeugenden Strom nennt man den primären, inducirenden oder Hauptstrom, den erzeugten den secundären oder Inductionsstrom.

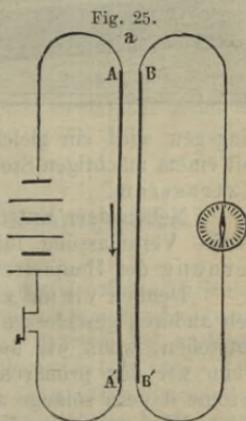
Die Inductionswirkung findet aber nicht nur bei dem Entstehen und Vergehen des Hauptstromes statt, sondern auch bei jedem Wechsel der Stromstärke desselben. Denn wir können uns vorstellen, dass das Anschwellen des Stromes durch das Entstehen eines neuen Zusatzstromes hervorgebracht wird, das naturgemäss eine Inductionswirkung zur Folge hat. Andererseits kann das Schwächerwerden des primären Stromes als das Vergehen eines Theiles desselben aufgefasst werden, und auch dieses wird nach dem Gesagten eine Inductionswirkung hervorbringen.

Die bei dem Entstehen und Vergehen des Hauptstromes erzeugten Inductionsströme sind nun ihrer Richtung nach einander entgegengesetzt. Das Entstehen des Hauptstromes bewirkt einen Inductionsstrom, welcher die umgekehrte Richtung des Hauptstromes hat. Das Vergehen des Hauptstromes erzeugt dagegen einen gleichgerichteten Inductionsstrom.

Um dergleichen Inductionsströme von grosser Stärke zu erzeugen, wickelt man den primären Leiter zu einer Spule von mehreren hundert Windungen zusammen und umgibt ihn mit einer zweiten Spule, auf welcher der secundäre, sehr dünne Draht, auf das Allersorgfältigste isolirt, in 20 000—30 000 Windungen aufgewickelt ist.

Solche Apparate (Fig. 26), welche der Pariser Mechaniker Ruhmkorff in besonderer Vollkommenheit baute, geben einen ununterbrochenen Funkenstrom von 5—30 Cm. Länge.

Das Schliessen und Oeffnen des Stromes wird durch eine eigene Vorrichtung, durch den inducirenden Strom selbst bewirkt. Dieser macht den Eisenkern bei  $f'$  magnetisch und veranlasst dadurch den Hebel  $L$ , der auf seinem linken Ende einen kleinen Anker trägt, zu einer Drehung, wodurch der am rechten Hebelende befestigte Stift aus dem Quecksilber bei  $M$  gehoben wird. Da nun aber der inducirende Strom seinen Weg durch das Quecksilber und den Stift nehmen muss, wird er hierdurch



unterbrochen und der Eisenkern wieder unmagnetisch. Nun schnellt der Hebel wieder zurück und stellt abermals den Stromschluss her u. s. w.

Die Inductionswirkung eines Stromes findet aber nicht nur zwischen zwei verschiedenen Leitern, sondern auch zwischen zwei verschiedenen Theilen eines und desselben Stromes statt.

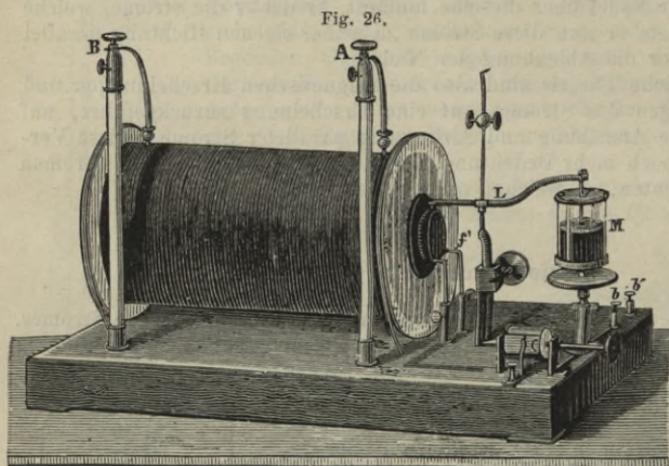


Fig. 26.

Wickeln wir nämlich einen überspannenen Draht zu einer Spule zusammen, so wird, wenn wir einen Strom durch dieselbe leiten, beim Entstehen und Aufhören des Stromes, jede Windung auf alle anderen Windungen inducierend wirken. Beim Entstehen wird also ein entgegengesetzter Strom hervorgerufen, der Strom schwächt sich also anfangs selbst und erreicht erst allmähig seine volle Stärke. Beim Aufhören

hingegen wird ein gleichgerichteter Strom erzeugt und der Strom verschwindet also mit einem mächtigen Stosse. Dieser im eigenen Stromkreise erzeugte Strom heisst der Extrastrom.

Neben dem Entstehen und Vergehen des Hauptstromes existirt aber noch eine zweite Veranlassung für Inductionswirkung, nämlich die Annäherung und Entfernung des Hauptstromes an den secundären Leiter.

Denken wir uns z. B. in Fig. 22 den einen Leiter von einem Strome durchflossen, den anderen geschlossen, so wird in diesem letzteren ein entgegengesetzter Strom entstehen, wenn wir den ersteren ihm annähern, dagegen ein gleichgerichteter, wenn wir den primären Strom vom secundären Leiter entfernen. Die so inducirten Ströme dauern solange an, als die Bewegung des primären Leiters dauert.

Wenn wir nun den primären Strom annähern, so entsteht im secundären Leiter ein entgegengesetzter Strom; entgegengesetzte Ströme stossen sich aber ab, wie wir vorhin gezeigt haben. Wir werden daher beim Annähern den Druck der Abstossung überwinden müssen. Wenn wir dagegen den primären Strom entfernen, wird ein gleichgerichteter Inductionsstrom erzeugt; gleichgerichtete Ströme ziehen sich aber an, so dass wir hier den Druck der Anziehung zu überwinden haben. In beiden Fällen müssen wir also Kraft anwenden, und wir sehen also, dass wir es bei dieser Inductionswirkung mit einer Verwandlung von mechanischer Kraft in Elektricität zu thun haben. Wir haben somit hier die Umkehrung der elektro-dynamischen Wirkung vor uns, bei welcher durch Elektricität mechanische Kraft erzeugt wurde.

Bei der Besprechung der elektro-dynamischen Wirkung hatten wir aber die Anschauung kennen gelernt, dass der Magnetismus eine Folge der elektro-dynamischen Wirkung der parallelen Molecularströme sei.

Wenn diese Anschauung nun richtig ist, wenn wirklich der Magnet aus solchen parallelen Strömen besteht, alsdann muss auch die Annäherung oder Entfernung eines Magneten an einen Leiter Inductionsströme hervorrufen, und dies ist auch thatsächlich der Fall.

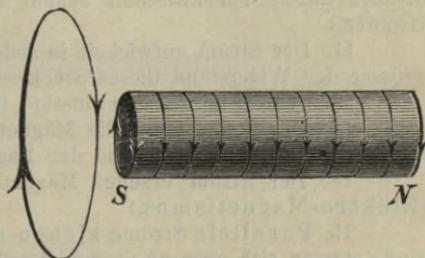
Wenn wir den Südpol des Magneten *NS* (Fig. 27) den geschlossenen Leiter *L* nähern, so entsteht in ihm ein entgegengesetzter Inductionsstrom, der somit die vorgezeichnete Richtung hat. Entfernen wir dagegen den Pol von dem Leiter, so wird ein gleichgerichteter Strom entstehen, der also der bezeichneten Richtung entgegengesetzt ist.

Denken wir uns nunmehr den Magnetpol beständig hin- und herbewegt, wobei er sich dem Leiter abwechselnd nähert oder sich von ihm entfernt, so werden im Leiter unaufhörlich Ströme von wechselnder Richtung entstehen, sogenannte Wechselströme. Bringen wir nun eine Vorrichtung an, durch welche die Ströme abgeleitet und zugleich stets in eine Richtung gelenkt werden, so können wir durch Hin- und Herbewegen des Magneten gleichgerichtete Ströme erzeugen.

Denken wir uns nun weiter noch, der Magnet sei durch einen Elektro-Magneten ersetzt, und der erzeugte Strom werde durch diesen Elektro-Magneten hindurchgeleitet. Ist nun das Eisen des Elektro-Magneten nur ganz wenig magnetisch, so wird der Elektro-Magnet beim Bewegen anfangs einen schwachen Strom erzeugen; dieser wird aber den Magnetismus des Magneten verstärken, es werden daher stärkere Ströme erzeugt, die wiederum den Magnetismus des Elektro-Magneten vermehren, und in dieser Weise erhalten wir bald einen starken Strom, der lediglich durch das Bewegen der Elektro-Magneten hervorgebracht wird.

Dies ist das in den dynamo-elektrischen Maschinen angewendete Princip. Mittelst dieses Principes können wir nun Ströme von jeder Grösse aus mechanischer Kraft erzeugen und die Entdeckung derselben hat die Elektrizität allgemein anwendbar gemacht.

Fig. 27.



### Kurze Zusammenfassung der elektrischen Hauptgesetze.

1. Es gibt zwei Arten von Elektrizität, positive und negative.
2. Gleichnamige Elektrizitäten stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.
3. Die Verbreitung der Elektrizität durch die Körper heissen wir die *Leitung* derselben. Manche Stoffe vermitteln eine rasche Verbreitung, während bei anderen die Verbreitung sich nur langsam vollzieht oder fast gänzlich verhindert wird. Die ersteren heisst man gute, die letzteren schlechte Leiter. Isolation heisst das Umgeben eines guten mit einem möglichst schlechten Leiter, wodurch die Elektrizität des guten Leiters in demselben zurückgehalten wird.
4. Ein elektrischer Körper trennt in einem ihm genäherten Leiter die bis dahin verbundenen beiden Elektrizitäten, indem er die ungleiche anzieht, die gleiche abstösst. (Influenz.)
5. Werden zwei Elektrizitätsmengen ungleicher Art in leitende Verbindung miteinander gebracht, so gleichen sie sich aus, wenn sie an Menge gleich sind. Sind sie an Menge ungleich, so wird von der überwiegenden so viel vernichtet, als die andere beträgt. (Elektrischer Ausgleich.)
6. Werden an zwei Punkten eines Leiters beständig Elektrizitäten verschiedener Art oder verschiedener Dichtigkeit erzeugt, so findet ein beständiger Ausgleich zwischen den beiden Punkten statt. (Elektrischer oder galvanischer Strom.)
7. An allen Punkten eines Leiters, in welchem ein Strom stattfindet, wird Elektrizität vorhanden sein, aber für die verschiedenen Punkte von verschiedener Dichtigkeit. Am grössten wird die Dichtigkeit in den beiden Punkten sein, in welchen die Elektrizitäten erzeugt werden. Von diesen beiden Punkten aus fällt die Dichtigkeit mehr und mehr nach der Mitte hin ab.
8. Je grösser die Spannung zwischen zwei Punkten ist, desto rascher wird sich der Ausgleich vollziehen. Dieser wird aber ausserdem noch durch den Widerstand des Leiters bestimmt. Je grösser dieser ist, um so schwächer und langsamer ist der Ausgleich.

9. Die Elektricitätsmengen, welche sich pro Zeiteinheit, z. B. pro Secunde ausgleichen, oder, wie man auch sagt, durch einen Querschnitt des verbindenden Leiters fließen, drücken die Stromstärke aus.

10. Spannung, Widerstand und Stromstärke stehen in einem einfachen Zusammenhange. Die Stromstärke ist gleich der Spannung zwischen zwei Punkten, dividirt durch den zwischen beiden Punkten liegenden Widerstand. (Ohm'sches Gesetz.)

11. Der Strom entwickelt in jedem Leiterstücke Wärme, und um so mehr, je grösser der Widerstand dieses Stückes und je grösser die Stromstärke ist.

12. Der Strom zersetzt flüssige Leiter. (Elektrolyse.)

13. Der Strom lenkt die Magnethülse ab; der Sinn der Ablenkung hängt von der Richtung des Stromes und der Lage der Magnethülse ab.

14. Der Strom erzeugt Magnetismus im Eisen, wenn er dasselbe umkreist. (Elektro-Magnetismus.)

15. Parallele Ströme ziehen sich an, wenn ihre Ströme gleich gerichtet sind, stossen sich aber ab, wenn dieselben entgegengesetzt laufen. Gekreuzte Ströme suchen sich parallel und gleichgerichtet zu stellen. (Elektro-dynamische Wirkung.)

16. Die magnetische Anziehung und Abstossung erklärt sich aus dem Vorhandensein sehr kleiner (molecularer) paralleler Ströme in den Magnettheilchen.

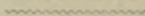
17. Ein elektrischer Strom erregt in einem geschlossenen Leiter, der nicht mit ihm leitend verbunden ist, einen kurzen elektrischen Strom, wenn er entsteht, vergeht, oder sich in seiner Stromstärke ändert. (Induction.)

Beim Anwachsen erregt er einen entgegengesetzten, beim Verschwinden einen gleichgerichteten Strom.

Den erregenden Strom heisst man primären oder Hauptstrom, den zweiten den secundären oder inducirten Strom.

18. Ein elektrischer Strom erregt in gleicher Weise einen Inductionsstrom, wenn er sich, ohne seine Stärke zu ändern, dem geschlossenen Leiter nähert oder von ihm entfernt. Im ersteren Falle erzeugt er einen entgegengesetzten, im letzteren einen gleichgerichteten Strom.

19. Da der Magnetismus auf der Existenz paralleler Ströme im Eisen beruht, so muss auch ein Magnet in einem geschlossenen Leiter Ströme erzeugen, wenn sein Magnetismus zu- oder abnimmt, oder er sich dem Leiter nähert oder von ihm entfernt.



## II.

# Die Erzeugung der Elektrizität.

Von Th. Schwartze.

### Einleitung.\*)

Bis weit hinein in die zweite Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts kannte man nur die Reibungselektrizität, deren Auftreten bereits 500 Jahre vor Christi Geburt der griechische Philosoph Thales von Milet am geriebenen Bernstein erkannte und welche später auch am Glas nachgewiesen wurde, wobei sich der Unterschied von negativ und positiv zwischen der Harz- und Glaselektrizität herausstellte. Weiter war, bis kurz vor Anfang des letzten Jahrzehntes des vorigen Jahrhunderts über die Erscheinungsformen der Elektrizität nichts bekannt.

Im Jahre 1789 endlich bemerkte der italienische Arzt Luigi Galvani gelegentlich der Präparirung von Froschschenkeln, dass diese Schenkel wie wiederbelebt in Zuckung geriethen, als er dieselben zufällig mittelst eines kupfernen Häkchens an einer eisernen Geländerstange aufhing.

Die Kunde von der sonderbaren Entdeckung Galvani's erregte unter den Physikern seiner Zeit das grösste Aufsehen und Tausende von Fröschen mussten ihr Leben lassen, damit man an ihren Schwimmpfüssen der wunderbaren Kraftwirkung nachforschen konnte, wobei man vielfach darauf ausging, möglicherweise eine Spur des Lebensprinzips wahrzunehmen.

Zur richtigen Erkenntniss der hier zu Grunde liegenden Ursache kam erst Alessandro Volta, ein Landsmann Galvani's, welcher die Elektrizitätserregung bei der gegenseitigen Berührung zwischen zwei verschiedenen Metallen erkannte und daraufhin die Lehre von der Contact-Elektrizität begründete. Im Jahre 1800 construirte Volta auf Grundlage dieses Prinzips den nach ihm benannten eigenthümlichen elektrischen Apparat, die Volta'sche Säule, bei welcher die durch den Contact verschiedenartiger Körper hervorgerufene chemische Wirkung zur Elektrizitätserregung benutzt wird.

Der erste Volta'sche Apparat bestand aus einem Streifen Zink und einem Streifen Kupfer, welche beide in ein mit angesäuertem Wasser gefülltes Gefäss eingetaucht und dann miteinander in Berührung gebracht wurden.

Während bei der Berührung zweier verschiedenartiger trockener Metalle nur eine momentane elektrische Erregung, ein elektrisches Aufzucken zum Vorschein kommt, entsteht bei der Volta'schen Säule ein fortdauernder elektrischer Strom.

Man hat versucht, die sonderbare Erscheinung, welche in dieser besonderen Elektrizitäts-Erregung zutage tritt, zu erklären. Volta selbst, der Begründer der sogenannten Contact-Theorie war der Meinung, dass zwei in verschiedenen elektrischen Zuständen sich befindende Metalle bei der gegenseitigen Berührung in eine gewisse elektrische Spannung gerathen, weil sich dabei die vorher vereinigten und im Gleichgewichtszustande befindlichen Elektrizitäten derartig vertheilen, dass in dem einen Metall positive, in dem anderen Metall negative Elektrizität abgeschieden wird.

\*) Vergl. die ersten beiden Capitel des I. Abschnittes.

Diese Abscheidung der Elektricitäten erfolgt momentan, worauf sich wiederum ein neutraler Gleichgewichtszustand einstellt, in welchem die beiden entgegengesetzten Elektricitäten durch die gegenseitige Einwirkung sich in ihrem gespannten Zustande erhalten.

Will man mittelst solcher verschiedenartiger elektrischer Körper, die wir uns hier vorläufig als eine Zink- und Kupferplatte denken wollen, einen dauernden elektrischen Strom erzeugen, so muss man die beiden Platten mit einer Flüssigkeit in Berührung bringen, welche auf das eine Metall eine auflösende Wirkung ausübt, so dass nummehr die chemische Erregung zur Wirkung kommt, welche eine fortdauernde Ausscheidung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten zur Folge hat. Diese Flüssigkeit besteht aus Wasser, das mit etwas Schwefelsäure vermischt ist. Bei dem Eintauchen der Zinkplatte in dieses angesäuerte Wasser wird sofort die chemische Wirkung bemerkbar; es entwickeln sich Gasbläschen und das Zink wird allmählig aufgelöst.

Wird aber die Kupferplatte noch neben der Zinkplatte mit einem kleinen Abstand von dieser in das angesäuerte Wasser eingetaucht und hierauf eine Verbindung zwischen den beiden Platten durch einen Kupferdraht herbeigeführt, so wird die chemische Wirkung sofort bedeutend stärker und die Wasserstoffbläschen scheiden sich aus dem Wasser an der Kupferplatte aus, während das Zink nach wie vor den Sauerstoff des Wassers verzehrt und dabei sich immer mehr in dem sauren Wasser auflöst. So lange der elektrische Stromkreis durch den Draht zwischen den Zink und Kupfer geschlossen bleibt, geht von dem Kupfer positive Elektricität nach dem Zink und von da durch die Flüssigkeit wieder auf das Kupfer über.

Das Vorhandensein dieses elektrischen Stromes lässt sich leicht nachweisen. Ein feiner kurzer Platindraht, mit welchem die Verbindung der Kupfer- und Zinkplatte bewirkt wird, erwärmt sich (vergl. S. 19) und kann selbst glühend werden. Windet man den Draht, mit welchem die beiden Platten verbunden werden, spiralförmig und schiebt einen kleinen Compass in diese Spirale hinein, so übt der durch die Spirale hindurch gehende Strom eine magnetische Wirkung auf die Magnetonadel aus (s. S. 22), indem er dieselbe aus ihrer Richtung ablenkt: ausserdem kann man noch chemische Wirkungen und bei genügender Spannung selbst Funken mit der Volta'schen Säule hervorbringen.

Um die hier vorkommenden Erscheinungen eingehender zu studiren, kann man noch die folgenden Versuche anstellen: Man taucht zuerst das Zink für sich allein in das mit ungesäuertem Wasser gefüllte Glasgefäss ein, worauf alsbald die schon bemerkte Entwicklung von Wasserstoffbläschen zum Vorschein kommt, und hierbei erwärmt sich die Flüssigkeit allmählig, was als ein Beweis dafür gelten kann, dass chemische Spannkraft in Wärme verwandelt wird; ausserdem lässt sich aber auch noch nachweisen, dass sowohl das Zink wie die Flüssigkeit sich in einem elektrisch erregten Zustande befinden. Dieser Zustand ist die Ursache, dass eine Trennung der Elektricitäten stattfindet, wobei die negative Elektricität auf das Zink übergeht; die positive dagegen in der Flüssigkeit sich anhäuft. Diese Trennung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten dauert aber nur so lange fort, bis die nach Wiedervereinigung strebende Anziehungskraft derselben sich mit der ihre Trennung verursachenden Gegenkraft, die in der chemischen Wirkung vorhanden ist, in das Gleichgewicht gesetzt hat. Durch die Vergrösserung der Zinkplatte und der Flüssigkeit kann man aber den Zeitpunkt dieser Wiedervereinigung der beiden Elektricitäten hinausschieben und dadurch eine vergrösserte Ansammlung von Elektricität auf der Zinkplatte und in der Flüssigkeit hervorrufen. Taucht man nun neben dem Zink auch noch eine mit einem Drahte verbundene Kupferplatte in die Flüssigkeit ein und verbindet die beiden Drähte mit dem Erdboden, so strömen die entgegengesetzten Elektricitäten nach der Erde ab, woselbst wiederum eine Vereinigung derselben stattfindet; dasselbe wird erreicht, wenn man die Zink- und Kupferplatte in der vorher beschriebenen Weise durch einen Kupferdraht oder überhaupt durch einen Metalldraht verbindet.

Man sieht hieraus, dass bei dieser Elektricitätserrregung verschiedenartige

Vorgänge ins Spiel treten, einmal der Contact verschiedenartiger Körper und alsdann die chemische Wirkung. Volta und auch noch eine Anzahl jetzt lebender Physiker wollen die Hauptursache der Elektrizitätserregung in der Contactwirkung suchen; andere halten dafür, dass der chemische Process der eigentliche Elektrizitätserreger sei.

Um nun eine klare Anschauung von dem sich hier abspielenden Vorgänge zu gewinnen, wollen wir uns nochmals den einfachen trockenen Contact zwischen zwei verschiedenen Metallen — Zink und Kupfer — vergegenwärtigen. Bei dieser Berührung geht die positive Elektrizität in das Zink, die negative in das Kupfer über, weshalb man das Zink als das elektro-positive und das Kupfer als das elektro-negative Metall bezeichnet. Bringt man das Zink auf diese Weise nacheinander mit verschiedenen anderen Metallen, wie Blei, Eisen, Nickel, Silber, Kohle u. s. w. in Berührung, so wird stets das Zink in dem angegebenen Sinne als das elektro-positive Metall auftreten und überhaupt steht das Zink in dieser Beziehung obenan, während die anderen Metalle sich nach einer gewissen, von der Stärke der elektrischen Wirkung abhängigen Ordnung aneinanderreihen lassen.

Auf diese Reihenfolge wollen wir nachher zurückkommen, jetzt aber das Verhalten der beiden Metalle in Berührung mit einer Flüssigkeit (Wasser mit Schwefelsäure vermischt) betrachten. Bringt man zuerst die Kupferplatte allein mit der Flüssigkeit in Berührung, so scheidet sich die negative Elektrizität im Metall und die positive Elektrizität in der Flüssigkeit ab. Dasselbe geschieht, wenn man das Zink für sich allein in die Flüssigkeit eintaucht. Stellt man nunmehr beide Metallplatten in die Flüssigkeit, so dass sich eine mehr oder minder starke Schicht Flüssigkeit dazwischen befindet, und sonst beide Platten vollständig von einander isolirt sind, so dass keine directe elektrische Verbindung ausser durch die Flüssigkeit zwischen ihnen besteht, so geht die freie positive Elektrizität der Flüssigkeit infolge der Leitungsfähigkeit der Metalle in dieselben über, jedoch geht die Vertheilung dieser positiven Elektrizität auf beiden Metallen so vor sich, dass im Zink die negative Elektrizität überwiegend bleibt, während im Kupfer die positive Elektrizität überwiegt. Leitet man die Elektrizität des einen Metalles nach der Erde mittelst eines Metalldrahtes ab, so verdoppelt sich die elektrische Spannung auf dem andern Metall. Im Allgemeinen ist aber diese Spannung auf beiden Metallen geringer bei der Berührung zwischen Metall und Flüssigkeit, als bei der directen Berührung der Metalle. Verbindet man nun, wie schon oben bemerkt wurde, die beiden in der Flüssigkeit befindlichen Metalle (Zink und Kupfer durch einen Metalldraht, so strömt die positive Elektrizität vom Kupfer durch den Draht nach dem Zink und vom Zink durch die Flüssigkeit nach dem Kupfer, so dass also in diesem Volta'schen oder galvanischen Element ein elektrischer Kreislauf anzunehmen ist, und die Bahn dieses Kreislaufes bezeichnet man als den Stromkreis.

Wie schon bemerkt wurde, ist die Art und der Grad der elektrischen Erregung zwischen den verschiedenen Körpern verschieden und nach dieser Verschiedenheit hat man die Metalle und andere feste Körper zu einer sogenannten Spannungsreihe geordnet, in welcher jeder einzelne Körper in Berührung mit irgend einem ihm nachstehenden positiv, der nachstehende Körper aber negativ elektrisch erregt wird. Die folgende Reihe gibt ungefähr die mittleren Resultate der verschiedenen Beobachtungen an.

+ Zink . . . . .	0	Kupfer . . . . .	100
Oxydirtes Zink . . . . .	40	Antimon . . . . .	106
Blei . . . . .	45	Silber . . . . .	109
Zinn . . . . .	55	Quecksilber . . . . .	110
Eisen . . . . .	75	Schwefeleisen . . . . .	112
Stahl . . . . .	88	Gold . . . . .	115
Aluminium . . . . .	89	Platin . . . . .	123
Messing . . . . .	92	Kohle . . . . .	200
Nickel . . . . .	95	Graphit . . . . .	205
Wismuth . . . . .	97	— Braunstein . . . . .	220

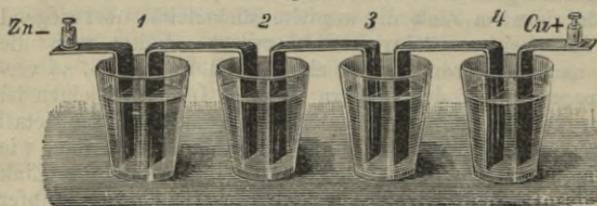
Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass als positiv elektrischer Körper das Zink obenan steht und dass dieses Zink mit Kohle gepaart eine viel stärkere elektrische Erregung ergeben wird, als wenn man dasselbe mit Kupfer paart, während bei der Zusammenstellung mit Eisen die Erregung noch schwächer ausfällt. Diese Tabelle gibt also einen guten Anhalt bei der Herstellung der sogenannten elektrischen Elemente, auf deren Konstruktion wir im Folgenden näher eingehen werden. Es muss noch besonders darauf hingewiesen werden, dass oxydirte Metalle sich bezüglich der elektrischen Erregung anders verhalten, wie reine Metalle, so dass man durch Zusammenstellung zweier Stücke desselben Metalles, von denen aber das eine Stück oxydirt, das andere rein metallisch ist, eine elektrische Erregung erhalten kann.

Wenn man anstatt des Zinks ein anderes Metall, z. B. Eisen wählt, und dasselbe mit einem in der Reihe tiefer stehenden, also gegen Eisen elektrisch negativen Metall, z. B. Nickel paart, indem man beide Metalle in ein Glasgefäss mit angesäuertem Wasser taucht und die aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden der beiden Metallstreifen durch einen Draht verbindet, so wird nunmehr das an die Stelle des Zinks getretene und somit elektro-positive Eisen in der Flüssigkeit gelöst, indem die dabei entwickelte chemische Kraftwirkung zum Unterhalt des elektrischen Stromes dienen muss.

### Die galvanischen Elemente.

Das bereits im Vorhergehenden erwähnte Volta-Element ist in Fig. 28 dargestellt. Die mit den Ziffern 1, 2, 3, 4 bezeichneten Metallstreifen bestehen abwechselnd aus Zink und Kupfer, wie dies auch durch die links befindliche Bezeichnung  $Zn -$  (negatives Zink) und durch die

Fig. 28.



rechts befindliche Bezeichnung  $Cu +$  (positives Kupfer) angegeben ist. Auf den beiden Endstreifen sitzen kleine Schraubenvorrichtungen zum Befestigen und Verbinden des Leitungsdrahtes mit der durch diese Zusammenstellung gebildeten „galvanischen Batterie“. Wegen der Verwendung

becherartiger Glasgefässe zur Aufnahme der die Elemente verbindenden und erregenden Flüssigkeit wird dieser Apparat Becherbatterie bezeichnet. Die Flüssigkeit selbst besteht aus 20 Raumtheilen Wasser mit 1 Raumtheil Schwefelsäure.

Von der nach ihrem Erfinder als Volta'sche Säule benannten Batterie hat man diese Bezeichnung alsdann auch auf andere galvanische Batterien, die keineswegs der Säulenform entsprechen, übertragen. Die Säule besteht aus abwechselnd aufeinander gelegten Scheiben aus Zink und Kupfer, wobei zwischen je zwei Scheibenpaare eine mit verdünnter Schwefelsäure oder auch Salzwasser getränkte Filz- oder Tuhscheibe eingelegt ist. Da bei der senkrechten Stellung der Säule die Flüssigkeit leicht an der Säule herabläuft, wodurch deren Wirkung bedeutend geschwächt wird, so legt man die Säule wohl auch horizontal auf Glasstäbe, oder es werden die Kupferscheiben durch flache Kupfertassen ersetzt (Fig. 29).

Die galvanischen Batterien liefern zuerst, wenn sie frisch zusammengesetzt worden sind, einen der Anzahl ihrer Paare gemäss mehr oder minder starken elektrischen Strom, welcher jedoch bald an Stärke merklich abnimmt. Diese Schwächung des Stromes rührt daher, dass die am Kupfer sich ausscheidenden Wasserstoffbläschen sich zum Theil an der Fläche der Kupferplatte festsetzen und so theils deren vollständige Berührung mit der Flüssigkeit verhindern, theils einen entgegengesetzten elektrischen Zustand auf der Kupferplatte erzeugen, wodurch deren Gegenwirkung auf

das Zink mehr oder minder geschwächt wird. Dieses Vorkommniß wird als Polarisation bezeichnet. Als eines jener Mittel, welche derselben entgegenzuwirken vermögen, hat man gefunden, dass es vortheilhaft ist, die negative „Elektrode“, das ist das Kupfer oder ein anderes an seine Stelle tretendes Material in einer grösseren Platte anzuwenden als das Zink.

Nach diesem Princip ist die in Fig. 30 abgebildete Wollaston'sche Batterie construiert. Die Kupferplatte hat bei dieser Einrichtung eine U-förmige Gestalt und die Zink-Elektrode ist zwischen die beiden parallelen Schenkel der Kupfer-Elektrode hineingehängt oder mittelst Holzleistchen hineingeklemmt, um eine gegenseitige Berührung zu verhüten.

Ein ebenfalls älteres Element ist das Tyer'sche (Fig. 31), welches in England im Eisenbahndienste vielfach benutzt wird. Dasselbe besteht aus einer in ein Glasgefäss eingehängten platinirten Silberplatte, mit welcher ein Eisendraht verbunden ist, der in einer Zinnkugel endet. Bei der Zusammenstellung mehrerer solcher Elemente zu einer Batterie, wird dieser Draht in das Gefäss des Nachbarelements eingesenkt, woselbst die Zinkkugel auf den Boden mit dem daselbst befindlichen Quecksilber-Zinkamalgam in Berührung kommt.

Die bis jetzt beschriebenen Elemente haben den Nachtheil, dass sie mehr oder minder stark der Stromschwächung unterliegen, indem ihre negative Elektrode der Polarisation ausgesetzt ist und sonstige unliebsame Veränderungen durch rasches Verändern der Flüssigkeit u. s. w. darin vorgehen. Man suchte durch die Wahl anderer Materialien diese Uebelstände zu umgehen und kam dabei schliesslich auf die Verwendung einer künstlich hergestellten, coaksartigen Kohlenmasse, welche an die Stelle der negativen Elektrode in das Element eingesetzt wurde. Eine solche Kohlenmasse wurde 1842 von dem berühmten Chemiker Bunsen erfunden. Dieselbe besteht aus einem fein gepulverten Gemisch 1 Theil Coaks und 2 Theile Steinkohle, welches in cylindrische oder plattenförmige Formen gepresst und in dieser Form der Rothglühhitze ausgesetzt wird, bis die vollständige Verkohlung eingetreten, wozu ein mehrmaliges Eintauchen in Syrup und wiederholtes Glühen nöthig ist. Die so hergestellte Masse ist klingend und dabei sehr porös, so dass sie eine grosse Oberfläche bietet, wie dies für die negative Elektrode gewünscht wird. Ausserdem

wird diese Masse von keiner Säure angegriffen und steht in der auf S. 33 angegebenen Spannungsreihe vom Zink sehr weit entfernt, so dass sie also mit diesem in einem galvanischen Element zusammengestellt eine sehr starke elektrische Wirkung ergibt. Um den Leitungsdraht an der Kohle befestigen zu können, wird diese mit einem

Fig. 29.

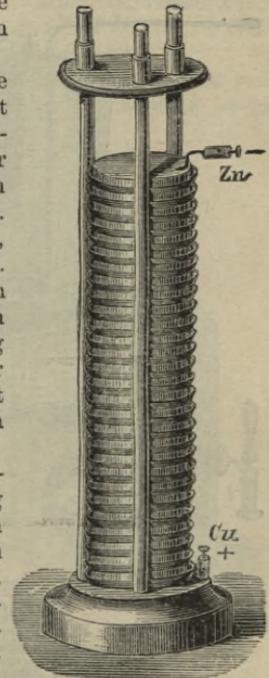
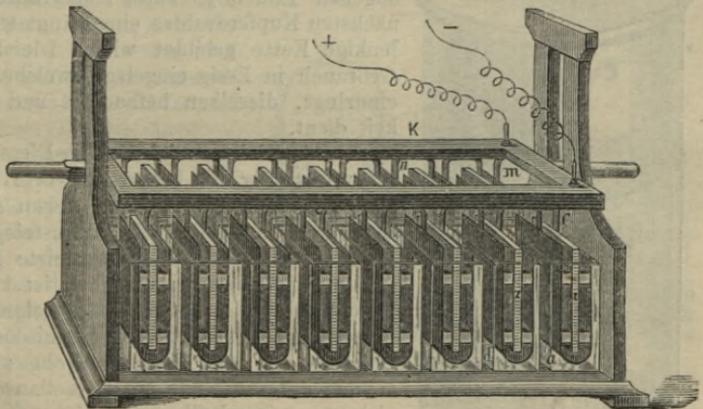


Fig. 30.



Kupferstreifen verbunden, der bei cylindrischer Form der Kohle einen offenen Ring bildet, der mittelst einer Schraube zusammengezogen wird, wobei man zwischen Kohle und Kupfer einen Streifen Blei oder Zinnfolie einlegt. An diesen Kupferring wird alsdann der Leitungsdraht meistens mit einer Schraubenklemme befestigt. Andererseits hat man anstatt der Kohlen-Elektrode auch Metall-Elektroden mit einem porösen, schwammartigen Metallüberzuge verwendet und dazu Kupfer oder Blei benutzt. Zur Herstellung eines recht billigen Elements wählt man Zink und Eisen.

Fig. 31.

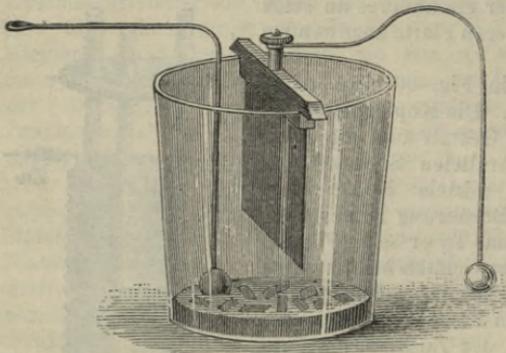


Fig. 32.

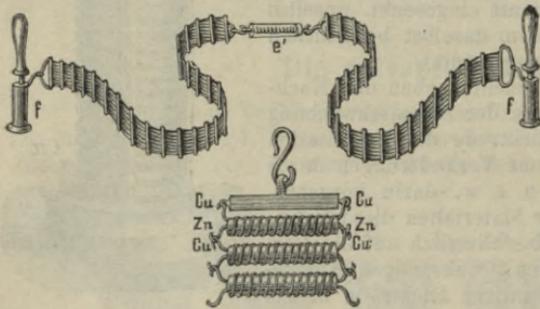


Fig. 33.



Pulvermacher's Kette ist eine häufig empfohlene tragbare galvanische Batterie, welche, am Körper getragen, als Heilmittel gegen Rheumatismus wirken soll. Dieser in Fig. 32 abgebildete Apparat besteht aus bleistiftstarken Holzstäbchen, auf welche gegenseitig isolirte Drähte aus Kupfer und Zink spiralförmig nebeneinander aufgewunden sind, wobei die zu Oesen gebogenen Enden je eines Zinkdrahtes in den Oesen des nächsten Kupferdrahtes eingehängt sind, wodurch eine gelenkige Kette gebildet wird. Die Kette wird vor dem Gebrauch in Essig eingelegt, welcher in die Holzstäbchen eindringt, dieselben befeuchtet und als Erregungsflüssigkeit dient.

Als Zink-Salmiak-Kohlen-Element ist das Maiche-Element (Fig. 33) bemerkenswerth, indem dasselbe sehr sinnreich construirt ist und wegen seiner Dauerhaftigkeit sich ganz besonders für Haustelegraphen eignet. Als negative Elektrode dient platinirte Kohle, die von platinirten Kohlenkörnern umgeben ist, welche sich in einem durchlöchernten porösen Gefäss befinden. Durch die Mitte dieses Gefässes geht vom Ebonitdeckel, woran dasselbe befestigt ist, ein Hartgummrohr nach abwärts, das an seinem unteren Ende ein Porzellanschälchen trägt, worin sich etwas Quecksilber und einige Zinkstückchen befinden, welche die positive Elektrode bilden. Ein Platindraht, welcher in das Amalgam eintaucht und durch das Hartgummrohr nach oben geht, vermittelt die Verbindung mit der Klemmschraube; ein zweiter Platindraht ist um ein größeres der im porösen Gefäss befindlichen Kohlen-

gummrohr nach oben geht, vermittelt die Verbindung mit der Klemmschraube; ein zweiter Platindraht ist um ein größeres der im porösen Gefäss befindlichen Kohlen-

stücke gewunden und mit der zweiten der auf dem Deckel angebrachten Klemmschrauben verbunden. Die Flüssigkeit, welche — wie schon bemerkt wurde — aus Salmiaklösung besteht, soll nur etwa  $\frac{2}{3}$  des Gefäßes füllen, so dass sie nur etwa um 2 cm über den unteren Rand des porösen Gefäßes steht, damit der obere Theil der Kohlenkörner nur befeuchtet ist und der Sauerstoff der Luft leicht Zutritt zu denselben findet, um sich mit dem frei werdenden Wasserstoffe zu verbinden.

Ein viel benutztes und in seiner Wirkung ausgezeichnetes Element ist das von Leclanché, welches als Braunstein-Element zu bezeichnen ist; dasselbe ist in Fig. 34 in seiner neuesten Anordnung dargestellt. Die beiden Elektroden befinden sich in einem eigenthümlich geformten Glasgefäße. Die positive Elektrode besteht aus einem cylindrischen Zinkstabe, die negative aus einer Kohlenplatte der oben beschriebenen Art; diese Kohlenplatte ist zwischen zwei anderen Platten eingeklemmt, welche aus einer eigenthümlichen Mischung von Braunstein, Kohle, Gummiharz und doppelt schwefelsaurem Kali unter äusserst starkem Drucke und Erwärmung hergestellt sind. Zwischen dem Zink und der elektronegativen Elektrode befindet sich eine passend geformte Holzeinlage und das Ganze wird durch Gummibänder zusammengehalten. Die Erregungsflüssigkeit besteht aus einer Salmiaklösung. Der sauerstoffreiche Braunstein gibt hierbei das Mittel ab, die Polarisation der Kohlen-Elektrode infolge des sich davon abscheidenden Wasserstoffes sehr wirksam zu verhüten, indem er diesen Wasserstoff durch Ausscheiden von Sauerstoff sofort neutralisirt.

Diese Neutralisation des Wasserstoffes und die dadurch herbeigeführte constante Wirkung der galvanischen Elemente hat man auch noch durch andere Mittel zu erreichen gesucht. So in dem vielgenannten Bunsen'schen Elemente durch Salpetersäure bei Anwendung von Zink und Kohle, wobei man jedoch die böartigen Dämpfe der genannten Säure mit in den Kauf nehmen musste, weshalb man dieses sehr kräftig wirkende Element nur ausnahmsweise benutzt.

Ganz anderer Art ist wiederum das Daniell-Element. In dem Daniell-Element (Fig. 35), welches wie das Volta-Element aus Zink und Kupfer besteht, ist noch ein grösserer Thoncyliner, eine sogenannte poröse Zelle, vorhanden, worin sich die Kupfer-Elektrode in einer Auflösung von Kupfervitriol befindet, während der ausserhalb im Glasgefäß stehende Zinkcyliner von verdünnter Schwefelsäure (1 Theil Säure auf 10 Theile Wasser) umgeben ist. Unter der Einwirkung des elektrischen Stromes wird das Kupfervitriol (schwefelsaures Kupfer) zersetzt; es scheidet sich dabei Kupfer an der Kupfer-Elektrode aus und Schwefelsäure wird frei, welche durch die poröse Zelle nach aussen dringt, so dass es dem Zink nie an Schwefelsäure fehlt; hierdurch ist dieses Element befähigt, einen sehr constanten Strom abzugeben.

Auf denselben Principien beruht auch das nur in seiner Construction verschiedene Meidinger-Ballon-Element (Fig. 36), dessen Bezeichnung durch seine Form wohl gerechtfertigt erscheint. Die zerbrechliche poröse Zelle ist hier weggelassen. Auf dem Boden des Hauptgefäßes steht ein kleines becherförmiges Gefäss und in dasselbe ist die verkorkte, aber durch ein Glasröhrchen nach aussen communi-

Fig. 34.

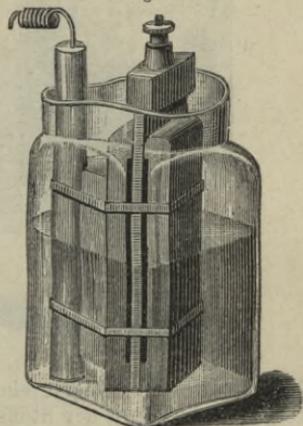
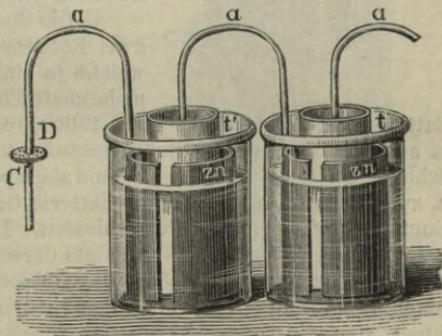
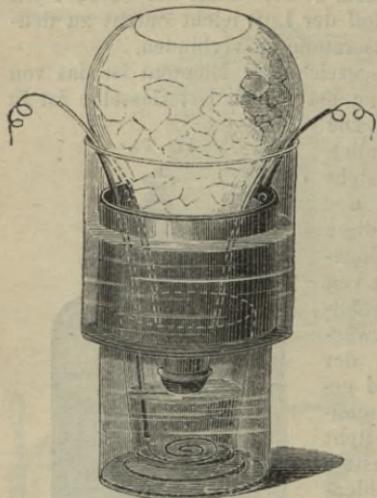


Fig. 35.



cirende Mündung eines umgestürzten Glasballons gesenkt, worin sich Kupfervitriol-Krystalle befinden. Im äusseren Gefässe steht ein weiter Zinkcylinder als positive

Fig. 36.

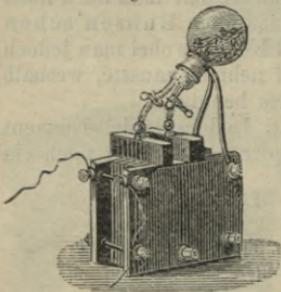


Elektrode, während die negative Elektrode aus einem Kupfer- oder Bleiringe besteht, der in dem erwähnten becherförmigen Gefäss Platz findet. Das äussere Gefäss ist mit einer verdünnten Bittersalzlösung (schwefelsaurer Magnesia) gefüllt. Diese Lösung dringt von unten durch das Röhrchen des Ballons ein und löst die Kupfervitriol-Krystalle allmählig auf, die alsdann im kleinen Gefässe in der bereits angedeuteten Weise zersetzt werden.

In jüngster Zeit haben Erhard und W. Ph. Hauck dem Daniell-Elemente eine Form gegeben, welche es gestattet, constant und automatisch wirkende Batterien zusammenzustellen, die einer sehr geringen Bedienung bedürfen und bei welchen keine Säure zur Anwendung gelangt. Es wurden hierbei von Hauck je 10 Elemente zu einer Batterie vereinigt und mit einer Speisevorrichtung versehen, Fig. 37; grössere Batterien werden dann durch Zusammenstellung solcher Theilbatterien gebildet, Fig. 38.

Deckelplatte wird zuerst eine mit einem Poldraht versehene Zinkplatte, auf diese ein Pergamentblatt mit der Stoffseite nach Innen, hierauf eine Rahme, sodann eine mit Bleifolie versehene Zinkplatte aufgelegt und zwar so, dass das Zink nach oben, die Bleifolie nach unten auf die Rahme zu liegen kommt. Auf die Zinkplatte legt man nun wieder ein Pergamentblatt, eine Rahme u. s. w. bis die Zahl 10 erreicht ist. Zum Schluss kommt eine mit Bleifolie und Poldraht versehene Zinkplatte und auf diese die zweite

Fig. 37.



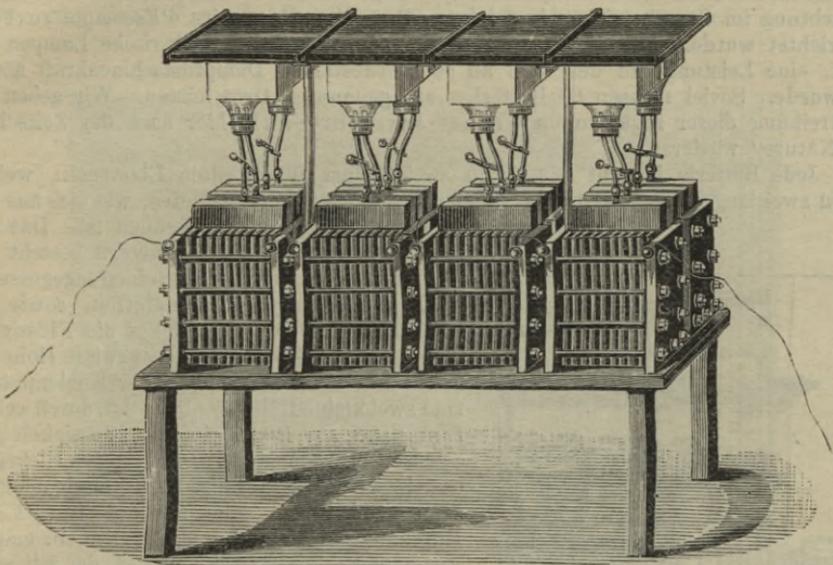
Deckelplatte. Durch die vorstehenden durchbohrten Ränder werden die Schrauben durchgesteckt, die Muttern angeschraubt und so fest angezogen, dass die durch die Elektroden und die Rahmen gebildeten Zellen wasserdicht werden.

Die Speise- und Circulations-Vorrichtung besteht aus zwei Röhrenrechen, welche durch Gummischläuche, über welche je ein Quetschhahn aufgeschoben ist, mit dem gemeinschaftlichen Behälter in Verbindung stehen. Um die

Batterie in Thätigkeit zu setzen, füllt man die Zellen derselben mit Wasser so hoch, bis es aus den Rinnen abzufließen beginnt, sodann werden die vom Reservoir ausgehenden Schläuche mittelst der Quetschhähne abgesperrt, das Reservoir mit Kupfervitriol-Krystallen u. zw. bei Batterie I  $\frac{3}{4}$  kg, bei Batterie Grösse II 2 kg) und Wasser gefüllt und mit dem Gummipfropfen luftdicht verschlossen. Dann setzt man die beiden Röhrenrechen so auf die Batterie auf, dass von jedem derselben je ein Röhrchen in die Flüssigkeit einer Zelle der Batterie eintaucht. Die Röhrchen müssen stets zwischen das Pergament — Diaphragma und Blei, nie zwischen Diaphragma und Zink gesteckt werden. Dann öffnet man die Quetschhähne der Circulations-Vorrichtungen, worauf die Circulation der Flüssigkeit sofort in Thätigkeit tritt und die Batterie in beiläufig 20 Minuten ihre volle Kraft erreicht, welche so lange andauert, so lange sich noch Vitriol im Reservoir befindet. Um rascher eine volle Wirkung der Batterie zu erzielen, kann man zur Füllung derselben Wasser von circa 20° R. Wärme verwenden, besonders gut eignet sich Regenwasser. Will man die Batterie ausser Thätigkeit setzen, so unterbricht man die Circulation durch Schliessen der Quetschhähne, lässt die z. B. ein-

geschalteten Lampen so lange brennen, bis die Kupfervitriollösung in der Batterie vollständig aufgezehrt ist, damit sich der noch in der Batterie befindliche Rest von

Fig. 38.



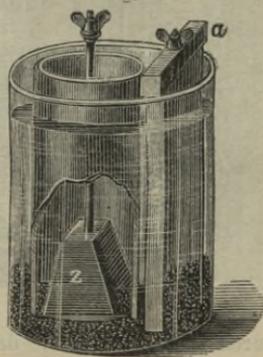
Vitriol ebenfalls als Kupfer niederschlägt. Da die Batterie noch 1 Stunde nach Schluss der Circulation fortwirkt, empfiehlt es sich, diese 1 Stunde früher zu schliessen.

Von Wichtigkeit in der Herstellung galvanischer Elemente ist auch die Verwendung von Chromsäure, welche als eine sehr starke, heftig oxydirend wirkende Säure den an der negativen Elektrode entstehenden Wasserstoff sofort verzehrt. Zur Herstellung dieser Säure wird das doppelchromsaure Kali benutzt, welches durch concentrirte Schwefelsäure in der Weise zersetzt wird, dass sich schwefelsaures Kali bildet und Chromsäure frei wird, die sich durch ihre hochrothe Färbung auszeichnet. Die Chromsäure-Elemente werden aus Zink und Kohle gebildet.

Ein einfach herzustellender Apparat dieser Art ist das Fuller'sche Element, welches in England in Telegraphenbetriebe benutzt wird. Dasselbe ist in Fig. 39 dargestellt.

Die Zink-Elektrode besteht aus einem pyramidalen massiven Klotz *Z*, von welchem ein amalgirter Zinkdraht ausgeht. Dieser Klotz steht in einer Thonzelle, welche in der Figur theilweise ausgebrochen dargestellt ist, um den Zinkklotz sichtbar zu machen. Um die Amalgamirung des Klotzes zu sichern, ist der Boden der Thonzelle mit etwas Quecksilber bedeckt. Die Kohlen-Elektrode wird von einer Kohlenplatte, aus der oben besprochenen Kohlenmasse gebildet; sie ist 15 Centimeter hoch und 5 Centimeter breit; oben mit einer Metallfassung *a* und einer Schraube versehen, um den Verbindungsdraht, auf welchen der elektrische Stromkreis zwischen Zink und Kupfer gebildet wird, befestigen zu können. Am Boden des Glasgefäßes, worin die Kohlen-Elektrode steht, befindet sich ein Vorrath von Krystallen des doppelchromsauren Kalis, woraus die Chromsäure allmählig ausgeschieden wird. Infolge der Abgabe von Sauerstoff wird die Chromsäure allmählig zu Chromoxyd umgewandelt und es bildet sich schwefelsaures

Fig. 39.



Kalium-Chromoxyd oder sogenannter Chromalaun. In der Wirkungsfähigkeit sind diese Elemente ganz ausgezeichnet, aber man muss darauf sehen, dass das Zink stets gut amalgamirt ist, weil sonst zuviel davon aufgelöst wird.

Von Interesse ist die Verwendung der galvanischen Elemente zur elektrischen Beleuchtung im Grossbetrieb, wie solche z. B. in den Comptoirs d'Escompte zu Paris eingerichtet wurde. Mit diesen Batterien werden etwa 150 elektrische Lampen gespeist, eine Leistung, zu der wohl an 50 Pferdestärken Dampfmaschinenkraft nöthig sein würde. Soviel müssen 60 Batterien am genannten Orte leisten. Wir geben die Beschreibung dieser sogenannten Grenet-Jarriant-Säule hier nach der Zeitschrift „La Nature“ wieder.

Jede Batterie besteht aus 48 in zwei Reihen aufgestellten Elementen, welche sich in zwei langen, parallel nebeneinander stehenden Kästen befinden, wie dies aus der

Fig. 40.

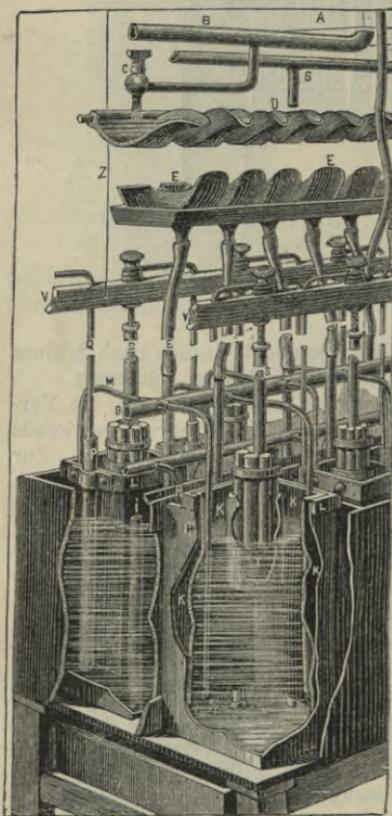


Abbildung Fig. 40 zu erkennen ist. Das Gefäss *K* jedes einzelnen Elementes besteht aus Ebonit und enthält vier durch einen angegossenen Bleikopf vereinigte Kohlenplatten, sowie ein Ueberlaufrohr *i*, durch welches die Flüssigkeit abfließt, sobald dieselbe eine gewisse Höhe erreicht hat. Am Bleikopf *L* der Kohlenplatten sind zwei kleine Röhren *O* befestigt, durch welche Luft nahe am Boden in die Flüssigkeit eingeblasen werden kann. Die positive Elektrode besteht aus sechs mittelst Kautschukbänder zusammengehaltener Zinkstäbchen von 1 cm Durchmesser, in deren Mitte sich ein emporragender Kupferdraht *S* befindet, der mit einer Hülse von Hartgummi umgeben ist, welche Quecksilber enthält, durch dessen Einwirkung auf das Zink ein inniger Contact erzielt wird. Diese Kupferstäbe sind für jede Elementenreihe an einen Holzbalken *V* befestigt und von den oberen Zinkpolen gehen Kupferstäbe aus, welche in die mit Quecksilber gefüllten Hülsen münden, und mit den Kohlenplatten des Nachelementes verbunden sind. Durch diese Einrichtung ist es möglich, alle Zink-Elektroden ohne Weiteres auf einmal herauszuheben und einzusenken. Endlich taucht in das Gefäss *K* noch eine Röhre *E* ein, durch welche aus den oben befindlichen Schalen *E* die Chromsäurelösung zufließt. Diese Lösung besteht aus doppeltchromsaurem Natron, welches in Schwefelsäure aufgelöst ist; sie wird mittelst einer Pumpe bis auf den Dachboden des Hauses gehoben, dort in Behältern im Vorrath gehalten, und fließt durch eine Röhrenleitung *B* mittelst des Hahnes *C* in die Ebonitgefässe *D* und aus diesen

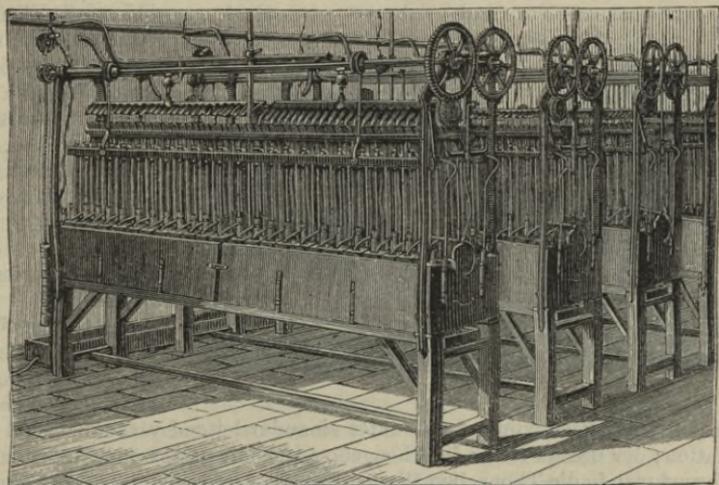
durch Umkippen in die darunter stehenden Schalen *E*. Neben der Chromsäureleitung befindet sich eine Wasserleitung *S*, durch welche die Elemente zeitweise ausgewaschen werden können. Eine dritte Rohrleitung *O* steht mit einer Luftpumpe in Verbindung, mittelst welcher durch die schon erwähnten in die Flüssigkeit der Elemente eintauchenden Röhren *O* Luft in die Flüssigkeit eingeführt wird, um die Batterie stets in guter Wirksamkeit zu erhalten.

Die Pole der verschiedenen Batterien sind durch Drähte verbunden, so dass man die Kraft mehrerer Batterien vereinigen kann. Jede solche Batterie soll  $1\frac{1}{2}$  Pferde-

stärken leisten und 8 bis 10 Glühlampen oder eine Bogenlampe speisen können. In Fig. 41 ist eine Reihe dieser mächtigen Batterien nebeneinander sichtbar.

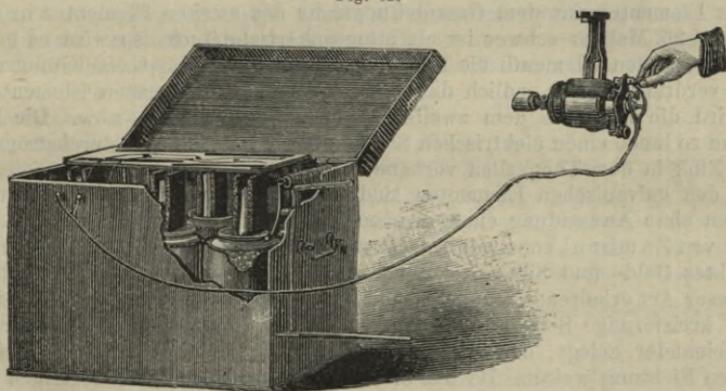
Aber nicht nur für den Grossbetrieb, auch für den Kleinbetrieb hat man neuerdings die galvanischen Batterien in zweckmässigster Weise eingerichtet. Ein Beispiel davon gibt die in Fig. 42 abgebildete Batterie des Amerikaners Griscom, welche

Fig. 41.



ebenfalls aus Chromsäure-Elementen zusammengesetzt ist, und welche zum Betrieb einer kleinen magnet-elektrischen Maschine benutzt wird, welche durch ihre Rotation eine Nähmaschine oder eine andere kleinere Maschinerie bewegen kann. Sehr brauchbare Elemente werden auch mit der Benutzung von Chlorkalk erhalten. Ein solches Element lässt sich in der folgenden Weise zusammensetzen: Es wird eine poröse Zelle aus

Fig. 42.

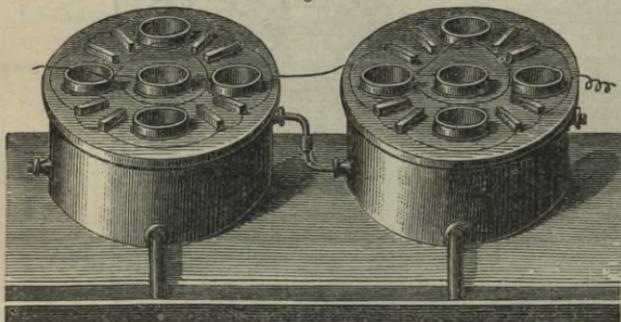


Pergament, Asbest oder einem ähnlichen Stoffe hergestellt, welche zur Aufnahme eines Kohlenstabes bestimmt ist. Um denselben wird abwechselnd Kohle und Chlorkalk geschichtet und oben dann die Zelle mit aufgegossenem Pech geschlossen. Diese Zelle ist von einem Zinkcylinder umgeben, der in Salzwasser eintaucht. Derartige Elemente sind besonders für Haustelegaphen und dergleichen Betrieb geeignet, weil sie ohne Aufsicht lange aushalten. Auch Elemente aus Chlorsilber und Zink hat man

hergestellt, welche wir indessen nur deshalb erwähnen wollen, weil damit von dem Physiker Warren de la Rue grossartige Versuche angestellt worden sind, indem derselbe 11,009 solcher an sich allerdings nur kleinen Elemente vereinigte und damit ein fortwährendes Funkenüberschlagen, wie bei einer Elektrisirmaschine, erhielt.

Einer praktischen Verwendung, wie z. B. bei Beleuchtungsanlagen, bei welchen elektrische Maschinen aus irgend welchen Gründen ausgeschlossen sind, soll die in jüngster Zeit von Upward und Pridham construirte Batterie fähig sein. In Fig. 43

Fig. 43.



sind zwei Elemente dieser Batterie, und zwar in jener Form, in welcher sie von Woodhouse und Rawson hergestellt werden, abgebildet. Das Element besteht aus einem glisirten Thongefässe, welches durch einen darauf passenden Deckel gasdicht verschlossen ist. Durch diesen Deckel ragen die in das Gefäss eingesetzten 5 porösen Thonzellen mit ihren Zinkylindern und die 4 Paare von Kohlen-

platten heraus. Die 5 Zinkylinder sind unter einander leitend verbunden und ebenso die 8 Kohlenplatten; der übrige Raum im Thongefässe ist mit gestossener Retortenkohle ausgefüllt, während man in die Thonzellen Wasser bringt. Ausserdem ist jedes Thongefäss mit einem an dessen Boden angebrachten Gaszuleitungsrohre und mit einem vom oberen Theile des Thongefässes ausgehenden Gasableitungsrohre versehen. Ferner dient noch ein gleichfalls am Boden des Thongefässes angebrachtes Rohr dazu, die Zinkchloridlösung, welche sich beim Betriebe des Elementes bildet, in eine für alle Elemente gemeinschaftliche horizontale Rinne abzuleiten.

Um das Element in Thätigkeit zu setzen, verbindet man das Gaszuleitungsrohr mit einem eigens zu diesem Zwecke construirten Chlorgasbehälter und das Gasableitungsrohr dieses Elementes mit dem Gaszuleitungsrohr des zweiten Elementes u. s. w. Da das Chlorgas 25 Mal so schwer ist als atmosphärische Luft, so wird es bei seinem Aufsteigen im ersten Elemente die Luft aus diesem durch das Gasableitungsrohr nach und nach verdrängen und endlich das ganze Thongefäss des ersten Elementes füllen. Hierauf wird die Luft aus dem zweiten Elemente verdrängt u. s. w. Die Elemente liefern dann so lange einen elektrischen Strom, als sie von Chlorgas durchströmt werden und noch Zink in den Thonzellen vorhanden ist.

Zu den galvanischen Elementen sind auch die sogenannten trockenen Säulen, d. h. Säulen ohne Anwendung einer eigenen Flüssigkeit zu rechnen.

Die von Zamboni construirte trockene Säule wird in der Weise verfertigt, dass man unechtes Gold- und Silberpapier mit den Rückseiten aufeinander klebt und aus dem in dieser Art erhaltenen Doppelbogen, dessen eine Seite Gold, dessen andere Seite Silber ist, kreisförmige Scheiben ausstanzt. Letztere werden dann in grosser Anzahl derart aufeinander gelegt, dass alle Goldseiten nach der einen, alle Silberseiten nach der anderen Richtung weisen. Da das unechte Goldpapier durch Ueberziehen mit einer dünnen Kupferschicht, das Silberpapier durch Ueberziehen mit einer Zinnschicht hergestellt wird, so erhält man durch das angegebene Verfahren eine Säule, welche ganz ähnlich der Voltasäule aufgebaut ist. Die Zinn- und Kupferschichten sind in jedem Plattenpaare durch Papier und Kleister, also eine sehr hygroskopische, folglich stets mehr oder weniger feuchte Zwischenschicht von einander getrennt. Da man bei einer solchen Säule gewöhnlich eine sehr bedeutende Anzahl von Elementen, 3000 bis 4000, aufeinander schichtet, so erlangen die beiden Endscheiben oder Pole der Säule ziemlich

starke elektrische Spannungen und zwar wird hierbei die letzte Zinnscheibe negativ, die letzte Kupferscheibe positiv elektrisch. Die Pole der Säule zeigen daher Anziehungs- und Abstossungserscheinungen wie geriebene Glas- oder Harzstangen, ja man kann im Dunkeln selbst das Ueberspringen kleiner Fünkchen beobachten. Der Strom bei geschlossener Säule ist aber sehr schwach, weil nach jeder Entladung der Pole geraume Zeit verstreichen muss, bis die Pole, der schlechten Leitungsfähigkeit der Säule wegen, durch Nachströmen der Elektrizität wieder jene Spannung erhalten, die sie vor Schluss des Bogens besaßen. Da sich aber andererseits die Ladung an den beiden Polen jahrelang erhält, so ist die Säule verschiedener Anwendungen fähig.

Bei der Benützung der galvanischen Elemente kann man verschiedene Zwecke in's Auge fassen. Einmal kann es sich darum handeln eine sehr starke Spannung mit geringer Elektrizitäts-Entwicklung zu erhalten, während man ein andermal viel Elektrizität mit wenig Spannung erhalten will. Es ist hier genau dasselbe wie mit dem Wasserbetrieb. Um eine gewisse Kraft leicht auch auszuüben, kann man entweder eine geringe Wassermenge mit sehr hohem Gefälle, oder eine grosse Wassermenge mit geringem Gefälle benutzen.

Um eine hohe Spannung der Elektrizität zu erreichen, hat man die elektrische Spannung der einzelnen Elemente zu summiren, was in der durch Fig. 44 dargestellten Weise geschieht, wobei immer der eine Pol des Elementes mit dem entgegengesetzten Pole des anderen Elementes verbunden wird. \*) Besteht also beispielsweise jedes Element aus einer Kupfer- und einer Zinkplatte, welche paarweis in quadratischen Kästen vereinigt sind, so verbindet man den Kupferpol des ersten Elementes mit dem Zinkpole des zweiten, dessen Kupferpol wieder mit dem Zinkpole des dritten Elementes u. s. f., so dass schliesslich am letzten Element noch ein Kupferpol frei bleibt, welcher alsdann zur Herstellung des elektrischen Stromes durch einen Leitungsdraht mit dem freien Zinke des ersten Elementes vereinigt wird.

Will man aber viel Elektrizität mit geringer Spannung verwenden, so vereinigt man in der durch Fig. 45 angegebenen Weise sämtliche Zinkpole für sich und sämtliche Kupferpole für sich durch je einen gemeinsamen Draht, dessen vereinigte Enden alsdann wiederum den Schluss des Stromkreises ergeben. Man bezeichnet die erstgenannte Verbindungsmethode als Hintereinanderschaltung, während man die zweite Verbindungsweise als Parallelschaltung bezeichnet.

Durch Combination dieser beiden Verbindungsmethoden kann man mit einer gegebenen Anzahl von Elementen sehr verschiedene Stromstärken der elektrischen Wirkung erreichen.

Um die Leistungsfähigkeit einer galvanischen Batterie zu messen, benutzt man die chemisch zersetzende Wirkung (s. S. 21) des elektrischen Stromes und bedient sich dabei des sogenannten Voltameters oder Wasserzersetzung-Apparates, wie dies oben (s. S. 21) bereits erläutert wurde.

Fig. 44.

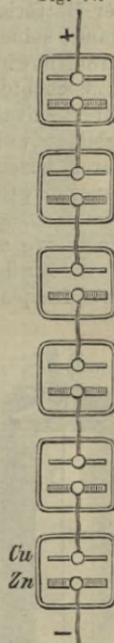
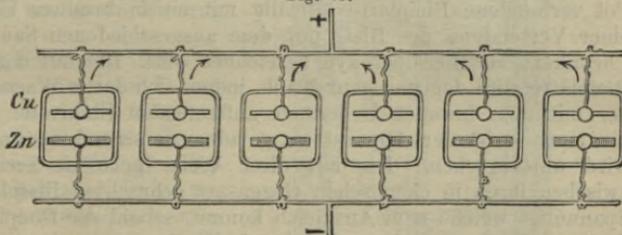


Fig. 45.

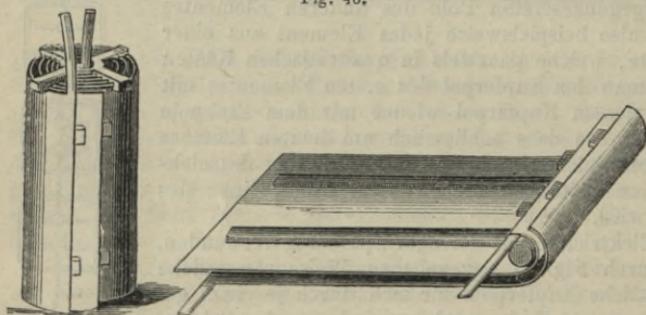


## Die Secundärbatterien (Accumulatoren).

Die Wirkungsweise einer Secundärbatterie oder eines elektrischen Accumulators lässt sich am Voltmeter beobachten. Unterbricht man nämlich den Batteriestrom, welcher unter Vermittlung der beiden Platinbleche (oder Elektroden) durch das Wasser geleitet wird, und verbindet man hierauf die beiden Platinelektroden leitend untereinander, so verläuft nunmehr in diesem neuen Schliessungsbogen ein elektrischer Strom, dessen Richtung zwischen beiden Elektroden entgegengesetzt ist jener, welche der Batteriestrom verfolgte. Dieser zweite oder secundäre Strom verdankt dem Umstande seine Entstehung, dass durch die Wasserzersetzung, welche der primäre Batteriestrom bewirkt hat, die Platinelektroden mit einer Wasserstoff- beziehungsweise Sauerstoffschichte überzogen wurden; dadurch ist nun aber gewissermassen ein neues (secundäres) galvanisches Element, bestehend aus einer Sauerstoff- und einer Wasserstoffplatte, gebildet worden. Der von diesem secundären Elemente gelieferte Strom kann nun durch besondere Anordnung der Elektroden sehr versärkt und für längere Zeit andauernd gemacht werden. Die hierzu geeignete Anordnung des Apparates wurde von dem französischen Chemiker Planté erfunden, indem derselbe nachwies, dass das Blei ein hierzu sehr geeigneter Körper sei.

Zu dem Zwecke der Herstellung einer wirksamen Secundärbatterie rollte Planté zwei Bleiplatten mit dazwischen gelegten Kautschuckstreifen so zusammen, dass diese

Fig. 46.



Platten sich nicht berühren konnten, sondern von einander vollständig isolirt waren. Diese Herstellung des Secundärelementes illustriert Fig. 46. Der so gebildete Cylinder wird in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure eingesetzt. Hierauf wird die eine der Bleiplatten mit dem positiven, die andere mit dem negativen Pole einer galvanischen Batterie, die

aus zwei bis drei Elementen zusammengesetzt ist, verbunden, so dass nunmehr der Batteriestrom durch die Bleiplatten und die zwischen denselben stehende Flüssigkeit hindurchgeht. Durch die Wirkung dieses Stromes wird die mit dem positiven Pol verbundene Bleiplatte allmähig mit einem braunen Ueberzuge versehen, der aus einer Verbindung des Bleis mit dem ausgedehnten Sauerstoff besteht und von den Chemikern als Bleisuperoxyd bezeichnet wird. Die mit dem negativen Pol verbundene Bleiplatte wird dagegen ganz blank, indem sich daran Wasserstoff abscheidet. Wenn an der mit dem braunen Ueberzuge auftretenden Elektrode Gasbläschen zum Vorschein kommen, so ist der Apparat als geladen zu betrachten und der hineingeleitete Strom wird unterbrochen. Die auf diese Weise geladene Secundärbatterie hat nunmehr zwischen ihren in chemischen Gegensatz gebrachten Bleiplatten eine starke chemische Spannung, welche zum Ausgleich kommt, sobald die Bleiplatten durch einen Leitungsdraht verbunden werden; die chemische Spannung setzt sich alsdann nach einer dem zugeführten Strome entgegengesetzten Richtung wieder in elektrischen Strom um, wobei der Sauerstoff der mit Bleisuperoxyd bedeckten Platte unter Zurücklassung eines schwammigen Bleiüberzuges entzogen wird, während sich nunmehr die früher blanke Bleiplatte mit Bleisuperoxyd überzieht. Hat sich auf diese Weise die zwischen den beiden Platten hervorgerufene Spannung ausgeglichen, so wird die Secundärbatterie abermals in gleicher Weise wie vorher mit einer galvanischen Batterie verbunden und der Strom hindurch geleitet, wobei alsdann der vorher geschilderte Process wiederum auftritt, die entsauerstoffte Bleiplatte nimmt den Sauerstoff wieder auf und die andere

entsauerstofft sich, wobei nunmehr auf ihr der schwammige Bleiüberzug zurückbleibt. Auf diese Weise wird die Secundärbatterie durch vielmaliges und in längeren Pausen wiederholtes Laden und Entladen formirt, d. h. die Platten werden mit einem immer mehr sich verstärkenden Bleischwammüberzug be-

deckt, der ihnen eine äusserst poröse und für die reichliche Sauerstoffaufnahme empfindliche Oberfläche gibt. Schliesslich ist die Secundärbatterie oder der elektrische Accumulator auf diese Weise für den praktischen Gebrauch fertig gestellt, d. h. der Apparat ist nun im Stande, eine kräftige, für längere Zeit ausdauernde elektrische Ladung aufzunehmen. Vereinigt man nun, wie dies Planté gethan, eine grössere Anzahl solcher Accumulatoren, so erhält man eine entsprechend verstärkte Secundärbatterie, welche im geladenen Zustande eine beträchtliche Arbeitskraft in sich aufgesammelt halten und für beliebige Verwendung auf bequeme Weise darbieten kann.

Eine so zusammengestellte Planté'sche Secundärbatterie illustriert Fig. 47. Dieselbe besteht aus zwanzig der beschriebenen Blei-Elemente und ist mit einem sogenannten Commutator, d. i. Stromwender, versehen, durch welchen man die Elemente in bequemster Weise mit einer kurzen Drehung einer Holzleiste entweder auf Spannung oder auf Quantität vereinigen kann, wie dies schon oben bei der Besprechung der Schaltungsweisen der galvanischen Elemente näher ausgeführt wurde. Von verschiedenen Elektrikern ist das Planté'sche Secundärelement auf verschiedene Weise abgeändert worden, um dessen Wirkung möglichst zu erhöhen.

Faure erleichtert das Formiren, indem er die Bleiplatten sofort mit einem geeigneten Ueberzug, mit Mennige versieht, die mit verdünnter Schwefelsäure unter Zusatz von etwas Stärke zu einem dicken Brei angerührt und auf die Bleiplatte aufgetragen wird. Hierbei wird die Platte, welche als negative Elektrode dienen soll, etwa 20 Centimeter hoch und 60 Centimeter lang, die positive aber bei gleicher Höhe nur 40 Centimeter lang gemacht. Die grössere Platte erhält auch einen viel stärkeren Mennigüberzug als die kleinere, und zwar etwa 1000 bis 1400, die andere aber nur 700 Gramm Mennigaufstrich. Die bestrichenen Platten werden mit einer Zwischenlage von Pergamentpapier oder Flanell (am besten soll Schafwollgewebe sein) bedeckt und zusammengerollt und in ein Glasgefäss 'eingesenkt. Ein derartiges Element ist in Fig. 48 dargestellt.

Fig. 47.

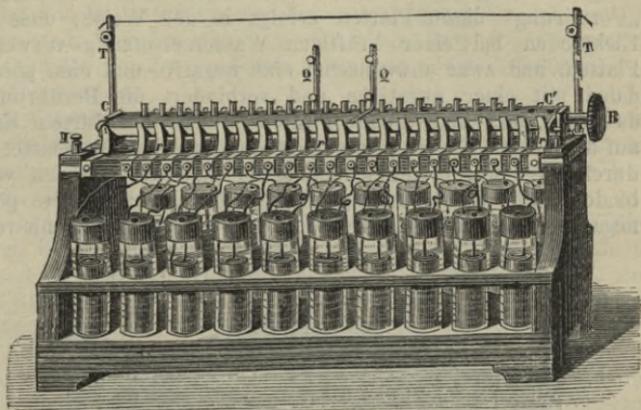
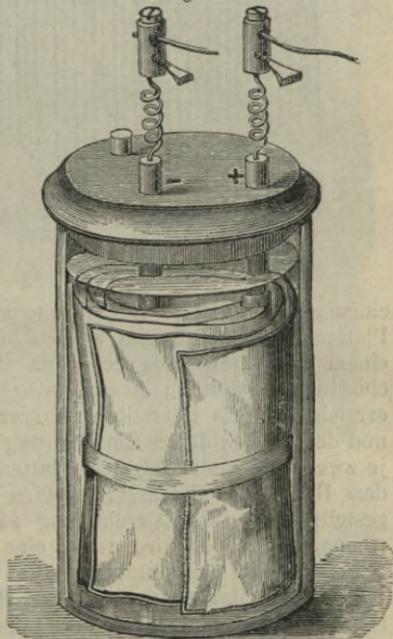


Fig. 48.



Einer grossen Verbreitung erfreuen sich gegenwärtig die Accumulatoren der Electrical Power Storage Company. Diese verwendet zu ihren Accumulatoren gitterförmig gegossene Bleiplatten, deren Oeffnungen bei den positiven Platten mit einem Schwefelsäure-Mennige-Brei, bei den negativen Platten mit einem Brei aus Bleiglätte und Schwefelsäure oder auch Magnesiumsulfat ausgefüllt werden. Die „Formirung“ dieser Platten erfolgt in der Weise, dass man sie längere Zeit als Elektroden bei einer kräftigen Wasserzersetzung verwendet. Dann legt man die Platten, und zwar abwechselnd eine negative und eine positive, aufeinander, schliesst dabei mit einer negativen und verhindert die Berührung der Platten miteinander dadurch, dass man kleine Plättchen aus vulcanisirtem Kautschuck dazwischen legt; auf die beiden Endplatten kommt dann je eine Glasplatte, worauf sämtliche Platten durch zwei starke Kautschuckbänder zu einem Ganzen vereinigt werden. Man verbindet dann durch kräftige Bleistangen einerseits alle positiven und andererseits alle negativen Platten untereinander und setzt sie in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäss aus Glas oder auch aus Pockholz ein. Wie

Fig. 49.

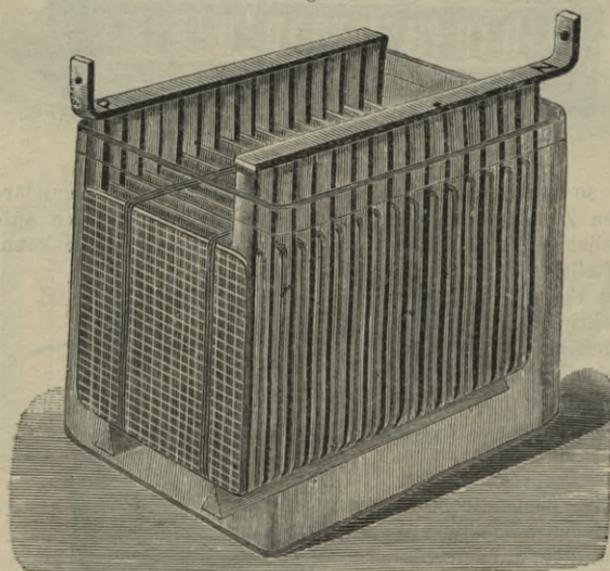


Fig. 49, welche eine grosse Type dieser Accumulatoren darstellt, erkennen lässt, ruhen die Platten nicht unmittelbar auf dem Boden des Glasgefässes auf, sondern stehen vielmehr auf den Kanten zweier Glasprismen. Man bezweckt durch diese Anordnung, dass eine metallische Verbindung der Platten untereinander, infolge einer Ansammlung etwa von der wirksamen Masse abgelöster Theilchen, unmöglich gemacht wird.

Schenek und Farbaky verwenden bei ihren gleichfalls aus gitterförmig gegossenen Bleiplatten gebildeten Accumulatoren Mennige und Bleiglätte mit einem geringen Coke-Zusatz für die positiven und Bleiglätte mit Bimsstein für die negativen Platten; in beiden Fällen werden die gut gemengten Füllmassen mit Schwefelsäure zu einem Teige von entsprechender Consistenz geknetet. Die Auseinanderhaltung der einzelnen Platten im Accumulator wird durch zwischengelegte paraffinirte Holzstäbe erreicht und die Herstellung kurzer Schlüsse während des Betriebes durch Abbröckeln und dergleichen durch Einschaltung je eines Blattes aus nitrirtem Filtrirpapier zwischen je zwei aufeinander folgende Platten verhindert, die überdies auch noch nicht direct auf dem Boden des Gefässes, sondern auf untergelegte, gleichfalls paraffinirte Holzstäbe gestellt sind. Die Vereinigung sämtlicher Platten eines Accumulators zu einem compacten Körper wird durch eine eiserne Gussform vermittelt, welche man über dieselben bringt und dann mit Blei ausgiesst. Als Gefässe verwenden Schenek und Farbaky Holzkisten, welche mit Blei ausgekleidet sind und mit einem mit Blei überzogenen Holzdeckel durch Verlöthung verschlossen werden. Durch diesen Deckel ragen in isolirter Führung die beiden Elektroden heraus; eine, gewöhnlich verschlossene, etwas grössere Oeffnung im Deckel dient zum Nachfüllen und Nachsehen.

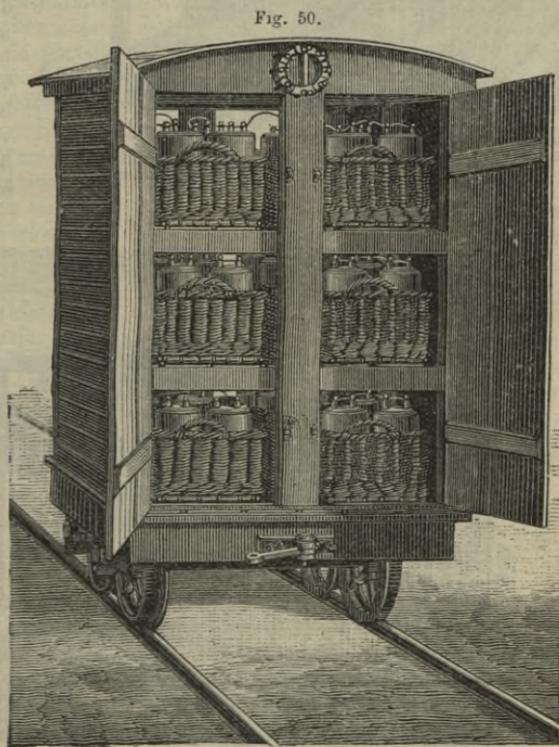
Die Accumulatoren haben eine entschieden nicht geringe Bedeutung, obschon ihre Leistungsfähigkeit oft sehr übertrieben worden ist. Gewiss ist die Art und

Weise, in welcher hier die Elektrizität gewissermaassen im Vorrath dargeboten wird, für viele Zwecke eine äusserst angenehme. Man denke nur an deren Verwendung zum Betrieb von Tramwaywagen, kleinen Booten und dergleichen. Ferner eignen dieselben sich auch zum Betrieb der elektrischen Beleuchtung sehr gut, indem man sie mit einer kleineren, für den Beleuchtungsbetrieb an sich nicht ausreichenden Maschine durch längeren Betrieb laden und dann für kürzere Zeit zur Speisung der elektrischen Lichter benutzen kann. Vielleicht kommen wir auch noch dahin, dass solche Apparate an einer elektrischen Centralstelle geladen und den Abonnenten zur beliebigen Benutzung in das Haus gebracht werden.

Unter den wirklichen Verwendungen der Accumulatoren ist der vom Ingenieur Clovis Dupuy, dem technischen Dirigenten der grossen Bleicherei des Herrn Duchenne-Fournet zu Breuil-en-Auge (Calvados) in's Werk gesetzte elektrische Betrieb eines Eisenbahnwagens, worüber „La Nature“ das Folgende berichtet:

In dem bezeichneten Etablissement ist schon seit längerer Zeit elektrische Beleuchtung angelegt, zu deren Betrieb elektrische Maschinen dienen. Diese Maschinen waren am Tage unthätig und so kam der genannte Ingenieur auf den Gedanken, sie auch am Tage zu benutzen, um damit Accumulatoren zu laden, durch welche wiederum der Betrieb einer Locomotive vermittelt werden sollte, die für die Aufnahme der Leinwandstücke von den Bleichplätzen bestimmt war. Bisher wurde diese Arbeit durch blosse Handarbeit ausgeführt, was sehr zeitraubend und kostspielig war, denn es handelte sich darum, die auf einer Fläche von etwa 15 Hektaren ausgebreiteten 100 Meter langen Leinwandstücke aufzunehmen. Um diese Arbeit nun mit einer elektrischen Locomotive zu verrichten, wurde der Bleichplatz mit einem 500 Meter langen Schienenweg umgeben, woran sich 21 Zweiggeleise quer über den Platz anschliessen, was eine Gesamtbahnlänge von 2040 Meter ergibt.

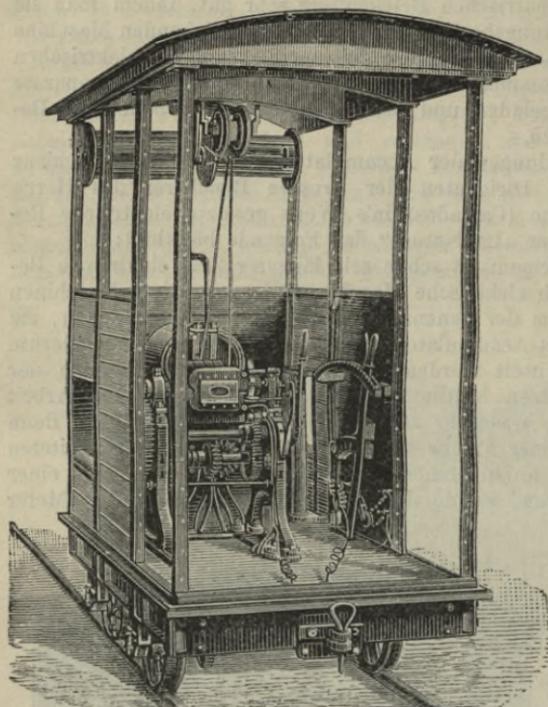
Die für die betreffende Locomotive nöthige Betriebskraft wurde in 60 Accumulatoren, von der Form, wie sie Fig. 48 darstellt, durch die elektrischen Beleuchtungsmaschinen aufgespeichert und die geladenen Accumulatoren wurden alsdann in Körben verpackt auf einen Wagen geladen, der in Fig. 50 abgebildet ist. Die elektrische Kraft der Accumulatoren diente nun dazu, eine elektrische Maschine zu betreiben, welche auf einem zweiten Wagen (Fig. 51) sich befand. Diese Maschine ist im Stande, eine Kraft von ungefähr zwei Pferden auszuüben, welche mittelst einer Kette auf die Räder übertragen wird. Die so hergestellte elektrische Locomotive hat ungefähr eine Fahrgeschwindigkeit von 12 Kilo-



meter in der Stunde, was freilich nicht viel ist, aber für die zu verrichtende Arbeit ist auch keine grössere Geschwindigkeit nöthig. Die Dauer des Betriebes hängt

natürlich von der Ladung der Accumulatoren ab; bei voller Ladung beträgt sie drei Stunden.

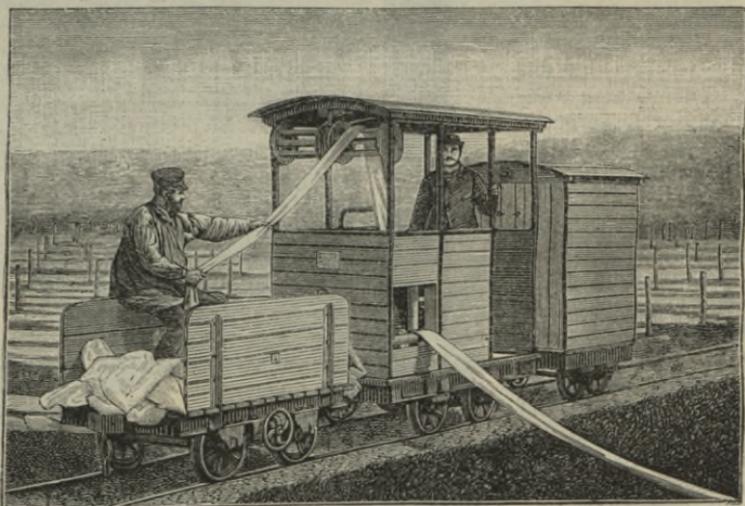
Fig. 51.



Die Benützungsweise dieser Locomotive illustriert Fig. 52. Die elektrische Maschine setzt hierbei eine aus Walzen und Rollen bestehende Vorrichtung in Betrieb, welche dazu dient, die langen Leinwandstreifen aufzuwinden, um dieselben auf dazu angehängten Wagen, deren Zahl 6 bis 8 beträgt, niederzulegen.

Grosse, gegenwärtig im praktischen Betriebe befindliche Accumulatorenanlagen sind die Beleuchtungsanlagen der beiden Wiener Hoftheater. In den Kellerräumen des Hofburgtheaters sind 540 Accumulatoren von Schenk-Farbaky aufgestellt, die in drei Batterien parallel geschaltet sind, von denen eine der Bühne reservirt ist, während die beiden anderen den Strom für den Zuschauerraum und die anderen Theile des Gebäudes liefern. Das vom Stromvertheilungsraume ausgehende Kabelnetz hat eine Gesamtlänge von 110 Kilometer und versorgt 5300 Glühlampen und 15 Bogenlampen mit Strom. Die Ströme,

Fig. 52.



welche die Ladung der Accumulatoren im Hofburgtheater und im Opernhause bewirken, werden in einer Centralstation erzeugt und durch je vier unterirdische Blei-

kabel (immer 2 zur Hin- und 2 zur Rückleitung), von welchen jedes einen Kupferquerschnitt von 250 Quadrat-Millimeter besitzt, geführt.

Seit Jahren werden die Züge der Strecke London-Brighton durch Accumulatoren elektrisch beleuchtet. Im ersten Packwagen ist eine kleine dynamo-elektrische Maschine aufgestellt, welche unter Vermittlung eines unter dem Wagen angebrachten Vorgeleges und entsprechender Riemenverbindungen durch die hintere Wagenaxe in Bewegung versetzt wird. Mit den Polklemmen der Maschine sind die Glühlampen und eine Accumulatoren-Batterie in paralleler Schaltung verbunden. Ist der Zug in vollem Laufe, so liefern die Maschine und die Accumulatoren gleichzeitig den Strom zur Speisung der Lampen; bleibt jedoch der Zug stehen oder vermindert sich seine Geschwindigkeit unter eine bestimmte Grenze, so bestreiten die Accumulatoren allein den Strombedarf. Die Unterbrechung wird automatisch besorgt.

Durch die vorstehenden kurzen Andeutungen soll die Anwendungsfähigkeit der Accumulatoren keineswegs erschöpfend dargestellt werden, sondern es ist hierdurch vielmehr nur bezweckt, darauf hinzuweisen, dass die Accumulatoren in vielen Fällen, namentlich wo ihr hoher Anschaffungspreis nicht in Betracht kommt, recht gut geeignet sind, die elektrischen Maschinen gewissermaassen zu ergänzen, oder deren Arbeitsleistung zu reguliren, oder auch sie zeitweilig ganz zu vertreten.

### Die Thermosäulen.

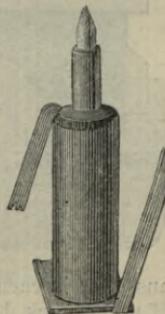
Während bei den galvanischen Batterien durch die Berührung verschiedenartiger Körper unter Mitwirkung der chemischen Kräfte die Erzeugung des elektrischen Stromes erfolgt, wird dieser Strom mittelst der Thermosäulen durch die gleichzeitige Einwirkung von Erwärmung und Abkühlung gewisser Metalle hervorgerufen. Ein schwacher elektrischer Strom entsteht schon dann, wenn man einen gewöhnlichen Metalldraht an dem einen Ende erwärmen und am anderen abkühlen lässt. Stärker wird dieser Strom, wenn man dieselbe Manipulation mit zwei verschiedenartigen in geeigneter Weise verbundenen Metallen vornimmt. Auch hinsichtlich dieser Art der Elektricitäts-erregung lassen sich ganz ähnlich wie mit Rücksicht auf die Contact-Elektricität die Metalle nach dem Grade ihrer Wirkung in einer Reihe ordnen, und zwar wie folgt:

+ Antimon, Eisen, Stahl, Zink, Silber, Gold, Kupfer, Zinn, Blei, Quecksilber, Messing, Platin, Neusilber, Wismuth —.

Mit Antimon verbunden wirken also hinsichtlich der thermo-elektrischen Erregung alle übrigen Metalle negativ, mit Wismuth verbunden alle übrigen positiv. Hierbei ist indessen auch die Temperatur maassgebend, indem bei gewissen Temperaturen die Wirkungsweise der Metalle sich auch zuweilen umkehrt. Die besten Erfolge hat man jedoch mit Anwendung gewisser Legirungen erzielt, aus denen man in geeigneter Weise sogenannte Thermosäulen oder thermo-elektrische Batterien herstellt. Sehr geeignet sind dazu die aus Antimon, Zink und Wismuth bestehenden Legirungen für das positive Metall und aus Kupfer, Zink und Nickel für das negative Metall, weil mit denselben einestheils der elektrische Gegensatz der Metalle bedeutend erhöht und andernteils die Anwendung hoher Temperaturen ermöglicht wird. Aus diesen Metall-Legirungen werden mehr oder minder starke Stäbe gegossen, welche alsdann abwechselnd mit ihren Enden verbunden werden.

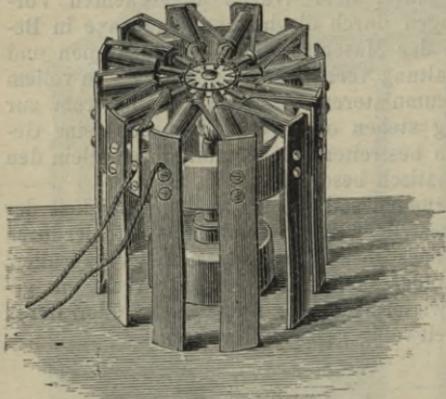
Eine zweckmässige Construction für Thermosäulen rührt von Noé her. Das dazu dienende sogenannte thermo-elektrische Element wird in der folgenden durch Fig. 53 illustrirten Weise hergestellt. In eine geeignete Form wird eine Metallkapsel und in diese ein Eisenstift eingesetzt, worauf man eine Anzahl von Neusilberdrähten, welche das elektro-negative Metall bilden, in die Kapsel einführt und alsdann dieselben mit einer ge-

Fig. 53.



heim gehaltenen, wahrscheinlich aber auch hauptsächlich aus Kupfer, Zink und Nickel bestehenden Legirung ausgiesst. Diese mit der Metall-Legirung ausgefüllten Metallkapseln werden dann mit Kupferstreifen verlöthet, welche an einem Holzringe

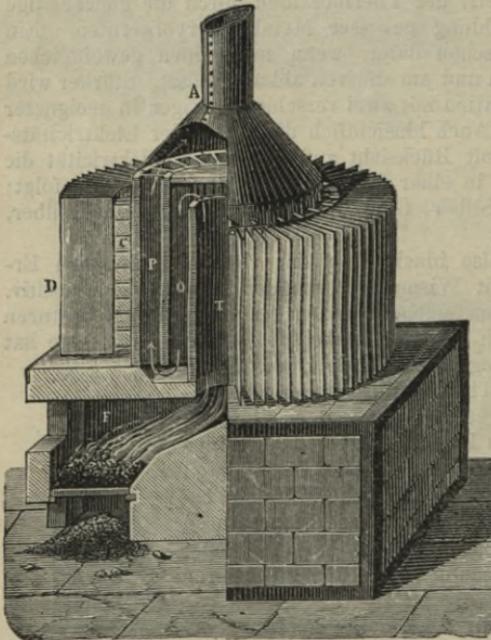
Fig. 54.



in Kreise herum befestigt sind und das sogenannte Abkühlungsgestell der Thermosäule bilden. Auch die Neusilberdrähte werden alsdann mit dem Kupferstreifen durch Löthung verbunden und zwar stets die Drähte des einen Elementes mit dem nächsten Streifen, die Drähte des letzten Elementes aber mit einem an Ringe befestigten besonderen Metallstück, welches den negativen Pol der Säule bildet, während der nachfolgende Kupferstreifen den positiven Pol abgibt, wie Fig. 54 illustriert. Auf die in der Mitte sternförmig gegen einander stehenden Eisenstifte wird dann ein Glimmerscheibchen gelegt und eine Spiritusflamme darunter gebracht, um die Erhitzung der Stifte und damit die elektrische Erregung der Thermosäule zu bewirken.

Die Kupferstreifen aber werden zur Herstellung einer möglichst starken Temperatur-Differenz der Löthstellen in kaltes Wasser gestellt. Diese Säulen zeigen in sehr auffälliger Weise, dass die Wärme sich in elektrische Wirkung verwandelt. So lange

Fig. 55.



der elektrische Strom Verwendung findet, kann man die Eisenstifte so stark erhitzen als es geht, ohne dass die Temperatur der Kupferstreifen sich über 30 bis 40° steigert; sobald aber der Stromkreis bei fortdauernder Wärmezuführung geöffnet ist, so erhitzen sich die Kupferstreifen viel stärker, so dass dadurch sogar das Loth an den Verbindungsstellen flüssig werden kann.

Die Wirkung geeignet construirter und aus einer grösseren Anzahl von Elementen zusammengesetzter Thermosäulen kann eine sehr kräftige sein, man kann damit sogar elektrisches Licht erzeugen; obschon nur als physikalisches Experiment und nicht für Beleuchtungszwecke, für welche eine derartige Lichtquelle zu umständlich und kostspielig sein würde. Wohl aber benutzt man die Thermosäulen zur Ausscheidung von Metallen u. s. w.

Eine Thermosäule für grössere elektrische Leistungen illustriert Fig. 55; dieselbe ist von Clamond construirt und besteht aus drei Haupttheilen: 1. dem Collector *TOP*, der als Ofen dient und aus gusseisernen Röhren zusammengesetzt ist; 2. den eigentlichen Thermo-Elementen *C* und 3. aus der Kühlvorrichtung *L*.

## Die elektrischen Maschinen.

Wir haben im Vorhergehenden gesehen, dass die Quellen der Elektrizität sehr verschiedenartig sein können. Chemische Wirkung und Wärme lassen sich mittelst geeigneter Apparate in Elektrizität verwandeln, aber die Wirkungen sind verhältnissmässig nur schwach und zur Erzielung halbwegs starker elektrischer Wirkungen müssen diese Apparate sehr umfänglich hergestellt werden, und ihr Gebrauch wird sehr kostspielig. Vortheilhafter hat es sich erwiesen, die mechanische Arbeit, d. i. die zur Umdrehung einer Welle verwendete Triebkraft zur Erzeugung von Elektrizität zu benutzen. Das Mittel dazu bietet die eigenthümliche Wechselwirkung zwischen Elektrizität und Magnetismus. Das dieser Wechselwirkung zu Grunde liegende Princip ist die von Faraday entdeckte Inductionswirkung (s. S. 27).

Die in Figur 56 dargestellte Vorrichtung lässt dies erklären. Zwei cylindrische gleich grosse Eisenstücke *a* und *b* sind durch ein plattenförmiges Eisenstück vereinigt und die Eisenkerne *a* und *b* sind in der angedeuteten Weise mit isolirtem d. h. mit Baumwolle oder Seide umsponnenem Kupferdraht umwunden. Wird durch diesen Draht ein elektrischer Strom, der mit einer galvanischen Batterie erzeugt werden kann, geleitet, so wird das Eisen zu einem starken Magnet, von welchem *a* und *b* die Pole sind. Umgekehrt wird aber in dem spiralförmig um das Eisen gewundenen Drahte ein elektrischer Strom erregt werden, wenn man den noch nicht magnetischen Eisenkernen *a* und *b* einen sogenannten Hufeisenmagnet mit seinen Polen *NS* nähert, indem die beiden Eisenkerne dadurch in entgegengesetzter Weise polarisirt werden, d. h. der dem Südpole *S* des Hufeisenmagnetes entgegenstehende Eisenkern *b* wird nordpolarisch und der dem Nordpole *N* des Hufeisenmagnetes entgegenstehende Eisenkern *a* wird süd-polarisch. Nach der von Ampère aufgestellten Ansicht (s. S. 26) ist aber ein Magnet an und für sich schon von elektrischen Strömen umkreist, wie dies auch durch die auf den Polflächen bei *S* und *N*, sowie bei *b* und *a* gezeichneten Pfeile dargestellt ist. Diese in den Eisenkernen *ab* durch die angenäherten Magnetpole erregten elektrischen Ströme rufen alsdann durch Induction entgegengesetzt gerichtete Ströme in den Drahtspiralen hervor, und der somit elektrisch erregte Draht ist im Stande, einen elektrischen Strom abzugeben.

Auf dieses Princip begründete Pixii im Jahre 1832 die erste magneto-elektrische Maschine, welche in Fig. 57 dargestellt ist. Diese Maschine besteht aus zwei an einem Holzgestelle befestigten, unter sich durch eine Eisenplatte verbundenen Eisenkernen,

Fig. 56.

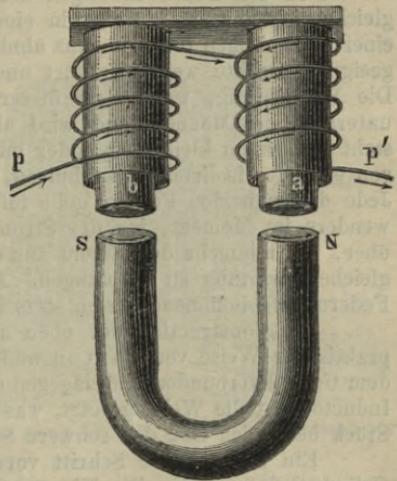
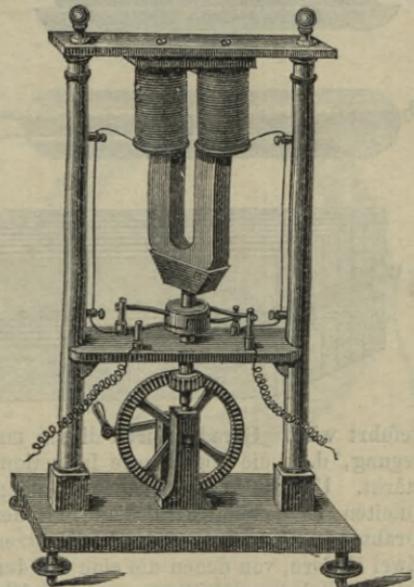


Fig. 57.



über welche zwei in vielfach übereinander liegenden Windungen mit Kupferdraht versehene Rollen, sogenannte Inductionsspulen, gesteckt sind. Unterhalb dieser Inductionsspulen befindet sich ein auf einer verticalen Achse befestigter Stahlmagnet, der auf geeignete Weise in rasche Rotation versetzt werden kann. Da hierbei die Pole des Magnets unterhalb der Inductionsspulen sich fortwährend bewegen, so werden auch in rascher Folge abwechselnd nach der einen oder anderen Seite gerichtete elektrische Ströme in den Drahtwindungen der Spulen erzeugt. Diese Ströme können als ein gleichgerichteter Strom, also in einer elektrischen Wirkungsweise, welche derjenigen einer galvanischen Batterie ganz ähnlich ist, aufgenommen und von der Maschine durch geeignete Drähte weiter geführt und zu irgend welchen Zwecken verwendet werden. Die Vorrichtung, welche zu dieser Gleichrichtung der Ströme dient, befindet sich unterhalb des Magnets und wird als Commutator bezeichnet. Diese Vorrichtung besteht aus einem kleinen Cylinder mit zwei stufenförmig in einander greifenden, aber von einander isolirten Metallhülsen, auf denen hüben und drüben eine Feder schleift. Jede dieser beiden Federn geht infolge der Rotation des Commutators oder Stromwenders im Moment, wo der Strom seine Richtung wechselt, auf die andere Hülse über, um nunmehr den Strom aus der anderen Inductionsspule, d. i. den Strom von gleicher Richtung zu empfangen. Auf diese Weise geht der von jeder dieser beiden Federn aufgenommene Strom stets in derselben Richtung aus der Maschine heraus.

Die Construction der oben abgebildeten Maschine von Pixii wurde bald in praktischer Weise von Saxton und Clarke abgeändert, indem der Magnet fest mit dem Gestell verbunden und dagegen der aus den Inductionsrollen bestehende sogenannte Inductor auf die Welle gesetzt, was insofern praktischer war, als nunmehr das leichte Stück beweglich und das schwere Stück fest gemacht wurde.

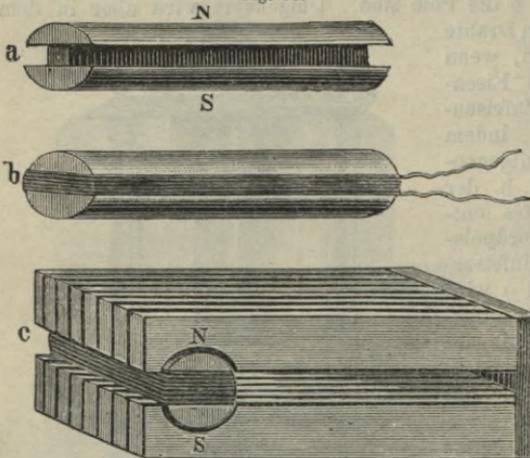
Ein bedeutender Schritt vorwärts wurde mit der Erfindung des sogenannten Cylinderinductors von Dr. W. von Siemens in Berlin im Jahre 1851 gethan. Dieser

Inductor besteht nach Fig. 58 aus einem Eisencylinder *a*, der mit zwei gegenüber liegenden, rinnenförmigen Ausschnitten versehen ist, die zur Aufnahme der Drahtwindungen *b* dienen. Bei dieser Form des Inductors können die Drahtwindungen sehr dicht an die Magnetpole gebracht werden, indem man diese selbst entsprechend aushöhlt, wie dies bei *c* ersichtlich ist. Hierin liegt ein Vortheil, weil dadurch eine viel stärkere elektrische Erregung der Drähte stattfindet und daher dieselben von viel kräftigeren Strömen durchflossen werden, sobald der Inductor in Umdrehung versetzt und dadurch ein fortwährender Wechsel der Pole *NS* im Inductor herbeigeführt wird.

Gerade durch diesen magnetisirten Eisenkern wird die elektrische Erregung, d. i. die sogenannte Induction in den Drahtwindungen noch bedeutend verstärkt. Um die in den Drahtwindungen erregten elektrischen Ströme nach aussen abzuleiten, ist das eine Drahtende mit der den Inductor tragenden Welle und das andere Drahtende mit einem auf der Welle sitzenden, aber davon isolirten Metallringe verbunden. Zwei Federn, von denen die eine auf der Welle und die andere auf dem erwähnten Ringe schleift, nehmen die Ströme auf und führen dieselben der mit der Maschine verbundenen Leitung zu.

Fig. 59 zeigt eine kleine Siemens'sche magnet-elektrische Maschine, welche mit

Fig. 58.



diesem Cylinder-Inductor versehen ist. Die magnetische Einwirkung auf denselben wird durch sechzehn nebeneinander senkrecht im Gestell befestigte Magnete hervorgerufen.

Die aus den Drahtenden dieses Inductors abgeleiteten Ströme sind sogenannte Wechselströme, weil 'sie bei jeder halben Umdrehung des Inductors ihre Richtung wechseln, d. h. sie durchlaufen den Draht einmal von links nach rechts und das andere Mal von rechts nach links, wenn man sich vor die Langseite des Inductors gestellt denkt. Diese Wechselströme können nun zwar mittelst eines Commutators in einen continuirlich, nach einer Richtung laufenden Strom verwandelt werden, was für gewisse Zwecke der Elektrotechnik erwünscht ist, aber durch die betreffende Einrichtung wird die Maschine complicirt und der Commutator, sowie die auf denselben schleifenden Federn unterliegen einer raschen Abnutzung, weshalb es erwünscht war, eine derartige Maschine zu besitzen, von deren Inductor ohne Weiteres ein gleichgerichteter Strom ausging.

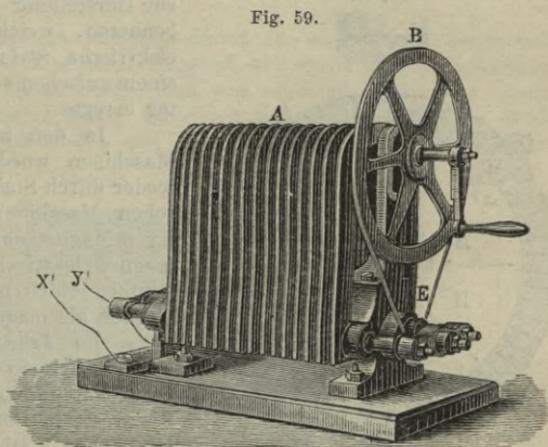
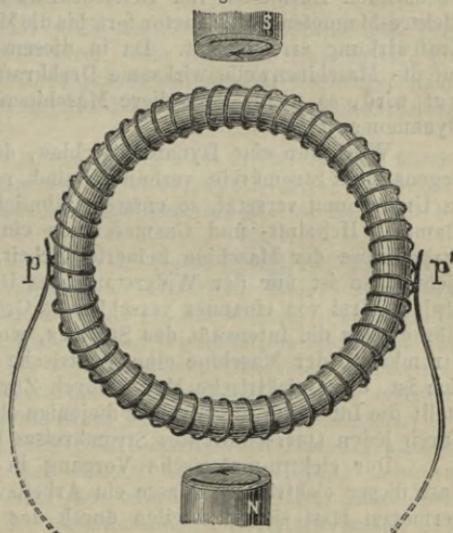


Fig. 59.

Die hier vorliegende Aufgabe wurde durch den vom Professor Antonio Pacinotti in Florenz im Jahre 1860 erfundenen Ringinductor gelöst.

Die Wirkungsweise dieses Ringinductors wird durch Fig. 60 erklärt. Der Ring besteht ebenso wie der Cylinder des vorher besprochenen Siemens'schen Inductors aus weichem Eisen und ist mit isolirten Draht umwunden. Wenn sich dieser Ring zwischen zwei Magnetpolen *NS* befindet, so entsteht im Eisen gegenüber dem Nordpol ein Südpol und gegenüber dem Südpol ein Nordpol, während die beiden Punkte des Ringes, die am weitesten von den Magnetpolen abliegen, gar nicht magnetisch sind, indem sie die sogenannten neutralen Punkte bilden. Wird der Eisenring zwischen den beiden Magnetpolen in der Richtung seiner Krümmung herumgedreht, so werden nach und nach andere Stellen des Ringes magnetisirt, während die vorher magnetisirten Stellen ihren Magnetismus verlieren. Die im weichen Eisen erregten Pole wandern also um den Ring herum und dabei werden in dem den Ring umwindenden Drahte in jeder Ringhälfte stets nach gleicher Richtung fließende elektrische Ströme erzeugt, wobei aber der Strom in der einen Ringhälfte entgegengesetzt zu dem Strom in der anderen Ringhälfte gerichtet ist. Es wird dies in Fig. 61 durch Pfeile verdeutlicht. Indem man die einzelnen Drahtwindungen des Ringes mit der Welle durch radial gerichtete Drähte verbindet, kann man diese Ströme sammeln und zwar wird dies an den neutralen Punkten des Ringes

Fig. 60.



geschehen, weil hier die Ströme stets ihre Richtung beibehalten. Auf die specielle Construction dieser Maschinen werden wir später zurückkommen.

Eine bedeutende Verbesserung der magnet-elektrischen Maschinen wurde durch H. Wilde in Manchester erreicht, indem derselbe auf die Idee kam, die mittelst einer magnet-elektrischen Maschine erzeugten Ströme zur Herstellung eines starken Elektromagnets zu benutzen, welcher hierauf seinerseits wiederum elektrische Ströme von grösserer Mächtigkeit in einem zwischen seinen Schenkeln rotirenden Inductor erregte.

In den bisher beschriebenen elektrischen Maschinen wurden die elektrischen Ströme entweder durch Stahlmagnete oder (wie in der Wildeschen Maschine) durch Magnete erregt, welche ihren Magnetismus durch den von einer anderen magnet-elektrischen Maschine erzeugten Strom zugeführt erhielten. Diese Maschinen beiderlei Art werden als magnet-elektrische bezeichnet.

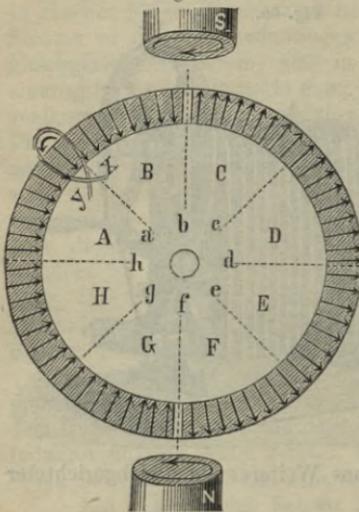
Im Jahre 1866 wurde jedoch noch ein anderes Princip der Erzeugung elektrischer Ströme entdeckt, und zwar gleichzeitig von Dr. W. von Siemens in Berlin und Professor Wheatstone in London. Dieses Princip beruht darauf, dass die Maschine in sich selbst den zur Erzeugung ihrer Elektromagnete nöthigen elektrischen Strom erzeugt, und zwar dient ihr dazu die geringe Spur

von Magnetismus, welche nach einmaliger Magnetisirung auch im weichsten Eisen zurückbleibt. Durch diesen schwachen Magnetismus wird zuerst auch nur ein entsprechend schwacher Strom im Inductor erregt, der aber alsbald den Magnetismus verstärkt, welcher hierauf wiederum verstärkend auf den Inductionsstrom zurückwirkt. So dauert mit einem wachsenden Aufwande von Betriebskraft die gegenseitige Verstärkung zwischen den Elektro-Magneten und Inductor fort, bis die Maschine die ihr zukommende volle elektrische Kraftwirkung erreicht hat. Da in diesem Falle die elektrische Erregung durch die auf die Maschinenwelle wirksame Drehkraft, also rein durch dynamische Wirkung erregt wird, so nennt man diese Maschinen dynamo-elektrische Maschinen oder kurz Dynamomaschinen.

Wird nun eine Dynamomaschine, deren Pole durch einen Leitungsdraht, den sogenannten Stromkreis, verbunden sind, mit einem Aufwand von mechanischer Arbeit in Umdrehung versetzt, so entsteht, ähnlich wie in den Wärmemaschinen, d. i. in den Dampf-, Heissluft- und Gasmaschinen ein sogenannter Kreisprocess. Wird in dem Stromkreise der Maschine keinerlei Arbeit, weder mechanische noch chemische verrichtet, so ist nur der Widerstand des Drahtes in Betracht zu ziehen und es sind alsdann drei von einander verschiedene Grössen zu berücksichtigen. Zuerst die Stromstärke oder die Intensität des Stromes, wobei man sich vorstellen kann, dass in dem Stromkreise der Maschine eine elektrische Masse bewegt werde. Wenn es nun möglich ist, diese elektrische Masse durch Zurückführung auf eine Einheit zu messen, so stellt die Intensität des Stromes diejenige elektrische Masse dar, welche in der Secunde durch jeden Querschnitt des Stromkreises hindurch geht.

Der elektro-motorische Vorgang in der Dynamomaschine besteht nun darin, dass dieser elektrischen Masse ein Arbeitsvermögen ertheilt wird und dieses Arbeitsvermögen lässt sich darstellen durch das Product aus der elektrischen Masse und einer gedachten Hubhöhe, ganz ähnlich, wie man die Arbeit, welche, beim Heben eines Gewichtes auf eine gewisse Höhe verrichtet, durch das Product aus der Zahl der gehobenen Gewichtseinheiten und der Hubhöhe gemessen wird. Diese bei der elektrischen Arbeit ebenfalls denkbare (ideelle) Hubhöhe heisst die elektro-motorische Kraft.

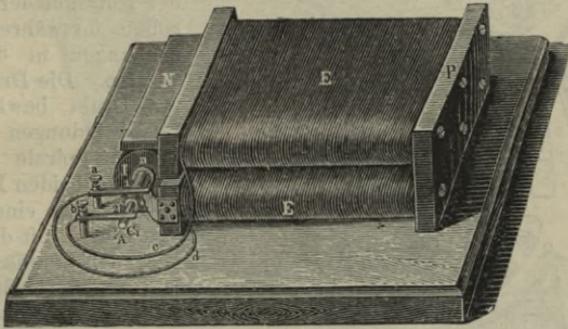
Fig. 61.



Die dritte Grösse, welche im elektrischen Kreisprocesse zur Wirkung kommt, ist der Widerstand, den man sich als eine Art Reibung denken kann, welchen die elektrische Masse bei ihrer Fortbewegung zu überwinden hat. Diese drei Grössen: Stromstärke, elektro-motorische Kraft und Widerstand spielen in der Elektrotechnik eine grosse Rolle und sie stehen in dem bereits S. 18 angegebenen Zusammenhange (Ohm'sches Gesetz).

Die erste von Siemens construirte Maschine dieser Art ist in Fig. 62 abgebildet. Die beiden Elektromagnete *EE*, welche aber eigentlich nur einen Magnet darstellen, bestehen aus zwei Platten aus weichem Eisen, jede von etwa 60 Centimeter Länge, 50 Centimeter Breite und 10 Centimeter Dicke. Dieselben sind am hintern Ende durch eine dritte Platte *P* mit einander verbunden und mit übersponnenem dicken Kupfer-

Fig. 62.



drahte quer bewickelt, so dass der Draht wie in einer einzigen Spirale verläuft. Die Enden *cd* dieses Drahtes sind in den Schraubenklemmen *a* und *b* befestigt, welche mit den Schleiffedern 1 und 2 verbunden sind, von denen die letztere auf dem Wellenende *A*, die andere auf dem Commutator *n* des Inductors *I* aufliegt, welcher letztere sich zwischen den Polen *NS* des Magnets dreht.

Die dynamo-elektrische Maschine erfuhr noch manche Umgestaltung und Verbesserung, wovon im Folgenden die Rede sein wird. Alle weiteren Fortschritte, die auf diesem Gebiete gemacht worden sind, beruhen jedoch auf den im Vorhergehenden beschriebenen Erfindungen, welche die Grundlagen in der Construction der elektrischen Maschinen geliefert haben.

Die elektrischen Maschinen überhaupt lassen sich in zwei grosse Classen unterbringen. Die eine Classe umfasst die sogenannten Wechselstrom-Maschinen mit den in neuester Zeit hinzugekommenen Drehstrom-Maschinen, die andere die Gleichstrom-Maschinen.

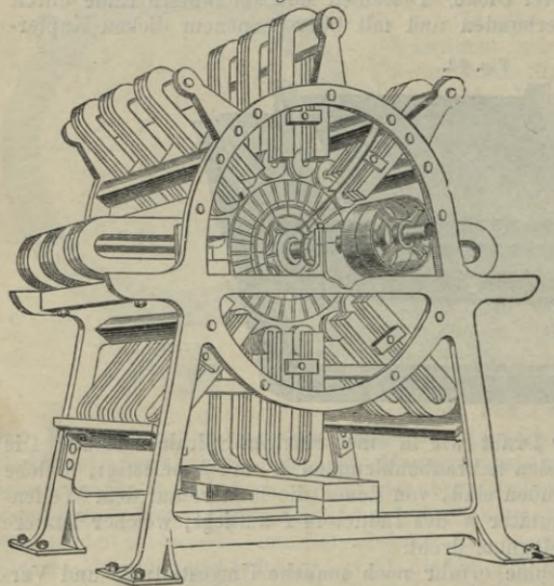
Die Wechselstrom-Maschinen liefern, wie schon der Name besagt, Ströme, welche gewissermaassen als hin- und hergehende Zuckungen zu betrachten sind. Für manche Beleuchtungsapparate sind solche Ströme nothwendig, um ein gleichmässig fortwährendes Licht zu erhalten, erfahrungsmässig brauchen aber diese Wechselstrom-Maschinen für eine bestimmte Leistung mehr Betriebskraft als die Gleichstrom-Maschinen und ausserdem können die letzteren auch einfacher construirt und vielseitig benutzt werden. Ferner kann eine Wechselstrom-Maschine nicht direct ihre Elektro-Magnete selbst erregen, weil dazu ein gleichgerichteter Strom nöthig ist, denn Wechselströme würden die Magnetpole fortwährend umändern und den Magnet nie zur Wirkung kommen lassen. Die Wechselstrom-Maschinen sind aus den magnet-elektrischen Maschinen hervorgegangen, haben aber mit der Zeit ihre eigenthümlichen Formen erhalten und sind mit Elektro-Magneten ausgerüstet worden, welche meist von einer besonderen kleineren, gleichgerichtete Ströme liefernden Maschine erregt werden, oder zu deren Erregung ein Theil der Maschinenströme in gleiche Richtung gebracht wird.

Eine vielgenannte und für die Entwicklung des elektrischen Beleuchtungswesens

epochemachende Wechselstrom-Maschine wird durch die grosse magnet-elektrische Maschine der Compagnie „l'Alliance“ repräsentirt. Diese sogenannte Alliance-Maschine ist in Fig. 63 dargestellt.

Die Maschine besteht aus einem Gestell, in welchem nach radialer Richtung acht Reihen grosser Stahlmagnete befestigt sind. Auf der im Centrum der sternförmig angeordneten Magnete befindlichen Betriebswelle sind zwischen den Magneten Messingscheiben angebracht und an jeder sitzen entsprechend der gleichmässigen Entfernung der 16 Magnetpole beiderseits ebensoviele Drahtrollen, welche den Inductor bilden.

Fig. 63.



Die Magnete sind so angeordnet, dass stets entgegengesetzte Pole sowohl einander gegenüber als nebeneinander stehen, so dass bei der Rotation der Inductor-Drahtrollen fortwährend neue Stromzuckungen in denselben erregt werden. Die Drahtrollen sind so mit Draht bewickelt, dass die Drahtwindungen einer einzigen grossen Spirale entsprechen und von den beiden Enden dieser Spirale ist das eine mit der Welle, das andere mit dem isolirt darauf sitzenden Commutator verbunden. Durch Federn, die auf dem Ringe und der Achse schleifen, werden die Wechselströme aufgesammelt und der Leitung zugeführt.

Eine solche Alliance-Maschine ist gewöhnlich mit 4—6 der erwähnten Messingscheiben und dementsprechend mit 32 oder 48 Magneten versehen, welche durch ihre 64 oder 96 Pole auf ebenso-

viele Inductor-Rollen wirken. Da nun bei jeder Umdrehung der Scheiben jede Seite der 16 auf ihnen sitzenden Inductor-Rollen an ebensovielen Magnetpolen vorübergeht, so entstehen bei jeder Umdrehung 16 Wechselströme und da die mittelst einer 5pferdigen Dampfmaschine in Rotation versetzte Welle circa 1400 Umdrehungen in der Minute macht, so findet in jeder Secunde nahezu einhundertmaliger Stromwechsel statt.

Von der Mächtigkeit der Maschine legen die folgenden Angaben Zeugniß ab. Jeder der Magnete wiegt 20 Kilogramm, die Spulen bestehen aus gespaltenen Eisen-cylindern, die in gespaltenen Messingcylindern stecken; jede ist 10 Centimeter lang und hat 4 Centimeter im Durchmesser. Auf jede Spule werden gewöhnlich acht circa 30 Meter lange und 1 Millimeter dicke mit Baumwolle umspinnene Kupferdrähte nebeneinander aufgewickelt. Mit einer solchen Maschine von 32 Magneten kann man ein elektrisches Kohlenlicht von über 1000 Kerzen Leuchtkraft erhalten. Es haben diese Maschinen fast nur auf Leuchthürmen Verwendung gefunden und ihrer complicirten und kostspieligen Construction wegen werden sie nicht mehr gebaut.

Die Anordnung der Gramme'schen Wechselstrom-Maschine ist aus den Figuren 64 u. 65 zu ersehen. Auf der Welle dieser Maschine sitzen 8 radiale, plattenförmige Elektro-Magnete *K*, welche zwischen zwei Naben *H* befestigt und mit bogenförmigen Polschuhen versehen sind.

Die Armatur dieser Maschine ist ein mit dem Gestell fest verbundener breiter Eisenring, welcher mit 32 von einander getrennten und abwechselnd nach verschiedener Richtung gewundenen Drahtspulen *abcd* versehen ist. Bei der Rotation der Elektro-

Fig. 64.

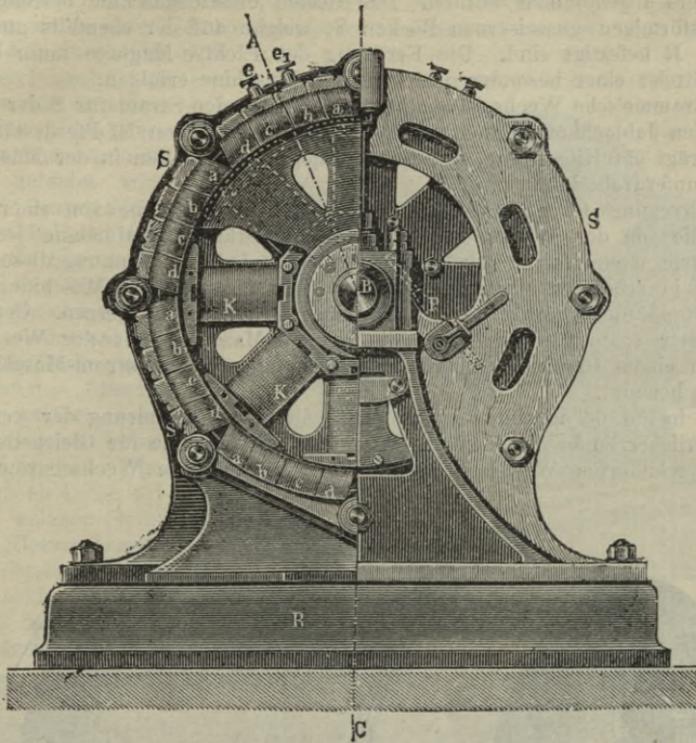
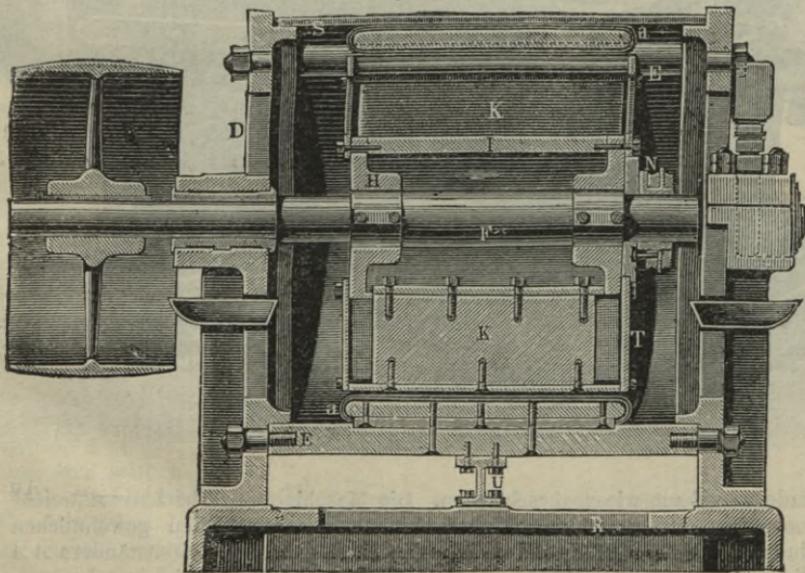


Fig. 65.



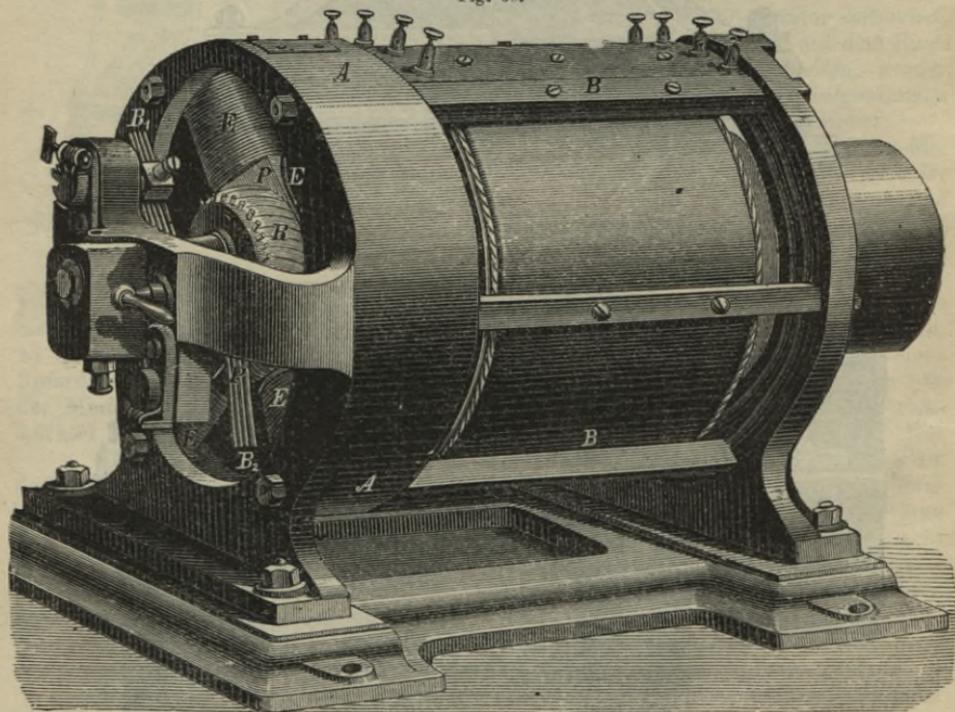
Magnete werden in diesen Drahtspulen Wechselströme erregt, welche mittelst eines Stromsammlers abgenommen werden. Das Gestell dieser Maschine besteht aus zwei nahezu kreisförmigen gusseisernen Böcken *S*, welche auf der ebenfalls gusseisernen Grundplatte *R* befestigt sind. Die Erregung der Elektro-Magnete muss bei dieser Maschine mittelst einer besonderen elektrischen Maschine erfolgen.

Die Gramme'sche Wechselstrom-Maschine liefert den Strom für 8 der später zu beschreibenden Jablochhoff-Kerzen bei einer Betriebskraft von 16 Pferdestärken. Ihr Gewicht beträgt 650 Kilogramm, wovon 103 Kilogramm auf den in der Maschine vorhandenen Kupferdraht kommen.

Die Erregung der Elektro-Magnete durch Ströme, welche von einer Erreger-Maschine, die von der Wechselstrom-Maschine vollständig unabhängig ist, erzeugt werden, führte mannigfache Uebelstände mit sich. Jede Schwankung dieses Stromes machte sich in erhöhtem Maasse in den von der Wechselstrom-Maschine erzeugten Strömen geltend und veranlasste ein unruhiges Brennen der Kerzen. Gramme hat daher in einer spätern Construction die Erreger-Maschine mit der Wechselstrom-Maschine zu einem Ganzen vereinigt und diese eine Wechselstrom-Maschine **Auto-Excitatrice** benannt.

Diese in Fig. 66 abgebildete Maschine stellt eine Combination der weiter unten noch ausführlicher zu beschreibenden Gramme'schen Maschine für Gleichstrom *A* mit der eben geschilderten Wechselstrom-Maschine *B* dar. Die Wechselstrom-Maschine

Fig. 66.



ist gerade so gebaut wie vorbeschrieben. Die Maschine für Gleichstrom weicht durch die Anordnung der erregenden Elektromagnete etwas von den gewöhnlichen Ringmaschinen ab. Von der Innenseite des cylindrisch gebauten Seitenständers *AA* ragen in radialer Richtung die Elektromagnete *E* hinein. An zwei einander gegenüber-

liegenden Scheitelpunkten der durch die Elektromagnete gebildeten Winkel sind die beiden Polschuhe *PP* angebracht, welche je zwei Elektromagnete verbinden. Die Drahtwindungen in den Elektromagnetschenkeln sind so geführt, dass je zwei derselben an den durch den Polschuh vereinigten Enden gleiche Polarität erhalten. Innerhalb des cylindrischen Raumes, welcher durch die Polschuhe gebildet wird, rotirt ein Gramme'scher Ring *R* gewöhnlicher Construction. Er bewegt sich also wie bei den früher beschriebenen Maschinen zwischen zwei diametral einander gegenüberliegenden entgegengesetzten Magnetpolen und erfährt daher auch ganz dieselben Inductionswirkungen. Der Ring ist auf derselben Achse aufgekeilt, auf welcher die inducirenden Elektromagnete der Wechselstrom-Maschine *B* befestigt sind. Die im Ringe *R* inducirten Ströme werden durch die Bürsten *B<sub>1</sub> B<sub>2</sub>* den Elektromagneten der Wechselstrom-Maschine zugeführt.

Um die Ströme beider Maschinen reguliren zu können, sind die Bürsten der Erregermaschine nicht unmittelbar mit den Drahtwindungen der Elektromagnetschenkel in der Wechselstrom-Maschine verbunden, sondern die Verbindung ist eine derartige, dass durch sie ein bequemes Ein- oder Ausschalten grösserer oder geringerer Drahtwiderstände ermöglicht wird.

Die Wechselstrom-Maschine von Ganz ist in den Figuren 67 und 68 in Vorder- und Rückansicht abgebildet. Sie besteht, wie daraus ersichtlich, aus sechs feststehenden Elektromagneten, deren Eisenkerne mit dem Lager der Riemenscheibe aus einem Stücke gegossen werden. Der Ring, der seitlich gefasst über die Elektromagnete hinwegrotirt, ist bei der sechspoligen Maschine derart bewickelt, dass schon  $\frac{1}{6}$  desselben die nöthige Spannung erzeugt; diese Sechstel sind dann zur Erreichung der gewünschten Stromstärke parallel geschaltet. Jedes Ringsechstel besteht aus 50 Spulen zu je 12 Windungen, woraus ein Stromsammelring von

Fig. 67.

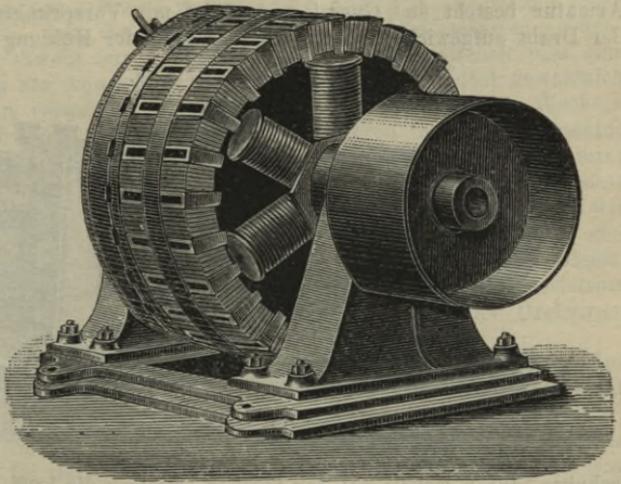
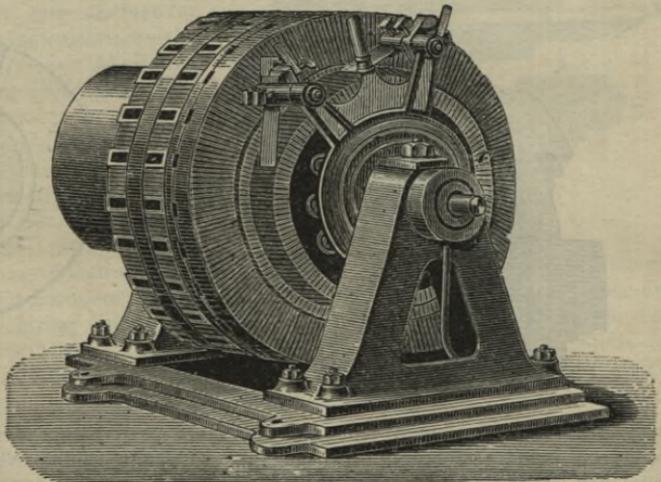


Fig. 68.

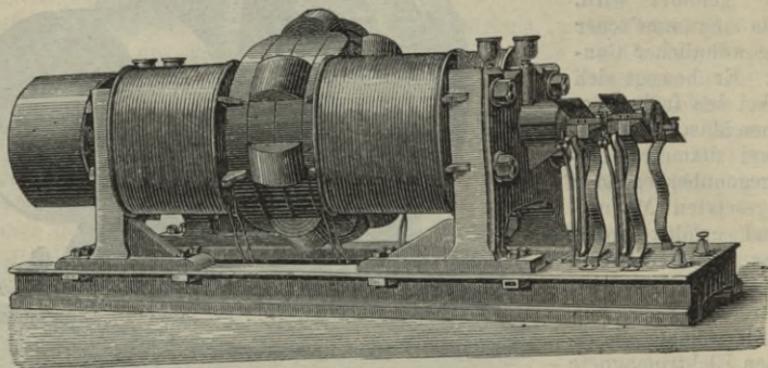


Der Ring, der seitlich gefasst über die Elektromagnete hinwegrotirt, ist bei der sechspoligen Maschine derart bewickelt, dass schon  $\frac{1}{6}$  desselben die nöthige Spannung erzeugt; diese Sechstel sind dann zur Erreichung der gewünschten Stromstärke parallel geschaltet. Jedes Ringsechstel besteht aus 50 Spulen zu je 12 Windungen, woraus ein Stromsammelring von

$56 \times 6 = 336$  Sectoren resultirt. Um die Ableitung auf 2 Bürsten zu beschränken, wurden je sechs gleichwerthige Sectoren untereinander verbunden.

Eine der wirksamsten und in ihrer Construction ganz originelle Maschine ist die des Amerikaners Brush, deren äussere Form die Fig. 69 darstellt, während Fig. 70 einen Theil des Armatur-Ringes und Fig. 71 den Commutator zeigt. Der Ring der Armatur besteht aus Gusseisen und ist mit Vorsprüngen versehen, zwischen denen der Draht aufgewickelt wird. Zum Zwecke der Kühlung haben die Vorsprünge Ein-

Fig. 69.



schnitte, durch welche bei der raschen Drehung die Luft hindurch streicht. Zu beiden Seiten des Ringes sind die beiden horizontalen zweischenkeligen Elektro-Magnete angebracht, welche durch den zuvor gleichgerichteten Strom der Maschine erregt werden.

Der Commutator (Fig. 71) besteht aus zwei nahezu halbkreisförmigen Metallstücken *LS* und einem dazwischen geschobenen keilförmigen Stücke *T*. Diese sämtlichen drei Theile sind unter sich, wie auch von der Welle isolirt, d. h. durch nicht elektrisch leitendes Material von einander getrennt. Auf dem Commutator schleifen

Fig. 70.

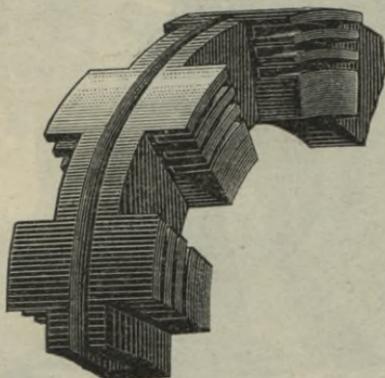
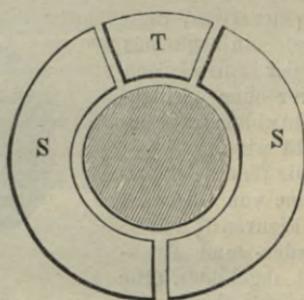


Fig. 71.



vier Bürsten, von denen jede einzelne stets zwei Ringe des Commutators berührt, wodurch immer zwei diametral gegenüberliegende Spulen verbunden sind. Berührt eine der Federn aber das Stück *T*, den sogenannten Isolator, so wird in diesen Spulen gerade in dem Moment unterbrochen, wo sie durch die zwischen den beiden Magneten befindlichen neutralen Stellen des wirksamen Magnetfeldes gehen. Hierdurch wird erreicht, dass der Strom nicht unnöthigerweise durch unwirksame Drahtspiralen hindurch gehen muss und keine Stromkraft vergeudet wird. Infolge dessen gewährt auch diese Maschine einen hohen Nutzeffect.

Ausser der bisherigen Art der Wechselstromerzeugung ist in jüngster Zeit von verschiedener Seite ein abgeändertes Verfahren vorgeschlagen und ausgeführt worden, über welches gegenwärtig zwar noch keine endgiltig entscheidenden praktischen Erfahrungen vorliegen, das aber bereits im Versuchsstadium seine Bedeutung namentlich für Uebertragung elektrischer Energie auf grosse Entfernungen erkennen lässt. Es ist dies der sogenannte Drehstrom. Dieser unterscheidet sich von den gewöhnlichen Wechselströmen nur dadurch, dass die Phasen der einzelnen Wechselströme gegeneinander verschoben sind. Obwohl zur Erzeugung eines solchen Drehstromes eine grössere Anzahl von Strömen zur Anwendung gelangen kann, werden doch gewöhnlich nur 3 Ströme benützt. Man verwendet hierbei eine entsprechend gebaute Wechselstrommaschine mit 3 Schleifringen, welche von einer besonderen Gleichstrommaschine angeregt wird. Bei der Anwendung dreier Ströme beträgt die Verschiebung ihrer Phasen gegeneinander natürlich  $120^\circ$  ( $\frac{1}{3}$  des Kreises). Da hierbei die Ströme stets in einer bestimmten Ordnung aufeinander folgen, z. B. 1, 2, 3, 1, 2, 3 . . . , so hat der Drehstrom in diesem Sinne eine bestimmte Richtung. Es zeigt sich dies am einfachsten durch seine Wirkung auf eine Magnetnadel. Während nämlich der Gleichstrom eine einseitige, constante Nadelablenkung und der gewöhnliche Wechselstrom ein Pendeln der Nadel um ihre Gleichgewichtslage bewirkt, versetzt der Drehstrom die Nadel in dauernde rotirende Bewegung.

Wir gehen nunmehr zur Besprechung der Gramme'schen Dynamomaschine über, welche im Princip mit der schon erwähnten älteren Pacinotti'schen Maschine übereinstimmt, in ihrer rationellen Construction dieselbe aber bedeutend übertrifft.

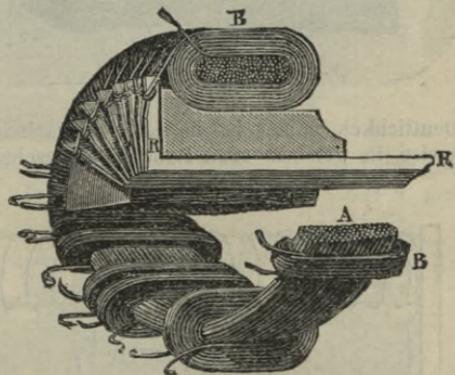
Zenobe Theophile Gramme, ein Belgier, war Modelltischler in den Werkstätten der Compagnie l'Alliance. Im Jahre 1871 erfand er seine Ringarmatur, ohne von Pacinotti's früherer Erfindung etwas zu wissen. Fig. 72 zeigt die eigenthümliche Anordnung dieses Ringes. Der Ring besteht aus geglühtem Eisendrahte, wodurch derselbe für die wechselnde Polarität sehr empfänglich wird. Um den Drahting  $AB$  herum, von welchem unsere Figur nur ein Bruchstück zeigt, sind eng aneinander liegende Drahtspiralen aufgewunden, welche der Deutlichkeit halber in der Abbildung zum Theil auseinander gerückt sind. Der Anfangsdraht jeder Drahtspirale oder Drahtrolle ist mit dem Enddrahte der vorhergehenden verlöthet, so dass diese Spulen, von denen jede etwa 300 Drahtwindungen enthält und von denen der Ring 60 bis 100 enthält, eine einzige Leitung bilden.

Die gelötheten Verbindungsstellen der Drahtrollen liegen alle auf einer Seite des Ringes und sind an rechtwinkelig gebogenen Kupferstreifen  $R$  befestigt, die sich an einen den Drahting stützenden Holzring anlegen und auf dessen Rückseite hervorragen, so dass sie die Welle umgeben und von dieser, so wie unter sich isolirt den hier an Stelle des Commutators stehenden Collector bilden, von welchem die Schleiffedern die gleichgerichteten Ströme abnehmen, indem sie dieselben nicht erst in die gleiche Richtung zu bringen haben.

Fig. 73 führt eine kleine Gramme'sche Maschine für Handbetrieb vor, welche mit einem bogenförmigen Stahlmagnet ausgerüstet, der aus vielen schwachen Lamellen besteht und deshalb als Blättermagnet bezeichnet wird. Die Kraft solcher Magnete ist viel stärker, als wenn ein massives Stahlstück dazu verwendet wird. An den Enden ist dieser Magnet mit massiven Polschuhen versehen, welche die Ringarmatur nahezu ganz umschliessen.

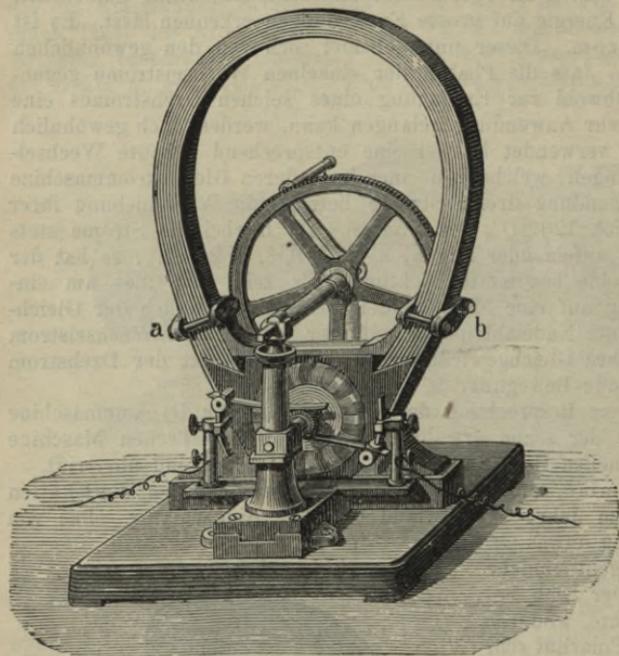
Die zu industriellen Zwecken gebauten Maschinen erhalten an Stelle der per-

Fig. 72.



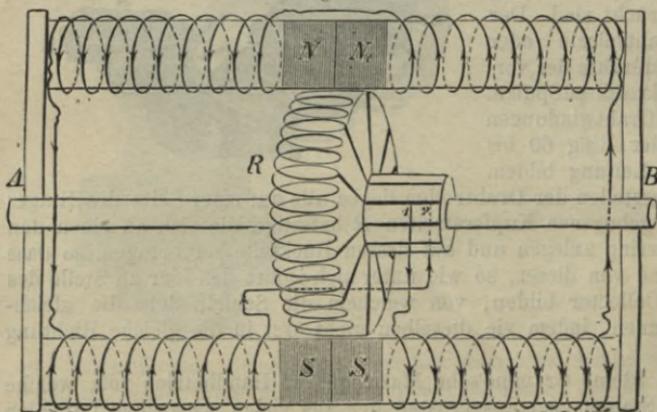
manenten Stahlmagnete viel kräftiger wirkende Elektromagnete, deren Erregung unter Anwendung des dynamischen Principes erfolgt. Eine derartige Maschine ist in Fig. 74

Fig. 73.



Deutlichkeit halber ist in der schematischen Zeichnung von einem äusseren Stromkreise (in welchem etwa Lampen eingeschaltet sind) abgesehen worden. Die Maschine erscheint „kurz“ geschlossen.

Fig. 74.



etwa ein Drittel unbedeckt bleibt; möglichst viele Drahtwindungen der Einwirkung der Induction auszusetzen, ist der Zweck dieser Anordnung. Der Ring sitzt auf einer stählernen Achse, deren Lager an den verticalen Ständern befestigt sind. Auch die Oelgefässe zum Schmieren der Lager sind an diesen angebracht. Die Riemenscheibe (auf der linken

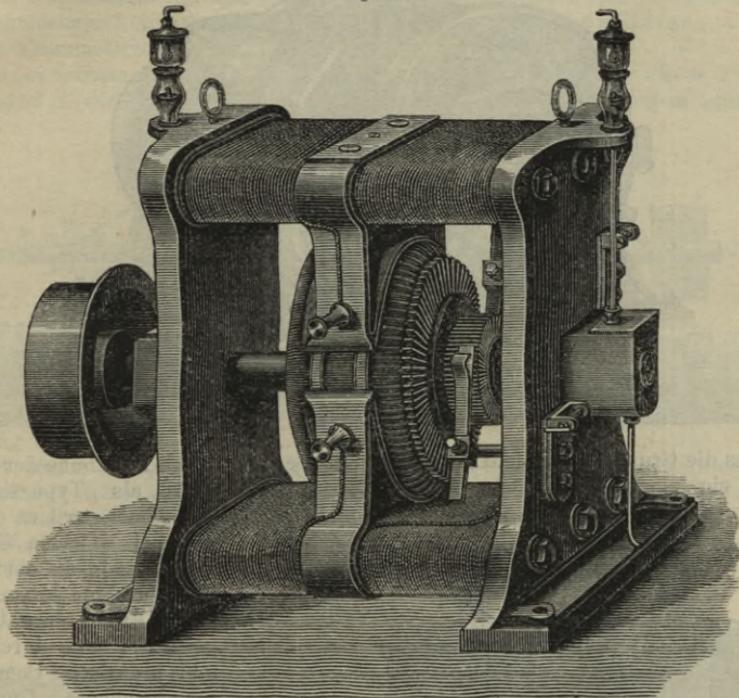
schematisch und in Fig. 75 in perspectivischer Ansicht dargestellt.

Aus der schematischen Zeichnung ist die Stromführung leicht zu entnehmen.  $R$  stellt den auf der Achse  $AB$  befestigten Ring dar,  $NAS$  und  $N_1BS$  sind die beiden Elektromagnete, welche bei  $NN_1$  ihre Nordpole und bei  $SS_1$  ihre Südpole besitzen. Die Stromführung ist durch die Pfeile angedeutet. Die eine Schleiffeder berührt den Kupferstreifen 1, welcher mit jenem Spulenpaare in Verbindung steht, von dem aus die Ableitung in den äusseren Stromkreis erfolgen muss. Die im Ringe  $R$  inducirten Ströme gelangen daher von 1 in den Elektromagnet  $S_1BN_1$ , dann in den zweiten Magnet  $NAS$  und durch die Schleiffeder 2 zum Ringe zurück. Der

Die perspectivische Ansicht in Fig. 75 zeigt das Modell einer Lichtmaschine. An zwei gusseisernen verticalen Ständern sind die Schenkel der Elektromagnete horizontal befestigt. Je zwei gleichnamige Pole stossen in der verticalen Mittellinie der Maschine zusammen und sind daselbst mit je einem Polschube versehen. Diese umfassen den Ring an dessen äusserem Umfange derart, dass nur

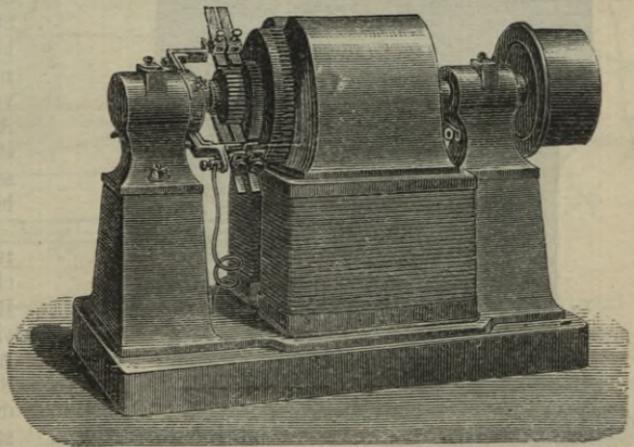
Seite der Figur) dient zum Antriebe der Maschine durch einen Motor. Das abgebildete Modell ist für fünf Bogenlampen bestimmt; es hat eine Länge von 0·623 Meter, eine Höhe von 0·538 Meter und ein Gewicht von 360 Kilogramm.

Fig. 75.



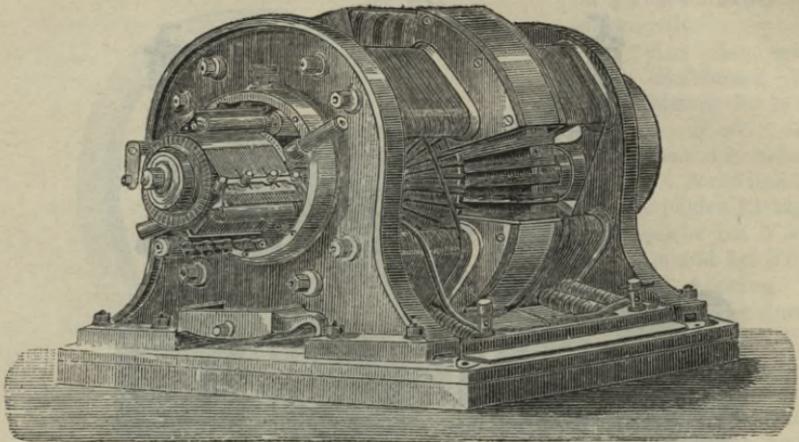
Bei der Maschine, welche Gramme für Galvanoplastik construirt hat, sind die Windungen um die Elektromagnetschenkel nicht aus Kupferdrähten, sondern aus Blechen hergestellt, deren Breite der ganzen Schenkellänge gleich ist und in 20 bis 30 Lagen aufgerollt wird, wie Zeichnungen auf einer Holzwalze. Die Oberfläche der Bleche ist blank, um die Wärmeausstrahlung zu erleichtern und dadurch ein Erhitzen der Maschine hintanzuhalten. Die Spiralen der Ringarmatur sind gleichfalls aus Kupferbändern gebildet, die aber stärker gehalten sind wie die Bleche der Elektromagnetwindungen. Diese Form der Armatur und Elektromagnetwindungen hat darin ihre Begründung, dass es bei galvanoplastischen Arbeiten mehr auf Quantität als auf Spannung der Elektrizität ankommt; es müssen daher auch die Widerstände der Maschine auf ein möglichst geringes Maas reducirt werden.

Fig. 76.



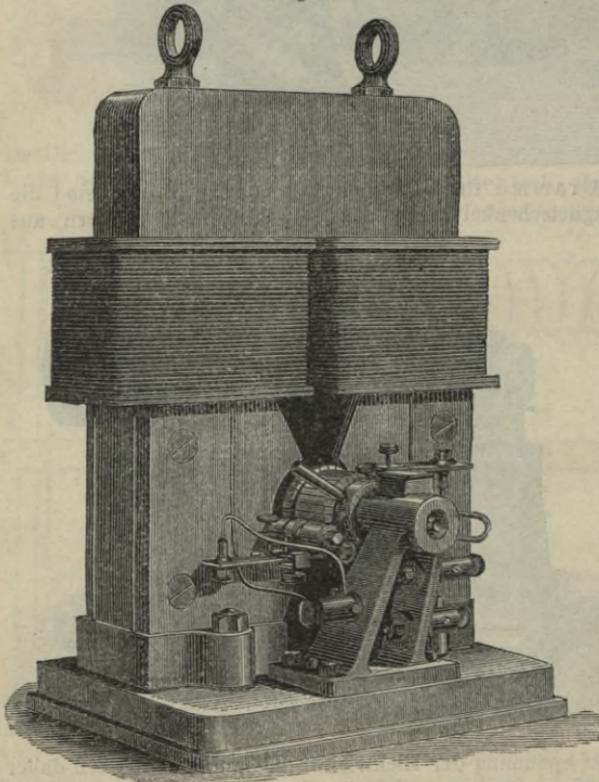
In Fig. 76 ist schliesslich noch ein in jüngster Zeit hergestelltes Modell der Gramme'schen Maschine dargestellt. Diese Type ist hauptsächlich dadurch charakte-

Fig. 77.



risirt, dass die Grundplatte, die Achsenlager, die Kerne und die Polschuhe der Elektromagnete ein einziges Gusstück bilden. Dieses Modell wird als „Type supérieure“

Fig. 78.



bezeichnet, weil es das erste ist, bei welchem Gramme den Ring in die obere Hälfte der Maschine setzte.

Eine ebenfalls öfter genannte und durch solide und praktische Construction ausgezeichnete Dynamomaschine ist die von Gülcher (Fig. 77). Dieselbe ist für Ströme von geringerer Spannung, aber quantitativ grosser Stärke construirt, indem die hier im Querschnitt keilförmige Ringarmatur mit einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Windungen aus starken, doch mehrfach zusammengedrehte Drähte gebildeten Seilen bewickelt ist.

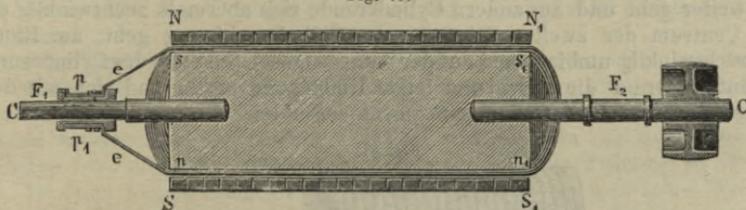
Es sind vier Paar Elektromagnete vorhanden, welche mit ihren Polschuhen die Ringarmatur umfassen; die vier in den Windungen der Armatur erregten elektrischen Ströme werden durch zwei auf dem Collector schleifende Bürsten abgenommen, quantitativ vereinigt und nach aussen geführt.

Das neueste Modell der Gölcher-Maschine, charakterisirt durch den Quadrating, ist in Fig. 78 abgebildet. Diese Maschinen finden vorzugsweise für Beleuchtungszwecke und speciell bei gleichzeitigem Betriebe von Bogen- und Glühlampen Anwendung.

Sehr verschieden von den im Vorhergehenden beschriebenen Dynamomaschinen sind die nunmehr zu beschreibenden. Bei denselben kommt die von v. Hefner-Alteneck erfundene Trommelarmatur zur Verwendung.

Die einfachste Form dieser Armatur illustriert Fig. 79. In dieser Figur sind  $N N_1$  und  $S S_1$  die Pole der inducirenden Magnete; zwischen denselben befindet sich

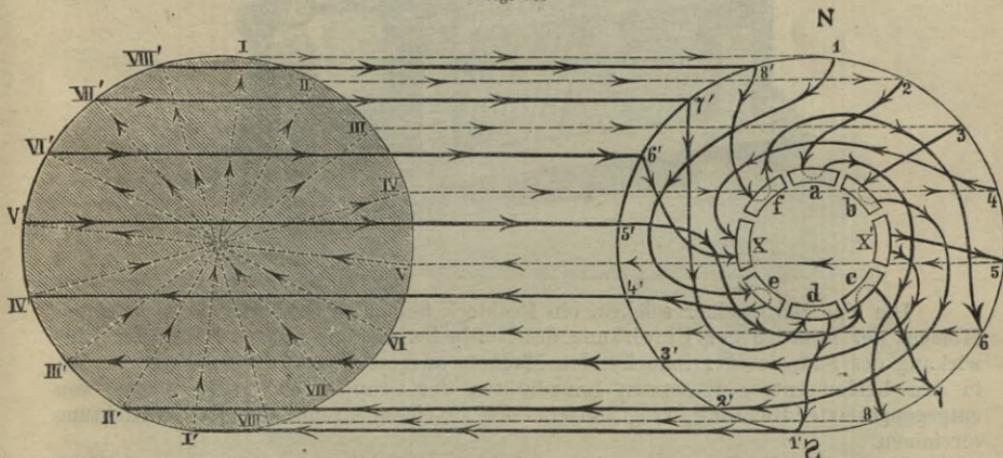
Fig. 79.



der eiserne Cylinder  $s n s_1 n_1$ , welcher mit zwei Zapfen  $F_1 F_2$  versehen ist, mit denen er in den Lagern des Maschinengestelles liegt und mittelst der Riemenscheibe bei  $C$  in Umdrehung versetzt werden kann.

Um diesen Eisencylinder sind die Drähte parallel zur Axe aufgewickelt. Bei der Umdrehung werden durch die Magnetpole  $N N_1 S S_1$  in dem Eisencylinder gerade so wie in dem Gramme'schen Ringe wandernde Pole hervorgerufen (inducirt) und, da nun der Eisencylinder sich sehr nahe an den Magnetpolen befindet, so werden in den den Cylinder umgebenden Drähten sehr kräftige elektrische Ströme erregt.

Fig. 80.

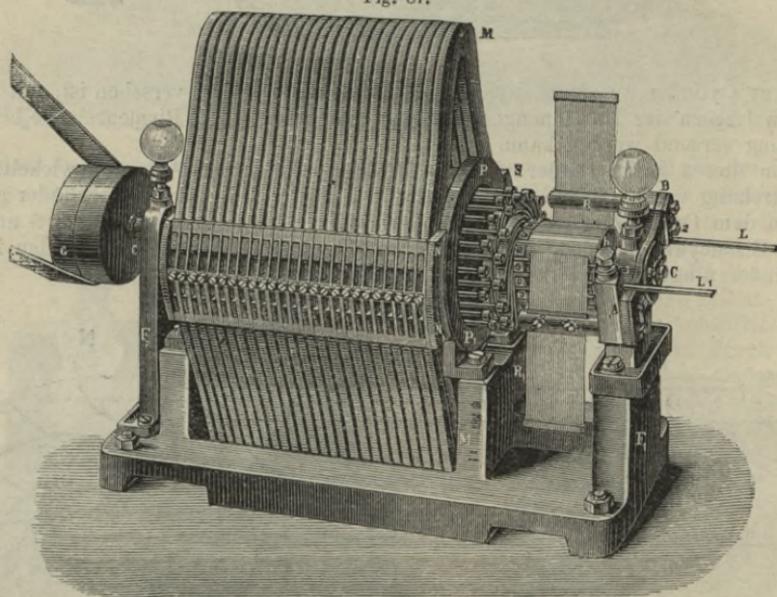


Die die Armatur umgebenden Drähte sind in eine grössere oder geringere Anzahl von Gruppen eingetheilt, welche eine zusammenhängende Drahtleitung bilden; die Enddrähte  $e e$  der einzelnen Gruppen sind mit dem Collector  $p p$ , verbunden und es besteht der Collector aus eben so vielen von einander isolirten Theilen (Segmenten) als Drahtgruppen auf der Trommel vorhanden sind. Die Verbindung der Enddrähte mit den Collectortheilen ist übrigens derartig bewirkt, dass stets in zwei gegenüberliegenden Theilen des Collectors Ströme von entgegengesetzter Richtung zusammenkommen, welche sich zu einem Strom summiren, der durch die auf dem Collector aufschleifenden Bürsten nach aussen geleitet wird.

Die Art und Weise, wie zu dem Zwecke diese Verbindungen hergestellt werden ist aus Fig. 80 deutlich ersichtlich. Diese Figur zeigt in schematischer Darstellung eine Trommelarmatur, auf welcher acht Drahtgruppen aufgewickelt sind; die einzelnen Segmente des Collectors sind mit  $a b x^1 c d e x f$  und die einzelnen Theile derselben Drahtgruppe sind durch gleiche Ziffern bezeichnet.

Wenn man den Verlauf des Drahtes einer Gruppe in der Figur verfolgt, indem man dabei von dem Collector ausgeht, so ist ersichtlich, dass der Draht von dem betreffenden Collector-Segment aus auf der vorderen Seite des Cylinders bis zur Peripherie läuft, dann sich rechtwinklig umbiegt, parallel mit der Axe auf dem Cylinderumfange weiter geht und am andern Cylinderende sich abermals rechtwinklig umbiegt, über das Centrum der zweiten Stirnseite des Cylinders hinweg geht, am Rande sich abermals rechtwinklig umbiegt und auf der entgegengesetzten Seite des Cylinderumfanges entlang läuft, hierauf die vierte und letzte Umbiegung macht und sich mit dem diametral gegenüberstehenden Collector-Segment verbindet.

Fig. 81.



Die eine Hälfte einer solchen, ein Rechteck bildenden Drahtgruppe ist in einem Moment der Rotation der Einwirkung des Nordpols und die andere Hälfte der Einwirkung des Südpols der inducirenden Magnete ausgesetzt. Auf diese Weise werden in den beiden entgegengesetzten Langdrähten der Gruppen elektrische Ströme von entgegengesetzter Richtung erregt, welche sich zu einem Strome von gleicher Richtung vereinigen.

Indem nun die Trommel rotirt, wird die Drahthälfte einer Drahtgruppe, welche vorher oben war, im nächsten Moment, d. i. nach einer halben Umdrehung nach unten und die andere Hälfte nach oben kommen. Hierdurch wird die Stromrichtung in der Drahthälfte umgekehrt, dabei nimmt aber der Collector doch immer einen Strom von gleichbleibender Richtung auf, indem die oberen Drahthälften stets von links gerichteten, die unteren Drahthälften stets von rechts gerichteten Strömen durchlaufen werden. Die Wirkung der Trommelarmatur ist also in dieser Beziehung ganz ähnlich, wie diejenige der Ringarmatur und daher liefert die Trommelmaschine ebensogut gleichgerichtete Ströme wie die Ringmaschine.

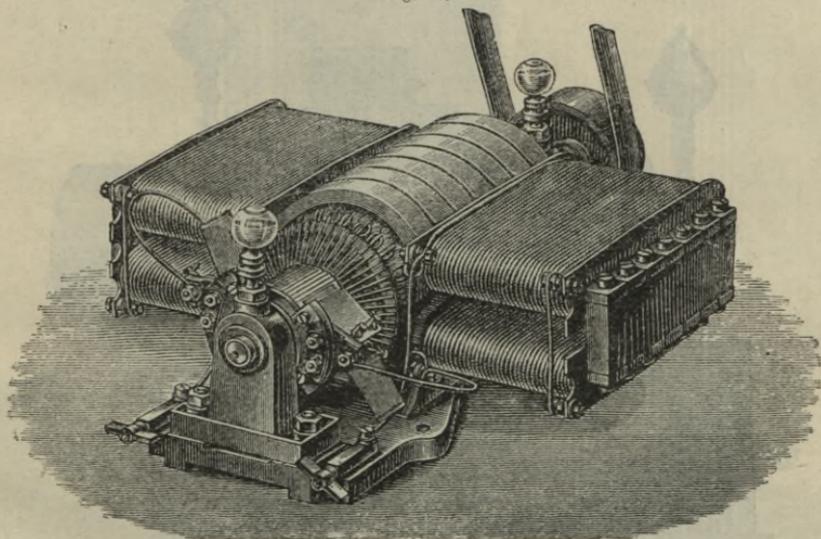
Fig. 81 stellt eine Siemens'sche magnet-elektrische Trommelmaschine

dar; dieselbe ist für Riemenbetrieb eingerichtet, wie die Riemscheibe *G* links erkennen lässt. Die Trommelarmatur *P P* dieser Maschine rotirt zwischen den sie eng umschliessenden Polen *NN'*, *SS'*, von 50 V-förmigen, paarweis einander gegenüberstehenden Stahlmagneten, wobei diese Magnete so angeordnet sind, dass sie sich mit ihren gleichnamigen Polen vereinigen, indem diese gleichen Pole durch kreissegmentförmige Polschuhe aus weichem Eisen miteinander verbunden sind, so dass sehr starke magnetische Felder auf beiden Seiten der Trommelarmatur gebildet werden. Der Collector *h* ist auf der rechten Seite der Maschine angebracht und auf demselben streifen die aus Kupferstäbchen gebildeten breiten Bürsten *RR* auf, um den Strom nach den Klemmen *A* und *B* und von da in die Leitungen *L* und *L*<sub>1</sub> überzuführen.

Bei der praktischen Ausführung der Siemens'schen Maschinen zur Beleuchtung, Elektrochemie und Kraftübertragung werden natürlich an Stelle der Stahlmagnete Elektromagnete angewandt und diese entweder stehend oder liegend, dem speciellen Bedürfnisse entsprechend angeordnet. Hierbei wird auch in der Regel auf die etwas complicirtere Stromführung verzichtet, der Draht auf der Trommel in viele Partien getheilt, die dann keines Collectors bedürfen, sondern in Gramme'scher Weise zu den Sektoren eines Stromsammlers von der bei diesen Maschinen benützten Art geleitet werden.

Eine derartige Maschine für Beleuchtungszwecke ist in Fig. 82 abgebildet. Die Elektromagnete sind hierbei flach gebaut und liegend angeordnet. Die Pole bestehen aus sieben Eisenlamellen, welche in Bogenform die Trommel derart umfassen, dass stets mehr als zwei Drittel derselben der Inductionswirkung ausgesetzt sind. Die Anwendung des dynamischen Principes zeigt die Verfolgung des Stromweges durch die Maschine. Der in den Umwindungen der Trommel inducirte Strom gelangt

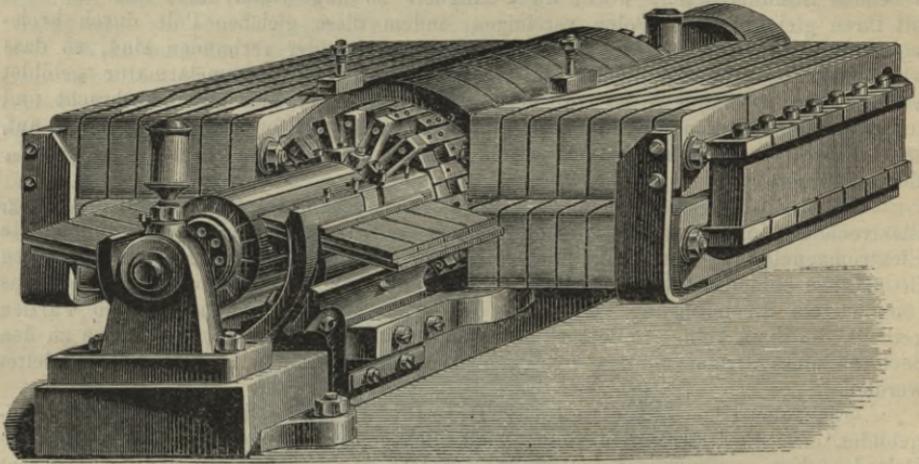
Fig. 82.



durch die rechts auf dem Stromsammler schleifende Bürste mittelst eines Drahtbogens in die rechts unten liegende Spule des Elektromagnetes, durchläuft diese, geht dann in die obere Spule, von hier in die am Gestelle rechts befindliche Klemme, in den äusseren Schliessungsbogen (der hier weggelassen ist) zur Klemme links, von dort zu den links befindlichen Spulen des Magnetes und endlich durch die links befindliche Schleiffeder wieder in die Trommelwindungen.

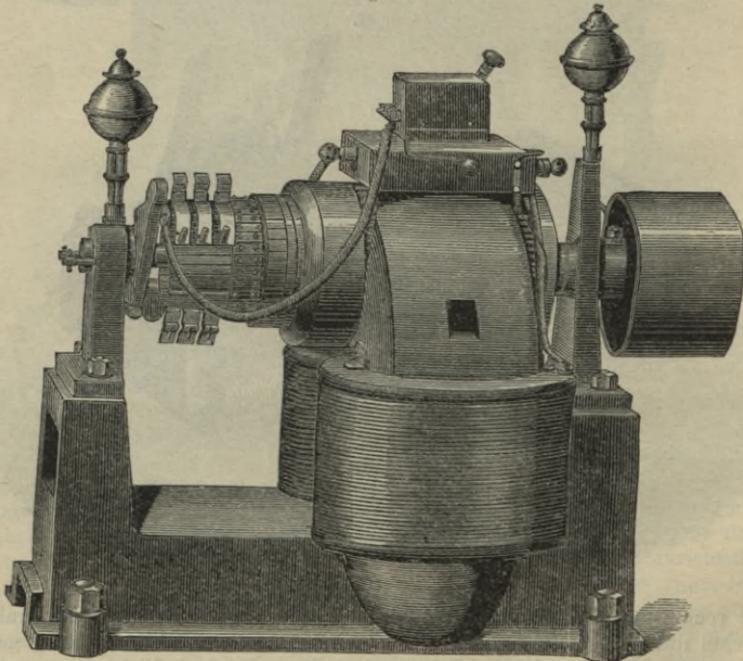
Fig. 83 stellt eine Maschine dar, wie sie zur Reinmetallgewinnung aus Lösungen der betreffenden Metallsalze angewandt wird. Wie schon früher erwähnt,

Fig. 83.



bedarf man zu solchen Zwecken keiner hochgespannten Elektricität, sondern kommt hauptsächlich die Quantität derselben in Betracht. In der That ersieht man aus der

Fig. 84.



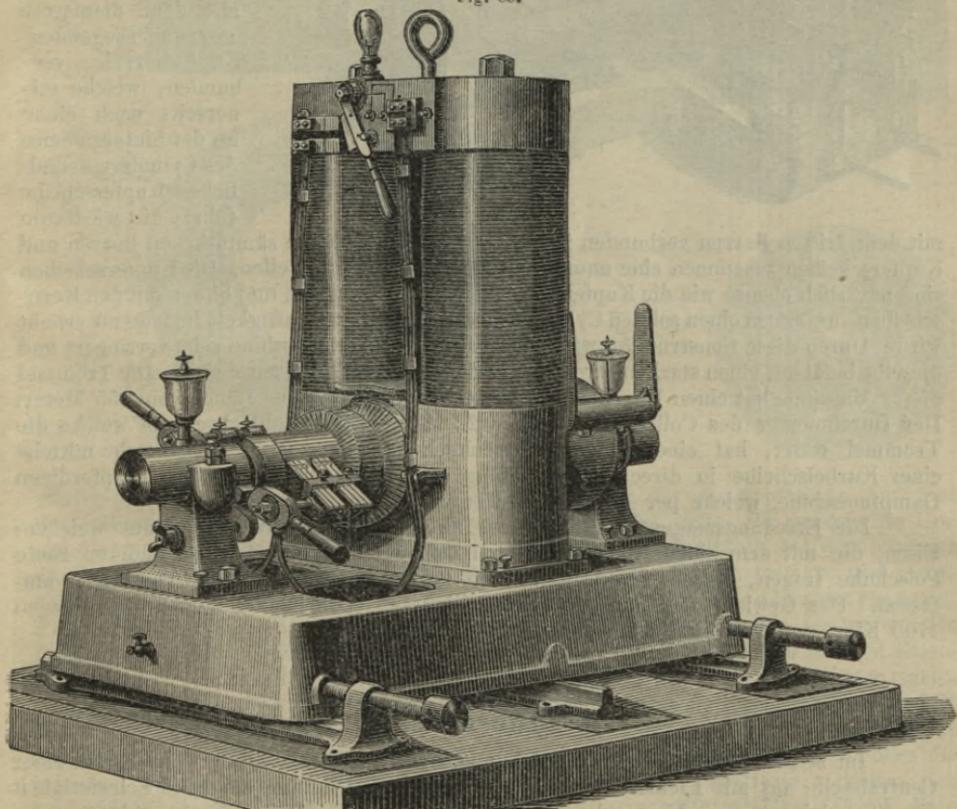
Abbildung, dass jeder Elektromagnetschenkel nur mit sieben Windungen versehen ist. Dieselben sind aber nicht mehr aus Draht, sondern aus Kupferstangen hergestellt und besitzen einen Querschnitt von 13 Quadratcentimeter. Die Windungen auf der Armatur

sind gleichfalls aus Kupferbarren hergestellt und bedecken die Trommel nur in einer Lage. Sie sind in der früher angegebenen Weise durch passend geformte Kupferstücke miteinander verbunden. Die Verbindungsstellen sind nicht gelöthet, sondern verschraubt und die Isolirungen zwischen den einzelnen Windungen und den anderen Maschinenbestandtheilen aus unverbrennlichem Asbest hergestellt. Diese Ausführung gestattet, die Leistungsfähigkeit der Maschine so hoch zu steigern, dass sogar die dicken Windungen heiss werden können, ohne hierdurch die Maschine zu beschädigen. Die Magnetpole sind wie bei der vorbeschriebenen Maschine aus sieben bogenförmigen Lamellen gebildet.

In Fig. 84 endlich ist das neueste Modell (Mod. 4) der Siemens'schen Maschine abgebildet. Es ist dies jene Form, welche sich speciell zum gleichzeitigen Betrieb von Bogen- und Glühlampen in Parallelschaltung am zweckmässigsten erwies. Bemerkenswerth an derselben sind die kurzen kräftigen Magnetschenkel, deren Eisenkerne mit der Grundplatte in einem Stücke gegossen sind, und ferner die Isolirung der Commutatorsegmente untereinander ohne Zuhilfenahme einer Isolirmasse einzig und allein durch Luftzwischenräume, wodurch das Herstellen leitender Verbindungen durch Eindringen von Kupferstaub in die Isolirungen vermieden wird.

Ebenso wie der Gramme'sche Ring, bildet auch die Trommelarmatur den charakteristischen Bestandtheil einer ganzen Reihe mehr oder minder modificirter

Fig. 85.



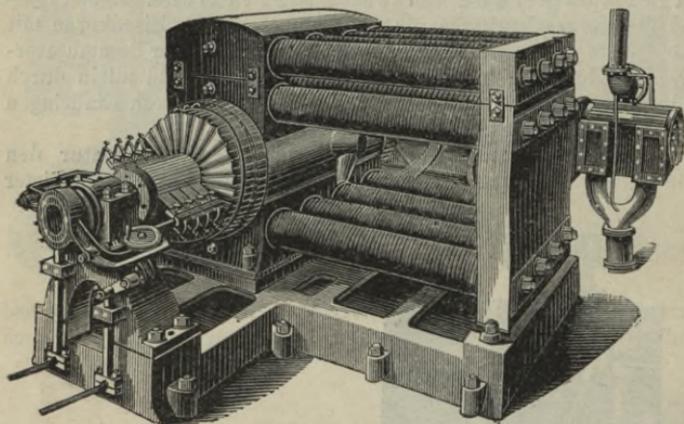
Maschinen. Wir begnügen uns, nachstehend noch eine derselben zu beschreiben. Es ist die Maschine von Edison. In Fig. 85 ist jene Form derselben dargestellt, welche von der Deutschen Edison-Gesellschaft gegenwärtig benützt wird. Sie ist,

wie die vorherbeschriebene Maschine, gleichfalls durch die kurzen kräftigen Elektromagnete charakterisirt.

In Fig. 86 ist eine jener 12 grossen Dynamomaschinen abgebildet, welche Edison zur Beleuchtung eines Theiles der Stadt New-York bauen und aufstellen liess.

Die Trommel dieser Maschine ist nach dem Siemens'schen Muster construirt, in der Anordnung jedoch etwas abgeändert. Der Kern des Cylinders besteht aus Eisenplatten, die hintereinander auf der Achse befestigt und von einander durch Zwischenlagen von dünnem Papier isolirt sind, wodurch der Polwechsel sehr befördert wird. Die Kupferbekleidung des Cylinders besteht aus starken Kupferbarren von trapezförmigem Querschnitt, welche von einander und vom Eisenkerne durch Zwischen-

Fig. 86.



räume getrennt und isolirt sind. Jeder Barren steht an der Vorderseite mit einer Kupferscheibe in Verbindung, welche denselben Durchmesser wie der cylindrische Kern hat. Dieselbe Scheibe ist wiederum mit dem diametral gegenüberliegenden Kupferbarren verbunden, welche seinerseits nach einer an der hinteren Seite des Cylinders befindlichen Kupferscheibe führt, die wiederum

mit dem dritten Barren verbunden ist und so fort, so dass die sämmtlichen Barren und Kupferscheiben zusammen eine ununterbrochene Leitung darstellen. Die Kupferscheiben sind natürlich ebenso wie die Kupferbarren von einander isolirt und bilden mit den Kernscheiben zusammen einen soliden Cylinder, wodurch die Dauerhaftigkeit bedeutend erhöht wird. Durch diese Construction wird der Widerstand der Maschine sehr verringert und dieselbe befähigt, einen starken Strom bei geringer Spannung auszusenden. Die Trommel dieser Maschine hat einen Durchmesser von 0.71 Meter und eine Länge von 1.55 Meter. Der Durchmesser des Collectors beträgt 0.22 Meter. Die Stahlachse, um welche die Trommel rotirt, hat eine Länge von reichlich 2 Meter. Diese Achse steht mittelst einer Kurbelscheibe in directer Verbindung mit einer schnelllaufenden 120pferdigen Dampfmaschine, welche per Minute 350 Touren macht.

Die Erregungsmagnete bestehen aus zwölf cylindrischen Kernen aus weichem Eisen, die mit dem einen Ende am Gestell befestigt sind und an dem anderen Ende Polschuhe tragen, welche die Armatur von beiden Seiten nahezu bis zur Hälfte umfassen. Das Gewicht der ganzen Maschine beträgt etwa 22,000 Klgr., wovon gegen 1700 Klgr. auf das Kupfer kommen.

### Transformatoren.

Im selben Maasse als die Ausdehnung eines Bezirkes wächst, welcher von einer Centralstelle aus mit Elektricität versehen werden soll, nimmt auch die Schwierigkeit der Stromleitung zu. Man gelangt dann bald zu so bedeutenden Querschnitten für die Kupferleitungen, dass einer Weiterführung derselben durch die abnormen Kosten ein Ziel gesetzt wird, die bedeutend rascher (im quadratischen Verhältnisse) als die Länge der Leitungen wachsen. Bei so ausgedehnten Betrieben wird überdies die

Forderung nicht zu umgehen sein, dass durch die Centrale Objecte mit Strom versehen werden, die elektrisch einander ganz ungleichwerthig sind oder mit anderen Worten, dass durch diese Centrale, wenn wir von anderen Anordnungen vorläufig absehen, Bogen- und Glühlampen mit ganz verschiedenem Strombedarf betrieben werden müssen.

Dieser, und speciell der ersterwähnten, hauptsächlich in Betracht zu ziehenden Schwierigkeit kann man wirksam begegnen, indem man für die Stromvertheilung nachstehendes Princip annimmt: Man erzeugt an der Centralstelle Ströme hoher Spannung und leitet diese an die Verbrauchsstellen; an letzteren stellt man dann Apparate auf, welche geeignet sind, die hochgespannten Ströme in solche Ströme umzuwandeln, wie sie an der betreffenden Verbrauchsstelle eben erforderlich sind. Gelingt letzteres, so werden die kostspieligen, massigen Kupferleitungen überflüssig und an deren Stelle treten billige Drahtleitungen. Diese Idee ist nicht neu und wurde in der That schon vor längerer Zeit ausgesprochen — verhältnissmässig neu sind aber die praktischen Ausführungen derselben. Zur Umwandlung der elektrischen Energie stehen uns gegen-

Fig. 87.

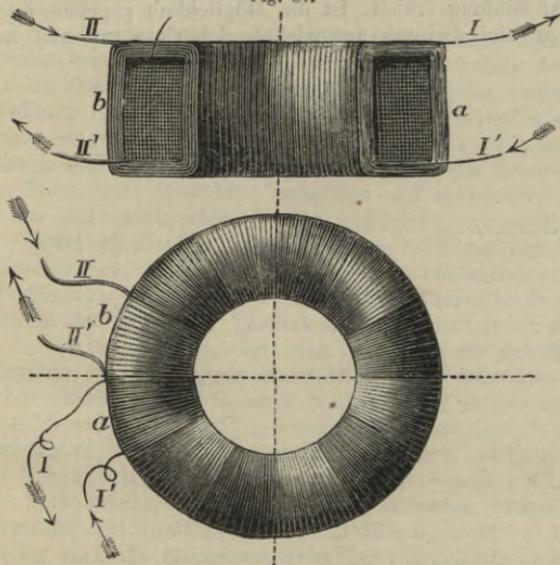
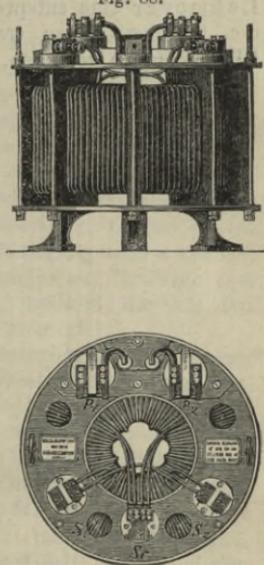


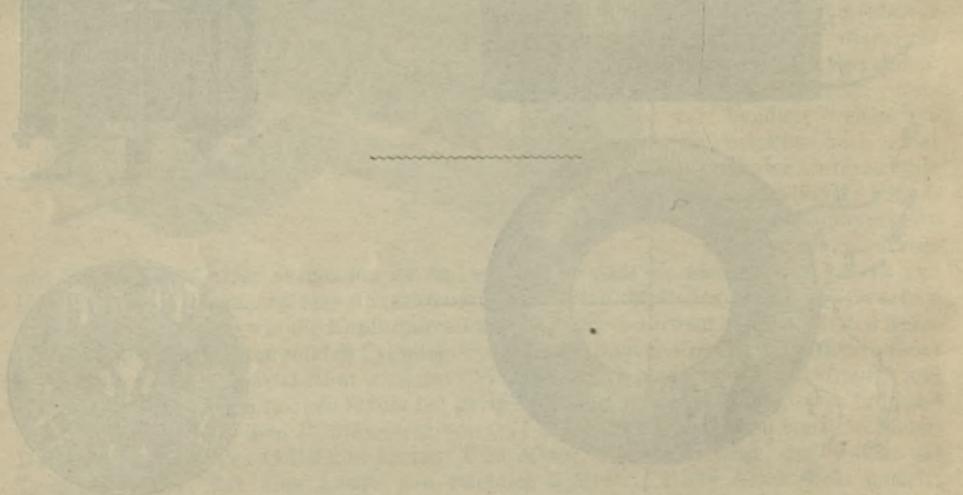
Fig. 88.



wärtig zweierlei Wege offen, nämlich: die Anwendung der Accumulatoren und jene der Inductionsapparate (S. 27). Bei den ersteren erfolgt dann die gewünschte Umwandlung der elektrischen Energie durch entsprechende Schaltung, bei den letzteren durch eine entsprechende Wahl der Wicklungsverhältnisse für die primäre und secundäre Spirale. Man nennt derlei Umwandlungsapparate Secundärgeneratoren, Transformatoren oder Umformer und baut sie nach dem Principe der Inductorien in Ringform oder in prismatischer Form, wobei man die Wirkung des inneren Eisenkernes durch einen die Drähte umhüllenden eisernen Mantel zu unterstützen sucht. Der von der Firma Ganz & Co. erzeugte Transformator ist in den Figuren 87 und 88 abgebildet. Der Apparat ist, wie Fig. 87 erkennen lässt, dem Gramme'schen Ringe ähnlich geformt. Den Kern des Ringes bildet ein Eisendrahtbündel, um welches die primären und secundären Kupferdrähte gewickelt sind. Die Isolirung zwischen den beiderlei Windungen ist durch eine lackgetränkte Shirtinghülle gebildet. Durch diese Gesamtanordnung wird erzielt, dass die elektrischen Ströme in den Kupferdrähten in Kreisen verlaufen, welche auf die gleichfalls in Kreisen verlaufenden magnetischen Kraftlinien senkrecht stehen, wodurch man eine kräftige Inductionswirkung erhält.

Was endlich die magnetische Isolirung der Eisendrähte unter einander anbelangt, so mag noch bemerkt werden, dass diese durch einen Lacküberzug oder durch Baumwolluber spinning erreicht ist. Fig. 88 stellt den Transformator in seiner gegenwärtigen Gestalt dar.

Als Fortschritte in der Erzeugung und Anwendung von Transformatoren sind die Oeltransformatoren und die Umformer für Gleichstrom zu bezeichnen. Erstere unterscheiden sich von den gewöhnlichen Transformatoren der Hauptsache nach nur dadurch, dass die genannten Wicklungen mit Oel bedeckt werden oder dass man den ganzen Transformator in ein Oelbad setzt. Der Zweck, welcher hiermit erreicht wird, ist der, dass man mit der Spannung der Ströme sehr hoch gehen kann, ohne ein Durchbrechen der Isolirung befürchten zu müssen, da in Oelisolirung ein Funke sehr schwer zu Stande kommt. Für die Praxis ergibt sich hieraus das Resultat, dass man statt Spannungen von 5000 Volt oder vielleicht 10,000 Volt solche von 50,000 Volt anwenden kann. Der erste Nachweis für die praktische Brauchbarkeit dieses Systems wurde durch die Maschinenfabrik Oerlikon bei der Frankfurter Ausstellung erbracht. — Durch den Gleichstrom-Umformer, welcher namentlich von Lahmeyer eine entsprechende Ausbildung erhielt, ist die Möglichkeit gegeben, auch den Gleichstrom zu transformiren und dadurch ausgedehnte Districte rationell mit Gleichstom zu versehen.



Die Abbildung zeigt einen Transformator mit zwei Hauptwicklungen, die auf einem gemeinsamen Kern angeordnet sind. Die linke Wicklung ist kleiner als die rechte, was auf unterschiedliche Spannungen oder Leistungen hindeutet. Die Wicklungen sind durch einen zentralen Leiter verbunden, der durch eine Wellenlinie markiert ist. Die gesamte Anordnung ist symmetrisch und stellt die physikalische Gestalt des Transformators dar.

### III.

## Die elektrische Kraftübertragung.

Von E. Japing.

Als man in den ersten Decennien dieses Jahrhunderts die im Eingange dieses Buches beschriebenen merkwürdigen Eigenschaften des Elektro-Magnetes erkannt hatte, gaben sich zahlreiche Sanguiniker und selbst ernste Männer der Wissenschaft der Hoffnung hin, in denselben eine neue, unerschöpfliche und fast kostenlose Maschinen-triebkraft im Grossen gefunden zu haben. Jacobi, der berühmte Erfinder der Galvano-plastik und Wagner in Frankfurt dürften die Ersten gewesen sein, welche gleichzeitig im Jahre 1835 diese Idee anfachten und zu verkörpern suchten. Jacobi erbaute im Jahre 1838 auch wirklich eine elektrisch-magnetische Kraftmaschine, welche  $\frac{3}{4}$  bis 1 Pferdekraft ausübte und ein kleines Schiff auf der Newa in Bewegung setzen konnte; allein er fand bald, dass sich einer nutzbringenden Anwendung seiner Erfindung im Dienste von Gewerbe und Industrie Hindernisse in den Weg stellten, die mit den Mitteln der damaligen Technik unbezwingbar genannt werden mussten.

Als Stromquelle war man einzig auf die galvanischen Batterien angewiesen und brauchte zur Erzeugung einer Pferdekraft mindestens 130 Grove-Elemente gewöhnlicher Grösse und consumirte in diesen per Stunde circa 2 Kilogramm Zink. Rechnet man hierzu noch 8 Kilogramm Salpetersäure (der Verlust der verbrauchten Schwefelsäure wird durch das erzeugte Zinkvitriol aufgewogen), so kostet die Pferdekraft per Stunde 8.2 Mark, wenn man den Preis von 1 Kilogramm Zink mit  $1\frac{1}{2}$  Mark und von Salpetersäure mit 65 Pfennigen berechnet. Ausserdem ist für die Bedienung der Elemente ein Stundenlohn von 25 Pfennigen für 6 Arbeiter in Anschlag zu bringen, welche auch die Gesamtkosten der Pferdekraft und Stunde auf 9.70 Mark und für den zehnstündigen Arbeitstag auf 97 Mark stellen, während man von einer Dampfmaschine dieselbe Leistung für etwa  $1\frac{1}{2}$  Mark erhält.

Ganz anders aber stellt sich die Rechnung, wenn man die elektrischen Ströme, wie es in den magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen geschieht, durch directen Aufwand von Arbeit erzeugt und diese dann in eine zweite Dynamomaschine leitet und dadurch in Umdrehungen versetzt; mittelst solcher elektrischer Maschinen sind elektrische Ströme ja verhältnissmässig billig und in beliebiger Stärke hervorzubringen. Natürlich geht auch bei dieser Uebertragung ein beträchtlicher Theil der ursprünglich angewendeten Arbeit verloren und es wird an und für sich immer vortheilhafter bleiben, den Motor, welcher zum Betriebe der ersten Dynamomaschine dient, direct zur Verrichtung der fraglichen Arbeiten zu benutzen. Indessen gibt es zahlreiche Fälle, in denen eine solche directe Verbindung zwischen Motor und Arbeitsmaschine nicht wohl ausführbar ist und da bietet die Eigenschaft der Elektrizität, sich auf beliebige Entfernung fortzuleiten und in beliebig viele Zweigströme zerlegen zu lassen, ein ausgezeichnetes Mittel, Motor und Arbeitsmaschine unabhängig von einander gerade da aufzustellen, wo sich Betriebskraft aus irgend welchen Gründen besonders billig erzeugen, resp. wo sich dieselbe am besten verwerthen lässt.

Es springt sofort in die Augen, welch ungeheuren Erfolg man erzielen könnte, wenn es möglich wäre, die grosse Zahl bisher unbenutzter Naturkräfte, vermittelt der elektrischen Kraftübertragung in den Dienst der Industrie zu stellen. Wir erinnern nur an die ungeheure Menge von Wärme, welche uns von der Sonne Jahr für Jahr gesendet wird und deren Effect man einem Verbrauch von 180 Billionen Tonnen Steinkohlen gleichschätzt, an die sonstigen Kraftäusserungen der Sonne und des Mondes auf die Wassermassen der Erde, welche sich in den Gezeiten, dem Phänomen der Ebbe und der Fluth an unseren Meeresküsten zeigen, oder an die Kraft der Wasserfälle in unseren Gebirgen. Allein am Niagarafall in Nordamerika stürzen stündlich 100 Millionen Tonnen Wasser aus einer Höhe von 150 Fuss herab und entwickeln beiläufig 16800000 Pferdekräfte, welche bisher keinen anderen Effect erzielten, als die Temperatur des Wassers am Fusse des Falles um den neunten Theil eines Grades zu erhöhen. Gegenwärtig hat man aber bereits begonnen, diese Wasserkraft durch elektrische Uebertragung der Kraft nutzbar zu machen. Die Kohlenproduction der ganzen Erde würde kaum hinreichen, um diese Wassermasse wieder auf ihre frühere Höhe zu pumpen. Statistische Erhebungen haben nachgewiesen, dass in Deutschland derzeit nicht der hundredste Theil der vorhandenen Wasserkräfte für gewerbliche Zwecke ausgenützt wird und dieselben liegen auch meist in so öden gebirgigen Gegenden, dass es keinem Menschen einfallen kann, dort eine Fabrik zu errichten und sie durch eine Chaussee oder gar Eisenbahn mit der übrigen Welt in Verbindung zu setzen, nur um die billige Wasserkraft auszunützen.

Ander ist es aber, wenn man die Arbeit des Wasserfalles an Ort und Stelle auf Wasserräder und Turbinen überträgt und zum Betriebe grosser dynamo-elektrischer Maschinen benützt, den gewonnenen elektrischen Strom durch lange Drahtlinien zu einer Stadt führt und dort als Betriebskraft an zahlreiche Werkstätten abgibt oder auch zur Erzeugung von elektrischem Licht und für Zwecke der Galvanoplastik nutzbar macht.

Wieder gibt es zahlreiche Gewerbe, welche zum Betriebe ihrer Arbeitsmaschinen nur ein so geringes Quantum von Kraft brauchen, dass sich die Anlage eigener Motoren nicht lohnt, wie es z. B. bei Nähmaschinen und vielen Maschinen für das Kleingewerbe der Fall ist. Man erzeugt nun in einer grossen Stadt an einem Centralpunkte elektrische Ströme auf billige Weise in grossen Massen, leitet dieselben dann per Draht in die einzelnen Häuser, und macht sie dort für die mannigfaltigsten Zwecke dienstbar, z. B. zur Beleuchtung und zum Betriebe von Nähmaschinen, Pumpwerken, zum Kochen und Heizen etc. und kann da manchem längst empfundenen Bedürfniss abhelfen, z. B. die Näherinnen des gesundheitsschädlichen Drehens oder Tretens ihrer Nähmaschinen entheben und kann sich auch manche Bequemlichkeit und Annehmlichkeit schaffen, wie es auf andere Weise nicht wohl möglich ist. Gewiss, es ist kein geringes Feld, auf welchem sich die elektrische Kraftübertragung zu Nutz und Frommen der Menschheit dienstbar machen wird und es verlohnt sich wohl, einen Blick auf die Mittel und Wege zu werfen, welche dabei einzuschlagen sind.

Zu einer jeden electricischen Kraftübertragung gehört also eine Kraftmaschine (Dampfmaschine, Wasser-, Gas-, Windmotor etc.), eine primäre Stromerzeugungsmaschine (Dynamo- oder magnet-elektrische Maschine), die Leitung und eine secundäre Dynamomaschine, welche durch den elektrischen Strom in Drehung kommt und Arbeit leistet, deren elektro-motorische Kraft also der des Stromerzeugers entgegengesetzt ist. Demgemäss ist die im Stromkreise wirkende gesammte elektro-motorische Kraft gleich der Differenz der elektro-motorischen Kräfte beider Maschinen, so dass nach dem im Eingange dieses Buches erwähnten Ohm'schen Gesetz die Stromstärke gleich ist der Differenz der elektro-motorischen Kräfte dividirt durch den Gesamtwiderstand. Da nun aber die elektro-motorische Kraft, von der Construction der Maschine und dem Widerstand im Stromkreise abgesehen, nur von der Rotationsgeschwindigkeit abhängt, so wird, wenn Primär- und Secundär-Dynamo einander gleich sind, die Stromstärke nur von der Differenz der Tourenzahlen und dem Gesamtwiderstande abhängen, müsste aber bei gleicher Rotationsgeschwindigkeit gleich Null sein.

Wenn aber die zweite Maschine Arbeit leisten muss, so wird dadurch ihre Geschwindigkeit vermindert werden, wenn nicht die Geschwindigkeit der ersten Maschine erhöht wird. Mit der Geschwindigkeit der zweiten Maschine nimmt aber auch ihre elektro-motorische Kraft ab, während die Stromstärke im ganzen Kreise wächst. Die Arbeit der Kraftmaschine dient dazu, in der ersten Dynamomaschine eine elektro-motorische Kraft hervorzubringen und einen Strom durch den Schliessungskreis zu treiben. Da dieser letztere nun aber sowohl in der Leitung als auch in der zweiten Maschine Widerstand findet, so setzt er sich zum Theil in Wärme um und es handelt sich nun darum, der zweiten Maschine eine solche Geschwindigkeit zu geben, dass möglichst wenig Wärme entwickelt und die Arbeitsdynamo bei einer gegebenen Tourenzahl der ersten möglichst viel Arbeit verrichten kann. Durch mathematische Untersuchung lässt sich immer feststellen, dass das Verhältniss der übertragenen zu der aufgewendeten Arbeit, also der Nutzeffect der elektrischen Kraftübertragung gleich ist dem Verhältniss der Tourenzahlen beider Maschinen. Je geringer aber die Differenz der Tourenzahlen ist, desto weniger elektro-motorische Kraft kann die erste Maschine aufnehmen. Durch Regulirung der Tourenzahlen gegeneinander hat man es also in der Hand, entweder eine möglichst grosse Kraft mit geringem Nutzeffect oder eine geringere Kraft mit möglichst hohem Nutzeffect zu übertragen. Man kann z. B. mit zwei gleichen Maschinen von 150 Pferdekräften des Motors so auf die zweite oder Arbeitsdynamo 50 Pferdekräfte übertragen, wenn man derselben nur  $\frac{1}{3}$  der Tourenzahl der ersten oder Stromdynamo gibt und hat dann allerdings nur  $33\frac{1}{3}$  Percent Nutzeffect; man kann aber, auch wenn man in der Arbeitsdynamo nur 16 Pferdekräfte braucht, die Tourenzahlen derselben so steigern im Verhältniss zu der der Stromdynamo, dass letztere nur noch 20 Pferdekräfte aufzunehmen vermag und hat dann einen Nutzeffect von 80 Percent.

Durch die Wärme-Entwicklung des Stromes selbst und besonders auch durch die in den Eisenkernen der Magnete sich bildenden Foucault'schen\*) Ströme geht ein grosser Theil der nutzbaren Arbeit verloren. Von der Anwendung in der Praxis hat sich in der Regel ein noch weiter verminderter Nutzeffect ergeben, was mit der Entfernung der beiden Dynamomaschinen zusammenhängt. Je länger die Leitungen bei gleichem Querschnitt werden, desto mehr Wärme wird in ihnen entwickelt werden und desto geringer wird die Nutzarbeit sein. Durch eine Verstärkung der Leitungsdrähte, welche ja wieder vermindern auf den Widerstand und auf die Wärme-Entwicklung wirkt, kann man sich nur in geringem Maasse helfen, weil man dadurch die Kosten der Anlage rasch vertheuern würde.

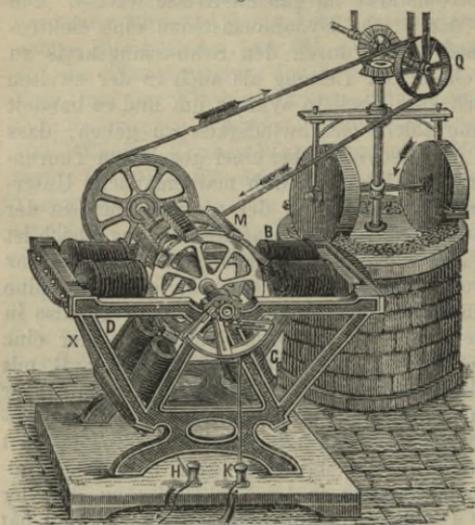
Nun wächst aber nach dem Joule'schen Gesetz die Wärme-Entwicklung genau wie das Quadrat der Stromstärke, d. h. vermindert man die Stromstärke um die Hälfte, so entwickelt sich in den Leitungsdrähten nur mehr  $\frac{1}{4}$  der Wärme. Um aber die Stromstärke zu verkleinern, muss man die elektro-motorische Kraft erhöhen. Aus diesen Gründen muss man, um möglichst vortheilhaft zu arbeiten, sich zur elektrischen Uebertragung der Kraft möglichst hoch gespannter Ströme bedienen. Allerdings darf aber hierbei nicht ausser Acht gelassen werden, dass mit der Spannung auch die Schwierigkeit der Isolirung wächst.

Einer der einfachsten elektro-magnetischen Motoren ist der von Froment, welchen wir in Fig. 89 abgebildet haben. Derselbe besteht aus vier an einem gusseisernen Gestell befestigten Hufeisenmagneten *ABCD*, vor deren Polen eine Trommel rotirt, auf welcher mehrere mit der Achse parallele Stangen von weichem Eisen befestigt sind. Der Strom tritt durch den positiven Pol bei *K* ein und gelangt von dort durch einen auf der Achse befindlichen Umschalter in die Drahtwindungen der Elektro-Magnete. Der Umschalter ist so construirt, dass der Strom während einer Umdrehung der Trommel 24mal wechselt und immer durch denjenigen Magnet geht, welcher sich

\*) Bei Annäherung und Entfernung von Metallmassen an Magneten entstehen in den Metallen Ströme, welche man „Foucault'sche“ Ströme nennt. Da nun die Dynamomaschinen ausser den Leitungsdrähten noch andere bewegte Metalltheile enthalten, so werden die in ihnen entstehenden Foucault'schen Ströme einen unnützen Aufwand von Arbeit darstellen.

am nächsten bei einem der Eisenstäbe befindet. Dieser Eisenstab wird infolge dessen angezogen, bis er sich den Polen des Elektro-Magnets gegenüber befindet; dann tritt

Fig. 89.

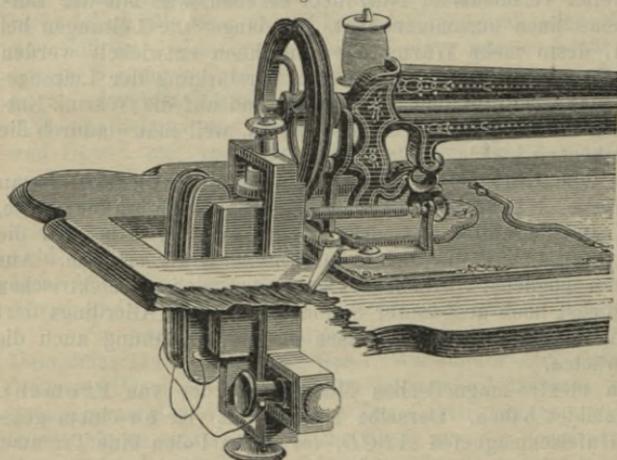


der Strom in den benachbarten Elektro-Magnet ein, der diesem Elektro-Magnet gegenüberliegende Stab wird angezogen u. s. w. und infolge dessen wird die Trommel in eine continuirliche Bewegung gesetzt, die man alsdann auf irgend einen beliebigen Apparat übertragen kann, wie dieses in der Figur in Bezug auf eine Wegreihe veranschaulicht ist.

Trouvé's Motor (Fig. 90) ist im Grunde genommen nur eine kleine dynamo-elektrische Maschine von Siemens, die so modificirt ist, dass bei der Drehung der Armatur keine todten Punkte auftreten. Dies erreicht Trouvé dadurch, dass er den Polflächen des Siemens'schen Inductors eine spiralförmige Gestalt gibt, so dass in jedem Momente der Drehung ein Theil derselben dem Einflusse der inducirenden Magnete ausgesetzt ist. Mit einem solchen Motor kann man, wie die Figur in circa  $\frac{1}{4}$  Grösse zeigt, Nähmaschinen oder andere kleine Apparate

leicht in Bewegung setzen und einen solchen benutzte auch Trouvé während der elektrischen Ausstellung in Paris, um sein kleines Boot, genannt das „Telephon“, fortzu-

Fig. 90.



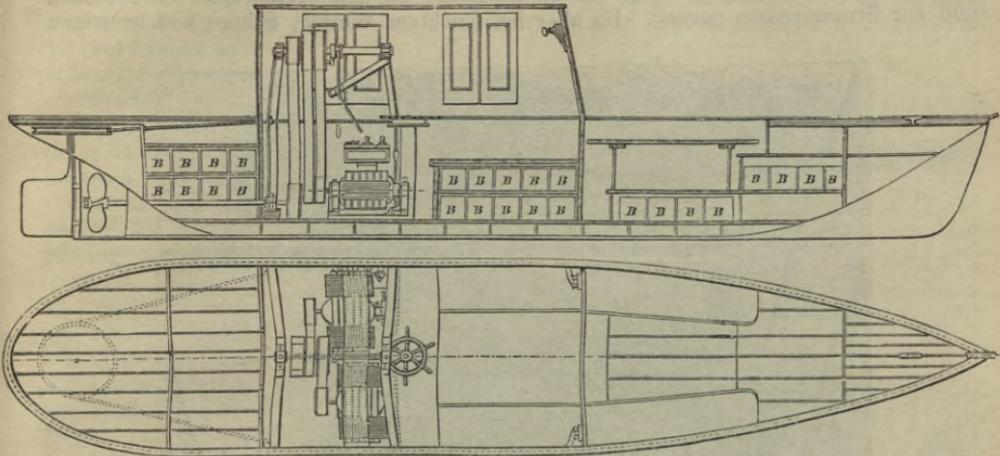
bewegen. Das Boot hatte eine Länge von 5,5 Meter, eine Breite von 1,2 Meter und ein Gewicht von 80 Kilogramm. In der Mitte desselben befand sich eine aus 12 Elementen bestehende und 94 Kilogramm wiegende Bunsen-Batterie, welche durch zwei biegsame Kabel mit dem oberhalb des Steuerruders befindlichen Motor in leitender Verbindung stand; die Kabel dienten zugleich dazu, die Bewegung des Steuerruders zu regulieren. Die Bewegung der Armatur wurde vermittelt eines Treibriemens auf die in einem Ausschnitte des

Steuerruders befindliche Propellerschraube übertragen und befähigte das Boot mit einer Geschwindigkeit von 1 Meter gegen und  $1\frac{1}{2}$  Meter mit dem Strome zu fahren.

Wichtiger ist ein neuerer Versuch Schiffe mit Elektrizität zu treiben, welcher in dem (Fig. 91—93 abgebildeten) Boote „Elektricity“ auf der Themse gemacht wurde. Man bediente sich zum Betriebe desselben zweier Siemens-Dynamos, welche ihren Strom von 54 Sellon-Volkmar'schen Secundärbatterien erhielten. Der Körper des Bootes ist aus Eisen gefertigt, 25 Fuss lang, in der Mitte etwa 25 Fuss breit; vorne hat es 21, hinten 30 Zoll Tiefgang. Die Propellerschraube hat 20 Zoll Durchmesser bei 36 Zoll

Ganghöhe und soll 350 Umdrehungen per Minute machen. Die Secundärbatterien werden, während das Boot vor Anker liegt, vom Etablissement der Gesellschaft aus

Fig. 91. 92.



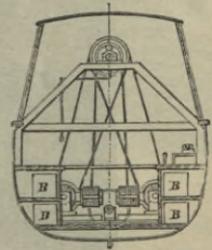
mittelst einer quer durch die Werfte gelegten Drahtleitung geladen. Die einzelnen Elemente *B* wurden so aufgestellt, dass sie den Laderaum des Fahrzeuges nicht beeinträchtigen und besitzen ein Gewicht von circa 1000 Kilogramm. Die Motoren sind durch Treibriemen mit den Riemenscheiben einer Vorlegewelle in Verbindung, von welcher dann wieder ein Riemen nach einer Riemenscheibe auf die Schiffschraubenachse führt. An Stelle der Signalpfeife, welche des mangelnden Dampfes wegen entfallen musste, bedient man sich eines grossen elektrischen Läutwerks, welches ebenfalls von den Accumulatoren aus betrieben wurde. Die Fahrgeschwindigkeit war auf neun Meilen per Stunde berechnet und wird auch bei den regelmässigen Fahrten in der That erreicht.

Seither sind elektrische Boote, sowohl gewöhnlicher Art als auch geeignet zu unterseeischen Fahrten in grösserer Anzahl gebaut und in Betrieb gesetzt worden. Wir nennen hier nur folgende Bootsnamen: Volta, Electra, Heureka, Countess, Nautilus und Magnet.

Eine andere Anwendung von ausserordentlicher Wichtigkeit (die elektrische Eisenbahn) haben Siemens & Halske in Berlin ausgeführt, indem sie die Kette der Dynamomaschine mit den Achsen der Eisenbahnwagen in Verbindung setzten. — Zwar soll schon in den Dreissiger Jahren Davidson eine elektrische Locomotive zwischen Edinburgh und Glasgow, mittelst einer Volta'schen Säule nach Spurgon's System betrieben haben. Jede der beiden Achsen des 16 Fuss langen, 6 Fuss breiten und reichlich 5000 Klgr. wiegenden Gefährtes wurde durch einen elektrischen Motor in Bewegung gesetzt, aber man erzielte auf ganz horizontaler Strecke nur eine Geschwindigkeit von 4 englischen Meilen pro Stunde und liess deshalb die Sache gleich wieder fallen. Eine elektrische Bahn mit Accumulatorenbetrieb und für einen ganz speciellen Zweck gebaut haben wir auch bereits kennen gelernt (s. S. 47).

Praktischen Werth für Personenbeförderung haben erst die Constructionen von Siemens & Halske erlangt, welche dem Secundärmotor während der Fahrt den erforderlichen Strom von einer feststehenden Dynamomaschine aus zuführen. Fig. 94 zeigt die Einrichtung einer solchen elektrischen Eisenbahn neuerer Anordnung; dieselbe besteht aus einem Wagen, ungefähr wie sie für Pferde-Eisenbahnen gebräuchlich sind, welcher die Secundär-Dynamomaschine trägt. Bei den ersten Versuchen

Fig. 93.



auf der Gewerbeausstellung in Berlin im Jahre 1879 wurde der Strom von der primären Maschine durch die Schienen fortgeleitet und zwar waren drei Schienen vorhanden, von denen die mittlere allein zur Zuleitung des Stromes zur Arbeitsdynamo diente; von dieser ging er dann durch die Räder zu den beiden äusseren Schienen und zur Stromdynamo zurück. Da aber bei feuchtem Wetter, Schnee und sonstigen

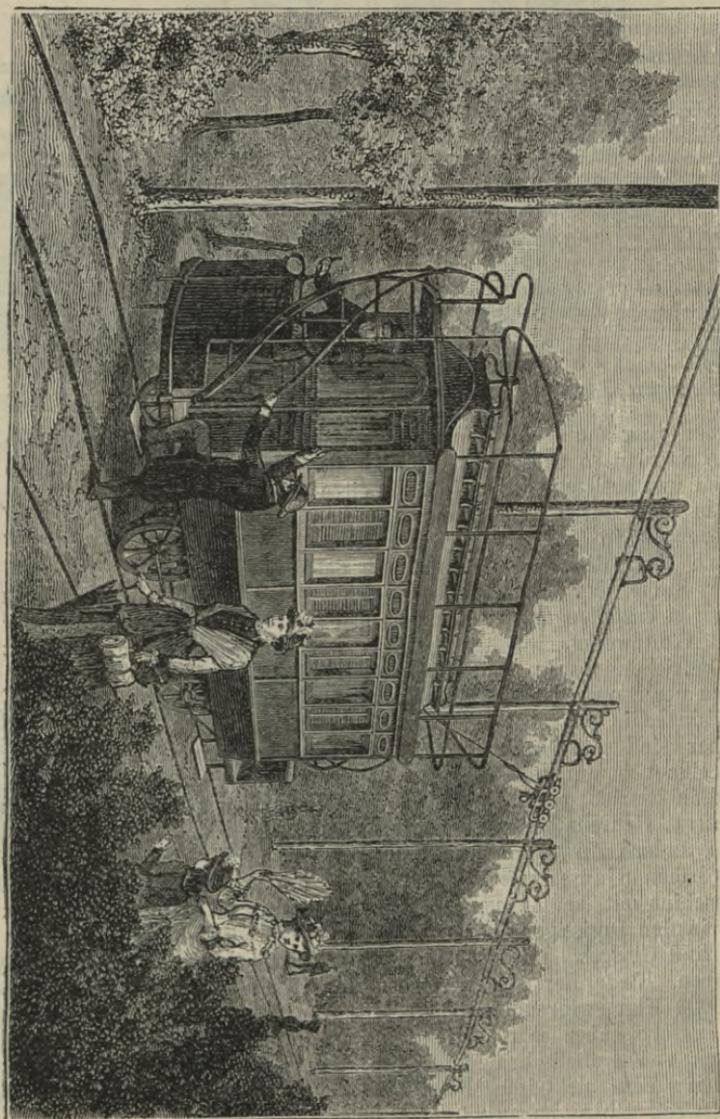


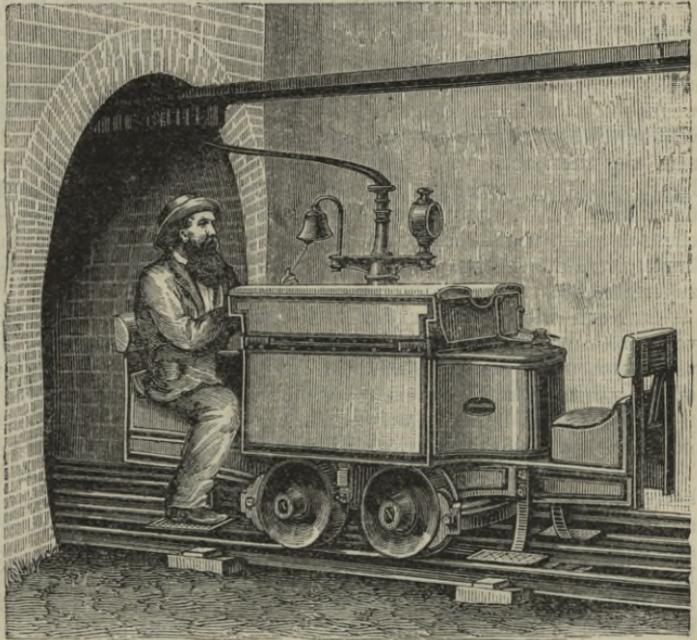
Fig. 94.

Einflüssen die Isolirung der mittleren Schiene sehr erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht wird, lässt man jetzt den Strom durch neben den Schienen aufgehängte Drähte fließen, auf welchen, wie Fig. 94 zeigt, ein kleiner leichter Contactwagen fährt, welcher von der elektrischen Tramway mitgeschleppt wird und ihrer Arbeitsdynamo stets den nöthigen Strom zuführt.

Die Bahn von Berlin-Lichterfelde bis zum Cadettenhause hat eine Länge von 2,6 Kilometer und wird mit einer Geschwindigkeit von 20 Kilometer in der Stunde bei voller Belastung des Wagens mit 26 Personen befahren; es könnte jedoch auch die doppelte Geschwindigkeit erreicht werden. 36 Züge laufen jeden Tag hin und zurück und die ganze Einrichtung hat bisher als sehr zufriedenstellend sich erwiesen.

Es sind seitdem noch zahlreiche andere elektrische Bahnen theils fertig gebaut, theils in Angriff genommen und bringt unsere nebenstehende Fig. 95 eine Abbildung der unterirdischen Bahn in den Steinkohlengruben von Zaukerode bei Dresden. Dieselbe geht durch einen Stollen von 700 Meter Länge und dient ganz speciell zur Förderung von Steinkohle. Der Strom wird auch hier durch einen an der Decke des Tunnels auf zwei Schienen laufenden Contactwagen geführt und die Dynamo der kleinen Locomotive zieht 10 Wagen mit 8 Tonnen Gewicht und einer Geschwindigkeit von 10–12 Kilometer pro Stunde.

Fig. 95.



Die elektrischen Bahnen haben eine ganze Reihe sehr wesentlicher Vorzüge vor den gewöhnlichen Dampfeisenbahnen, vor Allem viel geringere Anlage und Betriebskosten, dann entwickeln sie keinen Rauch, was für Tunnels und Hochbahnen in grossen Städten sehr wesentlich ist, überwinden leicht besondere Steigungen etc. etc. Aus allen diesen Gründen werden sie zweifellos für kürzere Strecken immer zahlreichere Anwendung finden. Auch Fahrstühle hat man mit grossem Vortheil durch Elektrizität betrieben und Omnibusse durch Secundärbatterien, wie in Paris auf der Linie Tourevingebroubois, deren Kosten sich auf nur 0,32 Francs per Wagen und Kilometer belaufen sollen gegenüber einem Kostenaufwand von 0,52–0,55 Frcs. für Pferdewagen und 0,75 für Dampftramways.

Auch mit der Ausnutzung entfernter Wasserkräfte sind schon recht befriedigende Resultate erreicht worden. So setzt eine chemische Fabrik von Shaw in Greenwich durch einen 137 Meter weit entfernten Wasserfall eine Turbine in Bewegung, welche ihrerseits eine Siemens'sche Dynamomaschine treibt. Von dieser gehen zwei Kupferdrähte bis zur Fabrik, in welcher eine zweite Siemens'sche Maschine steht und mit der Achse dieser sind durch Riemen eine Kreissäge, eine Drehbank und eine Bohrmaschine verbunden, welche also indirect durch die Kraft des Wassers in Bewegung kommen.

Besonderes Interesse verdienen in dieser Beziehung auch die Deprez'schen Versuche auf der elektrischen Ausstellung in München (1882). Bei dem ersten derselben wurden von der 5 Kilometer weit entfernten Hirschau aus zwei leergehende Dreschmaschinen in Bewegung gesetzt; die zwei Dynamos aus der Fabrik von Schuckert

in Nürnberg waren durch den Telegraphendrähten ähnlich geführte Kupferdrähte verbunden. Die primäre Maschine in der Hirschau wurde in Rotation gesetzt, durch Vermittelung eines Vorgeleges von einer circa 50pferdigen Turbine, die ihrerseits wieder ihre Bewegung von einem bei Thalkirchen von der Isar abgegrenzten Bache erhält. Die Turbine machte 65, das Vorgelege 170 und die dynamische Maschine 680 Touren per Minute. Nachts wurde der Strom zum Speisen der Lampen am Glaspalast und am Königsplatz benutzt.

„Man muss selbst den Boden unter sich zittern fühlen“, schreibt ein Augenzeuge, \*) „durch die gewaltigen Umdrehungen der massiven schweren Turbine, daneben die kleine elegante Maschine von Schuckert mit ihrem rastlos kreisenden Anker sehen, selbst die dünnen unscheinbaren Leitungsdrähte erblicken, die ruhig und bewegungslos auf ihren Trägern bleiben, selbst sich sagen, in diesen einfachen Kupferdrähten fließt die rohe gewaltige Wasserkraft, gebändigt durch die Elektricität, wohin man sie nur haben will, um dort von ihren Bändigern freigegeben, wieder als rohe Kraft Arbeit zu verrichten oder im glühenden Bogen sonnenhell aufzuleuchten: Wer dann nicht fühlt, dass er vor einer Errungenschaft der modernen Technik steht, die ebenso zu den wunderbarsten wie zu den weittragendsten dieses erfindungsreichen Jahrhunderts zählt, der ist eben überhaupt unfähig, irgend einen bedeutungsvollen Moment zu erfassen.“

Noch wichtiger war der zweite Versuch, bei welchem mittelst einer Maschine von Gramme Wasser mit einer Pumpe auf einen künstlichen Felsen gehoben wurde, von welchem es als Wasserfall in ein Bassin herabfloss. Die Gramme'sche Dynamo empfing ihren Strom von einer gleichen Primärmaschine, welche in dem 57 Kilometer weit entfernten Miesbach aufgestellt war, durch eine gewöhnliche Telegraphenleitung, oder einen Eisendraht von 4,5 Millimeter Durchmesser und 114 Kilometer Länge. Die Tourenzahl der Primärmaschine, welche von einer Dampfmaschine betrieben wurde, betrug 2700, die der Arbeitsdynamo 1400. Ueber den erzielten Nutzeffect ist viel gestritten worden, französische Blätter sprachen von 67 Percent, während derselbe wahrscheinlich nicht viel über 35–40 Percent betragen haben dürfte. Immerhin war hierdurch bereits die Möglichkeit mechanische Arbeitskraft auf grosse Entfernungen zu übertragen ausser allen Zweifel gestellt worden und damit die Versorgung grosser Städte von Centralpunkten aus mit Kraft und Licht auf elektrischem Wege nur mehr eine Frage der Zeit.

Seither sind gerade in dieser Richtung ganz kolossale Fortschritte gemacht worden. So hat z. B. die Maschinenfabrik Oerlikon bei der von ihr ausgeführten Kraftübertragungsanlage zwischen Kriegsstätten und Solothurn einen nachgewiesenen Nutzen von 75 Perc. erzielt. Die in Kriegsstätten befindliche Wasserkraft kann 30–50 Pferdestärken leisten und wird durch elektrische Uebertragung in den 8 Kilometer entfernt in Solothurn gelegenen Werkstätten von Müller-Haiber ausgenützt. In der Primärstation treibt eine Turbine zwei hintereinander geschaltete Dynamos, welche einen Strom von 15–18 Ampère und 1250 Volt erzeugen. Dieser wird durch eine oberirdische Leitung aus 6 Millimeter starkem blanken Kupferdraht den gleichfalls hintereinander verbundenen Dynamos der Secundärstation zugeführt. Diese Anlage functionirt seit December 1886 ohne jedwede Störung.

Zwischen Rom und Tivoli wurde von der Firma Ganz & Cie. eine Anlage zur elektrischen Uebertragung der Kraft auf die Entfernung von 26 Kilometer und für 2000 Pferdestärken eingerichtet. Auf der Frankfurter elektrischen Ausstellung ist es der Firma Oerlikon mit Hilfe ihrer Oeltransformatoren gelungen, 300 Pferdekräfte von Lauffen nach dem 150 Kilometer entfernten Frankfurt zu übertragen. Hierbei gelangte man zur Anwendung von Spannungen bis zu 20,000 Volt, was man vor kurzer Zeit noch für praktisch unausführbar gehalten hat.

Statt hier die Beschreibung weiterer Anlagen für Stromfernleitung oder Uebertragung von Kraft auf elektrischem Wege folgen zu lassen, mögen nachstehend die

\*) Dr. A. Ritter v. Urbanitzky in: Die neuesten Erfindungen und Erfahrungen. Bd. X (1883) p. 61.

verschiedenen Systeme, nach welchen man gegenwärtig solche Anlagen durchführt, skizzirt werden. \*) Die einfachste Form der Stromleitung und Vertheilung ist jene, welche von Edison vor ungefähr 10 Jahren erdacht und in Newyork zuerst in grossem Maassstabe ausgeführt wurde. Sie besteht darin, dass von einer Centralstation aus die dort erzeugten Ströme zunächst durch sogenannte Speiseleitungen nach verschiedenen Punkten der Stadt geführt werden; daselbst befinden sich die Vertheilungskästen, welche Verbindungen für die Kabel und ausserdem auch Sicherheitsschalter und Anschlusstheile zum Einschalten von Messinstrumenten enthalten. In diesen Kästen sind die Vertheilungsleitungen, welche die einzelnen Häuserblöcke netzartig umspannen, an die Speiseleitungen angeschlossen. Bei diesem Systeme, welches in Fig. 96 anschaulich dargestellt erscheint, dient eine Leitung dazu, den verschiedenen Verbrauchsstellen den Strom zuzuleiten, während eine zweite Leitung die Rückleitung bildet. Dieses Zweileitersystem zeichnet sich zwar durch ausserordentliche Einfachheit und Uebersichtlichkeit aus, kann aber rationell nur zur Leitung bis auf Entfernungen von 500—600 Meter von der Station aus verwendet werden. Macht man nämlich die Leitungen genügend stark, um den Stromverlust auf ein zulässiges Maass zu beschränken, so werden die Leitungskosten der grossen Querschnitte wegen zu hoch, verwendet man hingegen schwache Leitungen, so ist der Verlust an elektrischer Energie zu gross. Dieser Verlust könnte allerdings dadurch verringert werden, dass man den Druck (die Spannung), mit welchem man die Elektrizität in die Leitungen treibt, erhöht, doch entsprechen solche Ströme nicht der niedrigen Spannung von 60—100 Volt, mit welcher unsere gegenwärtig gebräuchlichen Lampen zu brennen vermögen. Diese Verhältnisse veranlassen den Uebergang vom Zwei- zum Drei- und Mehrleitersystem.

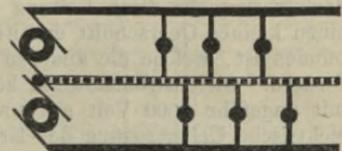
Nach dem von Edison und Hopkinson erfundenen Dreileitersystem, Fig. 97, sind zwei Dynamomaschinen von je 100 Volt Klemmspannung hintereinander verbunden und bilden somit eine Stromquelle von 200 Volt Spannung. Sämmtliche Verbrauchsstellen sind in zwei Gruppen getheilt, welche gleichfalls hintereinander geschaltet werden. Ist bei diesem Systeme der Stromverbrauch in beiden Gruppen derselbe, so functionirt die Anlage gerade so wie beim Zweileitersystem: der Strom fliesst durch die eine Leitung zu den Verbrauchsstellen, durchfliesst hier zuerst die eine und hierauf die zweite Gruppe und kehrt durch eine zweite Leitung zu den Maschinen zurück. Sind jedoch die beiden Gruppen ungleich belastet, so müsste überschüssige Elektrizität der schwächer belasteten Gruppe in die stärker belastete übertreten, wenn ihr nicht in einem dritten Leiter (punktirt gezeichnet) ein directer Rückweg zu den Maschinen geboten wäre. Da diese Ausgleichsleitung bei gleichmässigem Betriebe beider Gruppen stromlos ist und auch bei ungleicher Belastung nur einen Stromüberschuss zu leiten, nie aber die volle Betriebsstärke auszuhalten hat, so erfordert sie auch nur einen verhältnissmässig geringen Querschnitt und mindert hierdurch die Kosten der Leitungsanlage herab. Man kann nach diesem Systeme die Stromvertheilung praktisch auf ein Gebiet mit dem Radius von 800—1000 Meter ausdehnen.

Schaltt man statt zwei Maschinen drei, vier und mehr Maschinen hintereinander, so erhält man bei gleichzeitiger Erhöhung der Betriebsspannung auf das Drei-, Vier- und Mehrfache auch dementsprechend das Vier-, Fünf- und Mehrleitersystem. Will man hierbei die einzelnen kleinen Maschinen durch eine grosse Maschine von entsprechend hoher Klemmspannung ersetzen, so kann ein derartiger Betrieb mit Einschaltung von Ausgleichsmaschinen oder von Secundärbatterien zwischen die einzelnen Verbrauchsgruppen erfolgen. Ein solches Fünfleitersystem mit Secundärelementen für

Fig. 96.



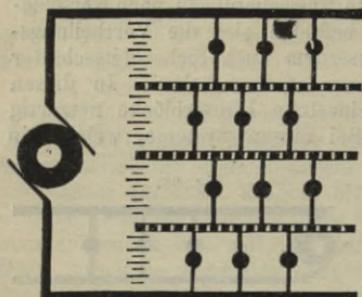
Fig. 97.



\*) Vergl. Elektrotechn. Zeitschr. vom Jahre 1891.

den Ausgleich zwischen den fünf Consumgruppen ist in Fig. 98 schematisch dargestellt. Durch das Fünfleitersystem kann infolge der dementsprechend erhöhten Betriebsspannung ein Gebiet von beiläufig 1500–1800 Meter Radius mit Strom versorgt werden. Es darf jedoch nicht übersehen werden,

Fig. 98.



dass bei diesen Mehrleitersystemen die gleichmässige Vertheilung der Consumenten in die einzelnen Gruppen schwierig ist und die Regulirung der Stromzuführung an Einfachheit verliert.

Eine andere Art der Stromversorgung eines grösseren Gebietes besteht darin, dass mehrere Stationen, welche durch Speiseleitungen untereinander verbunden sind, gemeinschaftlich die Stromlieferung besorgen. Hierbei kann im Falle geringen Bedarfes eine Station denselben decken und genügt auch eine Reserve für alle Stationen. Dieses System gestattet die Versorgung eines Gebietes von 4–5 Kilometer Durchmesser mit Elektricität.

Der im Allgemeinen günstigste Fall wird jedoch der sein, dass man an einer einzigen möglichst vortheilhaft gelegenen Stelle Strom erzeugt und von dieser aus Neben- oder Secundärstationen mit Strom versorgt. Der Arbeitsverlust, der bei solchen Fernleitungen stattfindet, wird durch die Vortheile, welche die Concentrirung der Stromerzeugung mit sich bringt, aufgewogen. Von den Secundärstationen erfolgt dann die Stromvertheilung wie von den Centralstationen aus. Jedoch werden in diesen Secundärstationen die Dynamomaschinen nicht mehr durch Gas-, Wasser- oder Dampfmaschinen, sondern durch Elektromotoren betrieben. Bei diesem Systeme kommt zwar zu den auch sonst nothwendigen Speise- und Vertheilungsleitungen noch die Fernleitung des Stromes von der Centrale zu den Motoren der Secundärstationen hinzu, doch verursacht diese Leitung verhältnissmässig geringe Kosten. Sie kann nämlich einen kleinen Querschnitt erhalten, da sie nicht an die niedrigen Stromspannungen gebunden ist, welche die anderen den Strom an die Lampen abgebenden Leitungen erfordern. Gleichstrommotoren können mit 1000–1500 Volt und Wechselstrommotoren mit ungefähr 3000 Volt gut und verlässlich arbeiten und gestatten daher auch eine elektrische Uebertragung der Kraft auf Entfernungen von 5–6 Kilometer, beziehungsweise 12 Kilometer.

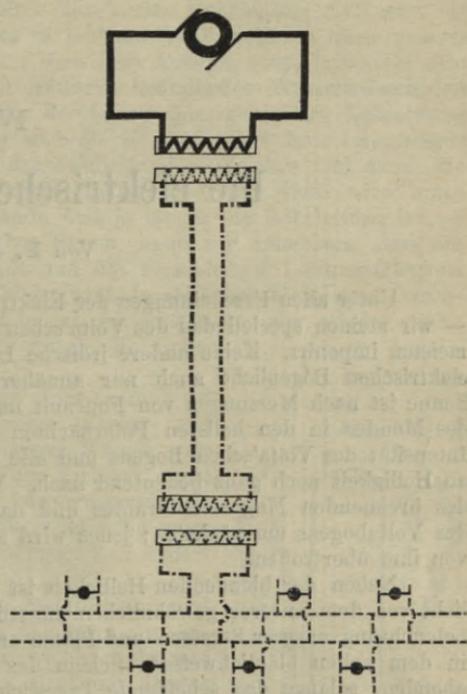
Ist in einem bestimmten Gebiete der Consum zu bestimmten Zeiten ein so geringer, dass kein vortheilhafter Betrieb einer grossen Motorenanlage möglich ist oder kann eine zur Verfügung stehende Wasserkraft zu gewissen Zeiten nicht voll ausgenützt werden, so erscheint es vortheilhaft, die Anlage mit Secundärelementen auszurüsten, welche in der Zeit des geringen Bedarfes durch den Kraftüberschuss mit Strom gespeist oder geladen werden und in den Stunden grössten Bedarfes die vorhandenen Maschinen in der Stromabgabe ergänzen.

Der Betrieb solcher combinirter Anlagen ist bei allen bisher geschilderten Systemen durchführbar. Ist jedoch ein derartiges Bedürfniss nicht vorhanden, so kann sowohl bei der directen Stromzuführung als auch bei jener von Secundärstationen Wechselstrom oder Drehstrom zur Verwendung gelangen. Die Anwendung dieser Ströme erlangt namentlich dann eine hohe Bedeutung, wenn solche von Secundärstationen aus geliefert werden sollen. In diesem Falle kann man nämlich in den Secundärstationen der rotirenden Maschinen oder Elektromotoren ganz entbehren und an deren Stelle treten die Transformatoren, also Apparate, die keiner besonderen Aufstellung und keinerlei Aufsicht bedürfen, die z. B. im Sockel eines Candelabers untergebracht werden können. Es fallen daher die ganzen Stromumformerstationen weg und an ihre Stelle treten die Transformatoren, die an jedem Vertheilungspunkte untergebracht werden können, von denen jeder gewissermaassen eine Secundärstation darstellt. Bei diesem Systeme haben wir also nur die Stromfernleitung und die Vertheilungsleitungen, die Speiseleitungen fallen weg. Die Anwendung der Transformatoren

gestattet aber überdies noch Stromspannungen von einer Höhe anzuwenden, an welche man vorher gar nicht zu denken gewagt hat. Da solche Ströme nicht direct durch rotirende Maschinen erzeugt werden können, so geht man hierbei in der Weise vor dass man zunächst Ströme niedriger Spannung erzeugt und diese durch Transformatoren in hochgespannte Ströme verwandelt. Letztere sendet man durch die Stromfernleitung an das Consumgebiet und in diesem werden die hochgespannten Ströme an den einzelnen Vertheilungspunkten wieder in Ströme niedriger Spannung, wie sie der Consum erfordert, verwandelt. Eine schematische Darstellung dieses Systemes ist in Fig. 99 gegeben. Der Energieverlust, welcher bei dieser wiederholten Stromumformung allerdings stattfindet, wird reichlich aufgewogen durch die billigere Herstellung und den sicheren Betrieb von Wechselstrommaschinen mit verhältnissmässig geringer Spannung gegenüber solchen von hoher Spannung und durch die bedeutende Herabminderung des Leitungsquerschnittes und somit der Kosten der Leitungsanlage.

Nach diesem Systeme wurden von Ferranti die Centrale London-Deptford, von Ganz & Co. das oben erwähnte Elektrizitätswerk Tivoli-Rom, von O. v. Miller die Centrale Lauffen-Heilbronn und durch die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft die Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt gebaut. Dieses System ermöglicht es, nicht nur ganze Städte von einer Centrale aus mit elektrischer Energie zu versehen, sondern gestattet sogar die Vertheilung derselben über ganze Landstriche. Sie gewährt überdies auch noch den Vortheil, dass hierbei selbst Orte mit sehr geringem Strombedarf in das Versorgungsgebiet der Centrale einbezogen werden können.

Fig. 99.



#### IV.

## Die elektrische Beleuchtung.

Von E. Japing.

Unter allen Erscheinungen der Elektrizität ist ohne Zweifel das elektrische Licht — wir meinen speciell das des Volta'schen Bogens — diejenige, welche den Laien am meisten imponirt. Keine andere irdische Lichtquelle kann sich an Intensität mit dem elektrischen Bogenlicht auch nur annähernd vergleichen und selbst das Licht der Sonne ist nach Messungen von Foucault und Ficeau nur doppelt so stark. Das Licht des Mondes in den hellsten Polarnächten hat nur etwa ein Hunderttausendstel der Intensität des Volta'schen Bogens und alle anderen Himmelskörper stehen dem Monde an Helligkeit noch ganz bedeutend nach. Von künstlich erzeugtem Licht kommt das des brennenden Magnesiumdrahtes und das Drummond'sche Kalklicht der Intensität des Voltabogens am nächsten; jenes wird aber noch ungefähr 260, dieses tausendmal von ihm übertroffen.

Neben der blendenden Helligkeit ist es vor allem die Farbe, welche das Bogenlicht von dem unserer gewöhnlichen künstlichen Lichtquellen unterscheidet. Die Gasbeleuchtung unserer Strassen und Plätze erscheint trübe, gelblich und schattenwerfend in dem hellen bläulichweissen Schein des Rivalen, ähnlich wie an hellen Sommerabenden, solange das scheidende Tageslicht der Gasflamme noch an Helligkeit überlegen ist. Wengleich aber das elektrische Bogenlicht in seinen Eigenschaften dem Tageslicht weit näher steht als unsere Gasbeleuchtung und die Farben der beleuchteten Objecte richtiger wiedergibt als letztere, so wird es doch auf den unbefangenen Beobachter stets einen kalten fremdartigen Eindruck machen, theils durch die ungewohnte, mondscheinartig bläulichweise Färbung, theils durch die tiefschwarzen Schlag Schatten, welche von vorspringenden Körpertheilen im Strahlenkegel des einen, so intensiv leuchtenden Punktes geworfen werden und den beleuchteten Gegenständen ein hartes eckiges Ansehen geben. Weit näher steht unserem Empfinden und Behagen der minder intensive, aber volle, warme goldgelbe Schein der zweiten, neueren Form des elektrischen Lichtes, des Glühlichtes, welches die Contouren der beleuchteten Körper ganz besonders angenehm rund und plastisch erscheinen lässt. So grosse Vortheile deshalb auch das Bogenlicht für die Beleuchtung unserer Strassen und Plätze und hundert andere Zwecke bietet, so zauberisch schöne Effecte sich auch mit seiner Hilfe im grünen Laubwerk unserer Gärten und Parks erzielen lassen — für die Interieurs unserer Häuser, für die Erhellung unserer Gesellschafts- und Wohnräume wird uns immer der lebenswarme Schein der Glühlampen sympathischer sein.

Beide Formen des elektrischen Lichtes haben den gleichen Ursprung; sie entstehen durch starke Erhitzung einer Stelle im elektrischen Schliessungskreise, welche dem Durchgang des Stromes grossen Widerstand entgegengesetzt. Es genügt schon, einen feinen Metalldraht in den Stromkreis einzuschalten, um in ersterem eine hohe Wärme-Entwicklung hervorzurufen. Obschon das Metall an sich gut leitet, so gehört doch ein Draht von hinreichender Dicke, von genügendem Querschnitt dazu, um einen Strom von bestimmter Stärke ohne grossen Widerstand durchpassiren zu lassen. Je

dünnere der eingeschaltete Draht gewählt ist, desto grösseren Widerstand setzt er dem Strome entgegen, desto stärker erwärmt sich bei gleicher Stromstärke der Draht bis zum lebhaften Glühen und Schmelzen. Je stärker ferner der den eingeschalteten Draht passierende Strom wird, desto intensiver ist auch die Wärme-Entwicklung.

Lassen wir Wasser aus einem Behälter durch eine Rohrleitung abfliessen, so wird die Menge des ausströmenden Wassers in bestimmten Zeiträumen umso grösser sein, je höher der Wasserspiegel im Behälter über dem Ausflussloche, je stärker also der Druck ist, mit welchem die über dem letzteren befindlichen Wassermassen den Strahl her austreiben und zweitens, je grösser der innere Querschnitt der Rohrleitung ist. Aber auch die Länge der Rohrleitung und die Beschaffenheit ihrer Innenwände ist von Einfluss; denn die Geschwindigkeit des ausfliessenden Wassers und damit die Menge wird vermindert durch Reibung an den Rohrwänden und diese wird umso bedeutender sein, je weniger glatt die Wände und je länger die Rohrleitung ist. — Ganz ähnlich liegt die Sache beim elektrischen Strom, wenn wir annehmen, dass die Spannung die Rolle des Wasserdrucks spielt und die verschiedene Leitungsfähigkeit der Körper, aus welchen der Stromkreis gebildet wird, in ähnlicher Weise dem Durchgange des elektrischen Stromes Widerstand leistet, wie eine mehr oder minder rauhe Innenfläche dem Durchfliessen des Wassers durch die Rohrleitung.

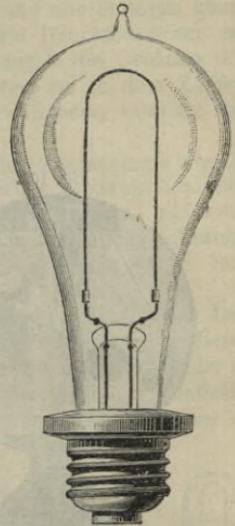
Es ist hiernach klar, dass man, um an einer bestimmten Stelle des Stromkreises eine möglichst grosse Wärme- und Licht-Entwicklung zu erzielen, daselbst einen Körper einschalten muss, welcher dem Durchgange des Stromes einen möglichst grossen Widerstand entgegengesetzt, also einen schlechten Leiter von möglichst geringem Querschnitte; derselbe muss aber auch den Einwirkungen der Hitze auf längere Zeit widerstehen können.

Nach mannigfaltigen Versuchen mit metallischen und nichtmetallischen Körpern aller Art ist man allgemein zur Anwendung dünner Kohlenfäden übergegangen, welche meist aus vegetabilischen Fasern hergestellt werden. Erst mit diesem Material war es möglich, praktisch verwendbare Glühlampen herzustellen. Nebenstehende Abbildung (Fig. 100) zeigt, nach einer Broschüre der „Deutschen Edison-Gesellschaft“, die gegenwärtig adoptirte Einrichtung einer Edison-Glühlampe.

Dieselbe besteht aus einer luftleeren Glaskugel von Form und Grösse einer Birne, in welcher eine  $\Omega$ -förmig gebogene verkohlte Bambusfaser durch den Strom bis zur Weissglühhitze erwärmt wird. Ein kleiner, oben aus der Kugel hervorragender Ansatz verschliesst die Oeffnung, durch welche die Luft ausgepumpt wurde.

Der Lampenhals wird durch einen in denselben hineinragenden und mit ihm zusammengeschmolzenen Glasstöpsel gegen die atmosphärische Luft hermetisch abgedichtet, und zwar bildet letzterer ein Rohr, welches an dem oberen Ende durch einen Glasboden geschlossen, an dem unteren hingegen zu einem Wulst ausgebaucht ist. Mit diesem ist die cylindrische Lampenöffnung verschmolzen. Die Einfügung der beiden Metalldrähte in die Glasmasse des Stöpselbodens gehört zu den schwierigen Processen der Fabrication, da es wesentlich darauf ankommt, dass Temperaturveränderungen die Drähte nicht lockern und dadurch Undichtheiten herbeiführen. Aus diesem Grunde benutzt Edison hierzu Platina, dessen Ausdehnung durch die Wärme der des Glases sehr nahe kommt. — Damit zu hohe Temperaturen die mit den Platindrähten durch galvanische Verkupferung verbundenen Kohlenfasern an den Verbindungsstellen nicht abschmelzen, werden letztere an ihren Enden in solchem Maasse verstärkt, dass der Widerstand des Stromes und damit die Wärme-Entwicklung in denselben nur gering ist.

Fig. 100.



Das von der Lampe ausstrahlende Licht gleicht an Farbe und Leuchtkraft einigermassen der Gasflamme, zeichnet sich aber vor letzterer durch absolute Ruhe und Beständigkeit aus. Auch fällt die von der Gasflamme entwickelte lästige Hitze und die Verschlechterung der Luft durch Kohlensäure etc. vollständig fort. Die Luftleere der Glaskugeln sichert den Lampen eine sieben- bis achtmonatliche Brennzeit, während in freier Luft die Kohlenfaser sofort verbrannt sein würde; zugleich aber verleiht eben der luftleere Raum dem Lichte die goldene, dem Auge wohlthuende Färbung, welche, wie wir oben schon erwähnten, das Glühlicht vor dem weissen Bogenlicht auszeichnet.

Die Herstellung der Kohlenfaser erfolgt jetzt in grösseren Massen auf folgende Weise. Das Bambusrohr wird durch eigens für diesen Zweck construirte sinnreiche

Fig. 101.

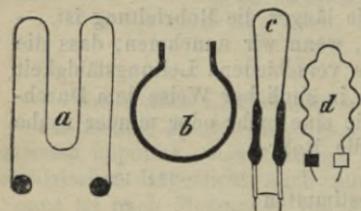


Fig. 102.

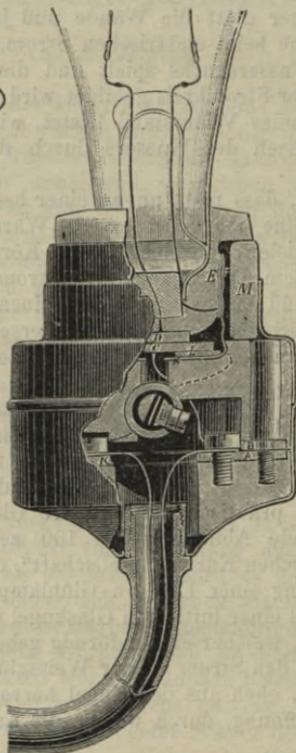
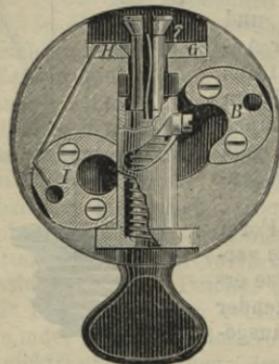


Fig. 103.



Maschinen entschält, in Faserngetheilt von 1 Millimeter Dicke und 120 Millimeter Länge und in der Form eines langgestreckten U gebogen. Dann setzt man die Faserbögen zu Tausenden in genau schliessenden eisernen Formen der Hitze eines Glühofens aus und erhält nach rasch beendeter Verkohlung einen Bogen von hinreichender Feinheit, Härte und Festigkeit. — Spätere Constructeure haben geeignete Kohlenfäden auch aus anderem Material, wie Papier, Hanffäden etc. dargestellt und denselben auch allerlei abweichende Formen gegeben. So zeigt in Fig. 101 *a* die Kohlenform der Maxime'schen Glühlampe, *b* eine zweite Form desselben Constructeurs, *c* die der Lampe von Lane Fox und *d* die der Böhm'schen Glühlampe.

Natürlich zeigen alle diese Glühlampen auch noch andere bedeutende Abweichungen in ihrer Construction und in der Regulirungsmethode, doch müssen wir uns hier darauf beschränken, die weiteren Details einer der gebräuchlichsten, der Edison-Lampen, zu besprechen.

Fig. 102 und 103 zeigen die Einrichtung des Sockels der Edison-Lampen im Vertical- und resp. Horizontalschnitt. Die freien Enden der Platindrähte sind mit zwei durch eine Gypsfüllung von einander isolirten Kupfergarnituren *D* und *E* verbunden, von denen die erstere den Boden des Sockels bildet, während der Umfang *E* mit Schraubengewinde versehen ist, welches so tief in das Muttergewinde *F* des Lampenfusses eingeschraubt wird, dass die Garnitur *D* den Boden des letztern *C* berührt. *F* und *C* sind mit Leitungsdrähten versehen und durch eine Scheibe *L* von eigenthümlicher Masse getrennt, deren Aufgabe wie die des Holzringes *M* darin besteht, die benachbarten Metallflächen zu isoliren. — Solchergestalt entsteht durch einfaches

Einschrauben der Lampe in die Fassung oder den Fuss zwischen dem Schraubengewinde *E* und der Mutter *F* einer- und zwischen den Platten *C* und *D* andererseits gleichzeitiger Contact. Innerhalb der zweitheiligen, mit Messingblech bekleideten Holzfassung wird die Leitung durch Berührung zweier, aufeinander geschraubter Plattenpaare *BG* und *AK* hergestellt. An erstere sind die von den Garnituren *C* und *F* ausgehenden Drähte gelöthet, bei letzteren werden die von der Stromquelle kommenden Leitungsdrähte mit Schrauben gegen die Platten *A* und *K* gepresst. Die Befestigung der Fassungen an röhrenförmigen Wandarmen und Kronleuchtern, durch deren Inneres man die letzterwähnten Leitungsdrähte weiterführt, geschieht, wie aus der Zeichnung ersichtlich, durch Einschrauben des mit einem Gasgewinde versehenen Rohrendes.

Fig. 102 und 103 stellen zugleich die sinnreiche Vorrichtung zum Anzünden und Auslöschen der Lampen durch die bei Gasbeleuchtungs-Gegenständen übliche Hahndrehung dar, zu welchem Zweck der von der Garnitur *F* ausgehende Draht nicht direct zur Platte *C* geführt, sondern in der Mitte unterbrochen wird, so dass eine Hälfte von *F* mit *G*, die andere von *H* mit *D* communicirt.

Da beide Plattenhälften *G* und *H* (Fig. 103) von einander isolirt sind, muss beim Anzünden der Lampe ein Contact zwischen ihnen hergestellt werden, der dem Strom den Uebergang gestattet und durch dessen Unterbrechung das Licht wiederum erlischt. Um dies zu ermöglichen, sind die Löcher der Platten *G* und *H* innen versenkt, so dass der in der Achse dieser Hülle bewegliche, geschlitzte und in einem Conus endende Zapfen *A* der trichterförmigen Oeffnung sich genau anschmiegen kann, in welchem Bestreben er durch die in dem Schlitz angebrachte Druckfeder zur erhöhten Sicherheit des Contactes noch unterstützt wird. Um durch die Drehung des Hahnes nach beiden Richtungen eine axiale Bewegung zu erhalten, ist an dem Zapfen ein Zahn befestigt, dessen Kopf in einer schraubenförmig gewundenen Coulissee geführt wird.

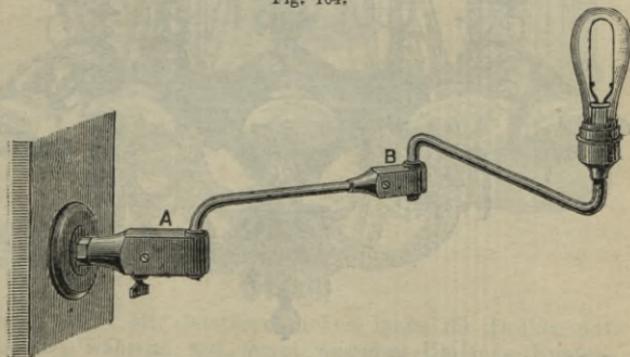
Durch Drehung des Hahnes von links nach rechts wird der Zapfenconus an die Platten *G* und *H* gedrückt, die um denselben liegende Spiralfeder gespannt und der Zahn in seiner Rinne nach Innen bewegt; um den Strom zu unterbrechen, gibt man dem Hahn eine leise Drehung in entgegengesetzter Richtung, wodurch die Schraube aus dem Anschlag tritt, die Feder sich ausdehnt und der Conus aus seinem Sitz herausgeschneilt wird.

Nach diesen Auseinandersetzungen ist es leicht, dem Stromlauf zu folgen. Der Strom tritt durch einen der beiden Leiter in die Scheibe *A* (Fig. 102), von dieser durch *B* zur Bodenplatte *C* der Fassung, hierauf durch den Contact mit der Scheibe *D* in die Lampe, in welcher er nach einander den von letzterer ausgehenden Platindraht und die Kohlenfaser durchfließt, um durch den anderen Platindraht zur Garnitur *E* zurückzukehren, deren

Schraubengewinde ihm den Wiedereintritt in die Fassung durch die Mutter gestattet. Mittelst des an letzteregelötheten Drahtes gelangt der Strom nunmehr zur Schraubenhälfte *G* und vorausgesetzt, dass der Umschalter zurückgedreht sei, über denselben zur anderen Hälfte, die er durch Draht *HI* und Platte *K* in die Rückleitung verlässt. — Da aber, wie wir oben sahen, die

Kohlenfaser dem Durchgang des Stromes erheblichen Widerstand entgegenstellt, so erhitzt sie sich heftig, wird zuerst roth und schliesslich weiss glühend.

Fig. 104.



Die für gewöhnlichen Gebrauch bestimmten 4 Lampengrößen geben eine Leuchtkraft von 8, 10, 16 und resp. 32 Kerzen, doch sind auch Lampen zu 100 Kerzen Leuchtkraft und darüber gebaut worden. Die bequeme Form der Glühlampen gestattet ihre

Fig. 105.

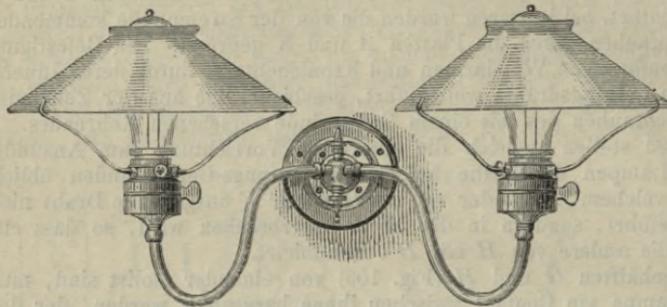
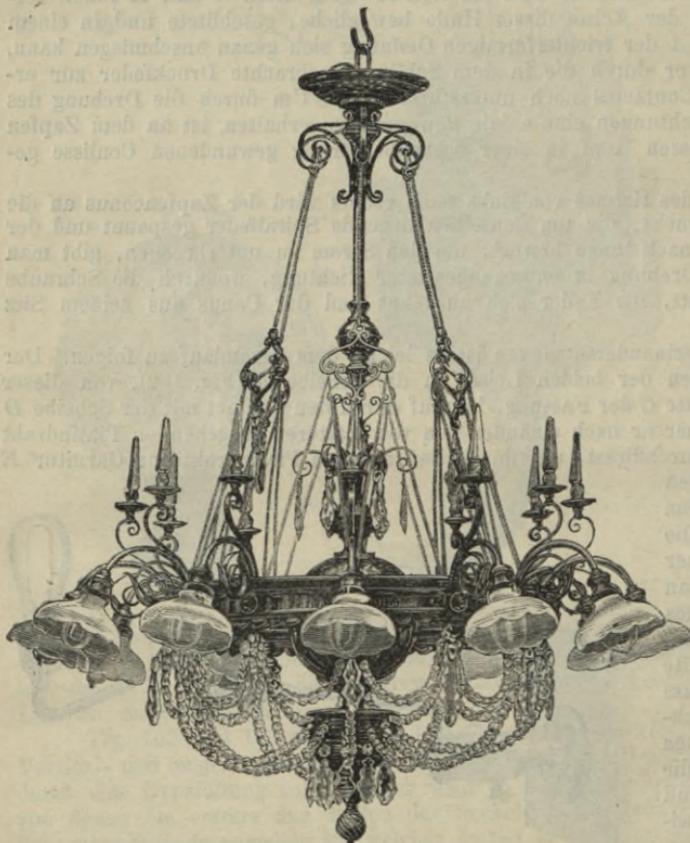


Fig. 106.



Verwendung in der mannigfaltigsten Gestalt. Fig. 104 zeigt einen einfachen Wandarm, Fig. 105 einen doppelten, mit zwei stehenden und Fig. 106 einen Luster mit 12 schräghängenden Glühlämpchen. Da die Glühlampe in jeder beliebigen Stellung gleich gut brennt, ermöglicht sie eine Fülle neuer, zweckmässiger und insbesondere auch stylvoller, den Forderungen ornamenter Ausstattung entsprechender Constructionen; auch kann das Licht frei nach allen Seiten ausstrahlen, ohne Schatten zu werfen, was für zahlreiche subtile Arbeiten in Werkstätten von hohem Werthe ist.

Kronleuchter werden meistens ausser mit den kleinen Hähnen für jede einzelne Lampe auch noch, genau wie beim Gaslicht, mit Haupthähnen versehen, durch welche man nach demselben Principe, wie es in Fig. 102 und 103 dargestellt wurde, sämtliche Lampen nicht nur gleichzeitig löschen, sondern auch wieder anzünden kann. Auf den elektrischen Ausstellungen in Paris

und München waren Kronleuchter mit 80 Edisonlampen ausgestellt, welche bezüglich Bequemlichkeit und Sicherheit ihrer Bedienung den weitgehendsten Anforderungen entsprachen.

Fig. 107 stellt einen einfachen Wandarm mit drei Gelenken *A*, *B* und *C* dar, deren Gebrauch in Bureaux, Werkstätten, überhaupt überall, wo die Beleuchtung einen öfteren Wechsel in der Stellung der Lampe erfordert, Verbreitung gefunden hat, und Fig. 108 zeigt die Details der Gelenke im senkrechten Durchschnitte. Jedes Gelenk trägt einen um seine Achse drehbaren Cylinder von harter Isolirmasse, auf dessen

Fig. 107.

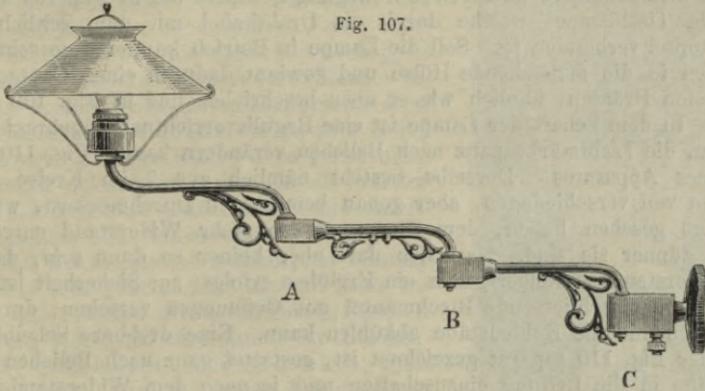


Fig. 109.

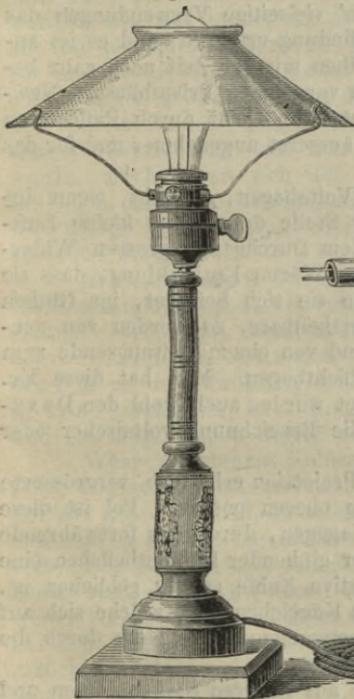


Fig. 108.

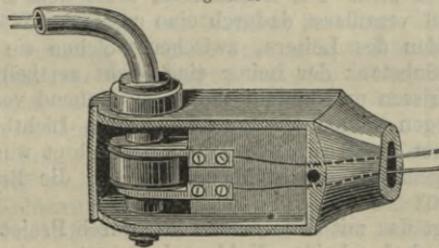
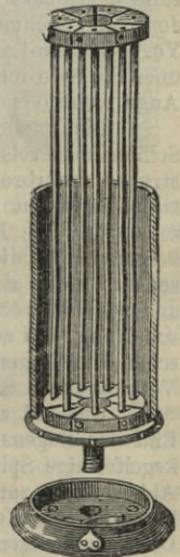


Fig. 110.



Endflächen Kupferringe befestigt sind. Mit letzteren stehen innen die Drähte des beweglichen Armes in Verbindung, während auf ihrem äusseren Umfange Kupferzungen schleifen, welche als Enden des feststehenden Armes den Strom ihnen zu-leiten. Bei *C* befindet sich über-dies noch ein Hahn, der in Fig. 102 und 103 dar-gestellten Construction. Ein Stück des Drahtes in der Hahnkapsel ist aus Blei,

es hat dies den Zweck, bei etwaigem Anwachsen des Stromes in der Leitung über jene Stärke, welche für die Lampe geeignet ist, diese gegen Beschädigung (Zerstörung des Kohlenbügels) zu schützen. Der Durchmesser des Bleidrahtes ist nämlich so zu bemessen, dass der Draht sich bis zum Schmelzen erwärmt und auf diese Weise den Strom eben dann unterbricht, wenn letzterer eine gefährliche Stärke anzunehmen droht.

Noch unabhängigere und freiere Bewegung gestattet die in Fig. 109 abgebildete transportable Tischlampe, welche durch ein Drahtkabel mit dem seitlich daneben liegenden Stöpsel verbunden ist. Soll die Lampe in Betrieb kommen, so schraubt man den letzteren in die feststehende Hülse und gewinnt dadurch einen Contact mit den stromführenden Drähten, ähnlich wie er oben beschrieben und in Fig. 102 abgebildet worden ist. In dem Schaft der Lampe ist eine Regulirvorrichtung angebracht, mittelst welcher man die Lichtstärke ganz nach Belieben verändern kann. Fig. 110 zeigt das Wesen dieses Apparates. Derselbe besteht nämlich aus 7 im Kreise stehenden Kohlenstiften von verschiedenen, aber genau bemessenen Durchmessern, welche, wie wir Eingang gesehen haben, dem Strom um so mehr Widerstand entgegensetzen werden, je dünner sie sind. Natürlich darf aber keiner so dünn sein, dass sich in ihm der Widerstand so steigert, dass ein Erglühen erfolgt; zur Sicherheit ist noch der die Kohlenstäbe einschliessende Blechmantel mit Oeffnungen versehen, durch welche Luft circuliren und die Kohlenstäbe abkühlen kann. Eine drehbare Scheibe, wie sie unterhalb der Fig. 110 separat gezeichnet ist, gestattet ganz nach Belieben jeden der 7 Kohlenstäbe in die Leitung einzuschalten und je nach dem Widerstande desselben wird die Lichtstärke der Lampe eine andere sein.

Diese Beispiele zeigen wohl zur Genüge, welch' vielseitige Verwendungen das Glühlicht schon in den wenigen Jahren seit seiner Erfindung erfahren, und es ist anzunehmen, dass die Zahl und Mannigfaltigkeit derselben mit der Zeit noch ganz bedeutend zunehmen wird. So hat man neuerdings in vornehmen Privathäusern New-Yorks Edison-Lampen in den Plafonds eingelassen und ihr Licht durch Reflectoren über die Säle und Zimmer ausgebreitet, wodurch ein äusserst angenehmer und für das Auge wohlthuernder Effect erzielt worden ist.

Die zweite Art des elektrischen Lichtes, der Voltabogen, entsteht, wenn der Schliessungskreis einer starken Stromquelle an einer Stelle durch eine kleine Luftstrecke unterbrochen wird. Die Luftschicht setzt dem Durchgange grossen Widerstand entgegen und veranlasst dadurch eine so starke Wärme-Entwicklung, dass sie selbst und die Enden des Leiters, zwischen welchen sie sich befindet, ins Glühen kommen. Ist die Substanz der Leiter eine leicht zertheilbare, so werden von denselben Stücke abgerissen und bilden, indem sie glühend von einem Leitungsende zum anderen hinüberfliegen, einen zusammenhängenden Lichtbogen. Man hat diese Erscheinung, die zuerst von Humphry Davy beobachtet wurde, auch wohl den Davy'schen Lichtbogen genannt; gebräuchlicher ist aber die Bezeichnung voltaischer oder Voltabogen (s. S. 20).

Fig. 111 zeigt das mit Hilfe einer Linse durch Projection erhaltene, vergrösserte Bild des Bogens und der beiden Kohlenspitzen. Am oberen positiven Pol ist diese kegelförmige Spitze verschwunden und es hat sich dagegen, durch das fortwährende Ablösen und zum negativen Pol Hinüberfliegen kleiner glühender Kohlentheilchen eine kraterförmige Vertiefung gebildet, während die negative Kohle spitzig geblieben ist. Die krümmeligen Erhöhungen *cc* und die leuchtenden Kügelchen *gg'*, welche sich auf beiden Kohlenenden bilden, rühren von fremden Beimengungen her, welche durch die Gluth schmelzen und sich auf der Oberfläche absetzen.

An Stelle der Kohlen kann man die Pole auch aus anderen Stoffen bilden und eignen sich dieselben dazu um so besser, je leichter flüchtig sie sind. So ist er z. B. herzustellen zwischen Polen von Zink, Eisen, Quecksilber etc. Am schönsten und glänzendsten aber wird die Erscheinung mit Kohlen, die mit leichtflüchtigen Salzlösungen getränkt sind. So geben mit Kalilauge getränkte Kohlen einen doppelt so langen Bogen als rohe Kohlenspitzen unter sonst gleichen Umständen. Für gewöhnlichen Gebrauch werden jetzt stets auf verschiedene Weise präparirte Kohlenspitzen

genommen und mit der Entfernung zwischen den Enden geht man bis höchstens 3—6 Millimeter, weil dann erfahrungsmässig die Lichtintensität im Verhältnisse zu der Länge des Bogens am grössten ist, wenn auch die Gesammthelligkeit der der längeren Bögen nachsteht.

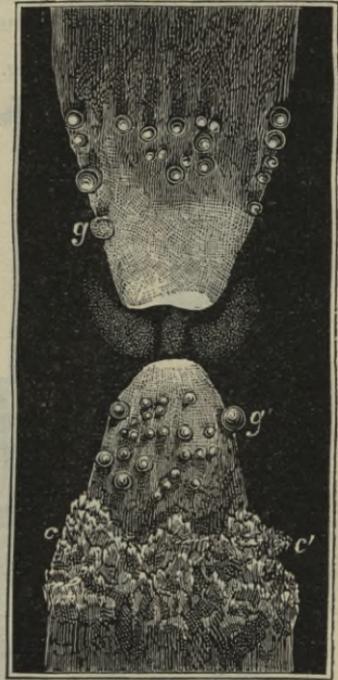
Die Kohlenspitzen verzehren sich natürlich in freier Luft sehr rasch, und zwar wegen der vielen von der positiven zur negativen Kohle überfliegenden Stofftheilchen, die erstere etwa doppelt so rasch als die letztere. Im luftleeren Raume dagegen bildet sich in der negativen Kohle eine kraterförmige Einsenkung, während die positive Kohle sich verlängert und spitz bleibt; doch gehen diese Veränderungen viel langsamer vor sich, als in freier Luft. Verwechselt man endlich rasch und unaufhörlich die beiden Pole, indem man sich der früher betrachteten Wechselströme bedient, so brennen beide Kohlen sehr gleichmässig ab und beide behalten die spitze Form der unteren Pole in Fig. 111. Um nun ein möglichst constantes, für Beleuchtungszwecke brauchbares Licht zu erhalten, muss man dafür sorgen, dass die beiden Kohlenspitzen stets im gleichen Abstände von einander gehalten werden, also sich immer um eben so viel nähern, als von den Spitzen abbrennt. Zu diesem Zwecke ist eine ausserordentlich grosse Anzahl von mehr oder weniger sinnreichen und das Problem lösenden Constructionen erdacht worden, deren speciellere Betrachtung uns hier zu weit führen würde. Doch lassen sich alle in Hauptgruppen eintheilen, deren wesentlichste Eigenthümlichkeiten wir an je einer charakteristischen Lampe besprechen werden.

Gewissermaassen den Uebergang vom Glühlicht zur Bogenlichtbeleuchtung bilden die Contactglühlampen, bei welchen die zwei Pole in unvollständiger Berührung mit einander stehen und dadurch dem Strome so bedeutenden Widerstand entgegengesetzten, dass ein Erglühen stattfindet. Man kann das Licht derselben als aus dem Glühen der Pole an den Berührungsstellen und einer Anzahl kleiner Voltbögen an den Stellen, wo keine unmittelbare Berührung stattfindet, zusammengesetzt ansehen. Die Figuren 112 und 113 mögen einen Begriff von der hierher gehörenden Reynierlampe geben.

Wenn ein dünnes Kohlenstäbchen *a* (Fig. 112), auf welches seitlich ein elastischer Contact drückt, und welches in der Richtung seiner Achse gegen einen festen Contact gedrückt wird, zwischen diesen beiden Contacten von einem genügend kräftigen elektrischen Strome durchflossen wird, so kommt diese Partie zum Weissglühen und verbrennt, während sich das Ende zuspitzt. In dem Maasse, wie die Abnutzung des Endes stattfindet, wird durch den ständig darauf wirkenden Druck das Kohlenstäbchen weiter vorgeschoben, indem es durch den elastischen Contact gleitet und dabei immer auf dem fixen Contact aufruhet. Die infolge des Durchganges des Stromes im Kohlenstäbchen hervorgerufene Wärme wird durch die gleichzeitige Verbrennung des Kohlenstoffes wesentlich erhöht.

Eine praktische Anwendung dieses Principes zeigt Fig. 113. Eine Messingstange *S* als Träger des positiven Kohlenstabes *K* kann zwischen Gleitrollen in der Messingsäule *M* herabsinken. Als negative Kohle dient die kreisförmige Kohlscheibe *K*, deren Achse sich in einer auf der Säule isolirt befestigten Gabel *G* drehen kann. Diese ruht (mit ihrem Ende bei *G*) auf einem Hebel, welcher auf die Messingstange drückt, um als Bremse ein zu rasches Nachsinken der positiven Kohle zu verhindern. Die

Fig. 111.



Führung des Kohlenstabes  $K$  wird durch eine Kupferrolle  $r$  besorgt, welche an einem Winkelarme drehbar ist. Die Stromzuleitung erfolgt durch einen am selben Arme befestigten Kohlenklotz  $a$ , der durch seine eigene Schwere immer mehr mit dem Pol in leitender Berührung erhalten wird. Der Strom tritt bei der Klemme  $P_1$  ein, geht durch die Masse der Lampe und den Kohlenklotz in den positiven Kohlenstab, dann in die negative Kohlenscheibe, durch deren von der Lampe isolirten Träger und die Drahtleitung zur Klemme  $P$ . — Die Kohlenstäbe haben einen Durchmesser von 2 Millimeter, eine Länge von 300 Millimeter und dauern 2 Stunden. Die Lichtstärke variirt nach der Anzahl der Lampen, die in den Stromkreis einer Maschine eingeschaltet werden.

Fig. 112.

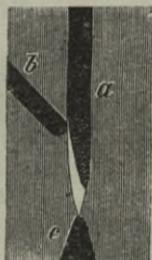


Fig. 113.

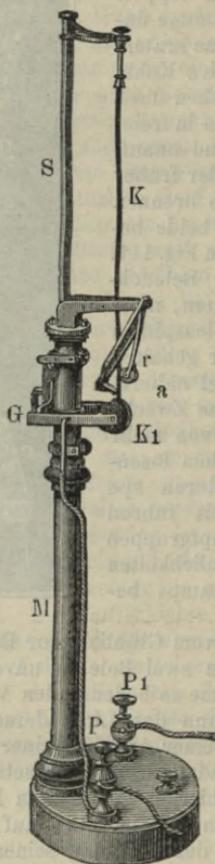
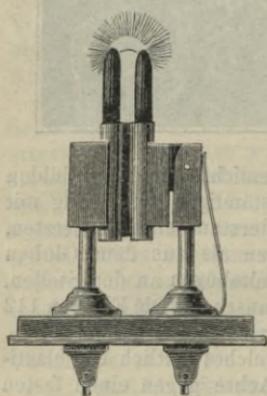


Fig. 114.



das elektrische Bogenlicht in grösserem Maassstabe zur Beleuchtung von Strassen und Gebäuden benutzt wurde und ihnen ist besonders das rasch überall erweckte Interesse für elektrische Beleuchtung zu danken. — Die Uebelstände der ersten Form, das rasche Abbrennen und das leichte Erlöschen der Kerzen etc. hat man durch verschiedene Vorrichtungen zu beseitigen versucht, jedoch bis jetzt ohne durchschlagenden Erfolg. Die bekanntesten hierher gehörenden Constructions sind: Leroux' Lampe soléil, die Jamin-Kerze, Rapieff-Kerze, Andrea-Kerze etc. etc.

Die Einzellicht-Lampen werden durch die Stromstärke im Schliessungskreise regulirt und wirken selbst wieder regulirend auf diese Stromstärke zurück. Wir wollen das Wesen derselben an einer der bekanntesten Constructions der von Serrin (Fig. 115) erörtern. Dieselbe ist sowohl für constante, als auch für Wechselströme verwendbar, und zwar erfolgt das Zusammenschieben der Kohlen durch das Gewicht des oberen Kohlentragers, das Auseinanderziehen durch einen Elektro-Magneten. Der

Die Kohlenstäbe haben einen Durchmesser von 2 Millimeter, eine Länge von 300 Millimeter und dauern 2 Stunden. Die Lichtstärke variirt nach der Anzahl der Lampen, die in den Stromkreis einer Maschine eingeschaltet werden.

Eine weitere Gruppe ist die der elektrischen Kerzen. Ein russischer Ingenieur, Jablochkoff, kam im Jahre 1876 auf die Idee, den Abstand der Kohlenspitzen dadurch constant zu erhalten, dass er die Kohlen nicht gegenüber, sondern parallel neben einander stellte und durch eine verbindende Zwischenlage von Gyps von einander isolirte. Fig. 114 zeigt eine solche Anordnung. Jedes der beiden Kohlenstäbchen von 200 Millimeter Länge und 4 Millimeter Durchmesser ist in Verbindung mit einer Messinghülse, in welche durch Klemmschrauben die Leitungsdrähte eingeführt werden. Durch die Hitze des Flammenbogens schmilzt die Zwischenschicht allmählig weg und erlaubt so den Kohlenstäbchen abzubrennen Ausserdem mischen sich noch ihre Partikelchen, die in Dampf aufgehen, mit dem Flammenbogen und erhöhen dadurch die Leuchtkraft desselben; um das Abbrennen beider Kohlenspitzen gleichmässig zu erhalten, lässt man Wechselströme durch die Lampe gehen. — Diese Jablochkoff-Kerzen repräsentiren die erste Form, in der

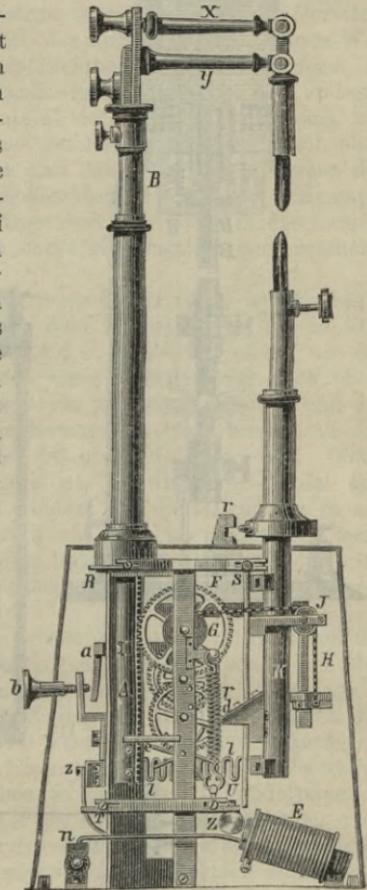
obere positive Kohlenträger *B* ist mit der Zahnstange *A* verbunden durch zwei Arme, welche mittelst Schrauben und eines ihre Enden verbindenden Gelenkstückes gestatten, die obere Kohlenspitze genau in eine Linie mit der unteren zu bringen. Mit dem Stativ, worin sich die Zahnstange *A* verschiebt, ist durch feste Charniere die Parallelführung (Balance) *RSTU* verbunden, an der die Rolle *J* sitzt, über die eine feine Stahlgliederkette geht, an welcher der Halter *K* des unteren Kohlenstiftes hängt. Die Kette ist mit der Rolle *G* verbunden, um welche sie sich herumwindet und auf deren Achse das doppelt so grosse Zahnrad *F* sitzt, welches in die Zahnstange *A* des oberen Kohlenhalters eingreift. Mit Zahnrad *F* sind durch Getriebe zwei in einem festen Ständer eingelagerte Räder verbunden; an dem mittleren sitzt ein Sperrrad, welches das Herausziehen des Kohlenhalters ohne die Bewegung des Räderwerkes gestattet. Das Charnir *U* der Balance ist mit einem cylindrischen Anker verbunden, welcher vom Magnet *E* angezogen werden kann, wobei die Balance niedergehen muss. Bei dem Nachlassen der magnetischen Kraft kommt die Feder *r* zur Wirkung, welche die Balance emporzieht. Beim Heruntergange der Balance greift der Zahn *d* in das Rad *3* ein und hemmt das Räderwerk, so dass die Kohlenspitzen ihre Distanz constant halten; beim Hinaufgange der Balance lässt der Zahn *d* das Räderwerk frei und durch das Gewicht des oberen Kohlenhalters wirkt derselbe, dreht das Rad *F* nebst der Kettenrolle *G*, so dass gleichzeitig auch der untere Kohlenhalter gehoben wird, und beide Kohlenspitzen sich einander nähern. Die Annäherung (Senkung) der oberen positiven Kohle erfolgt aber doppelt so rasch, als die Hebung der negativen. Der Strom tritt durch eine Klemme in das Metallgestell des Apparates und von da in die positive Kohle; von dieser geht er in die negative Kohle über, deren Halter vom Gestell isolirt ist. Aus dem Halter der negativen Kohle geht der Strom durch eine Spiralfeder in den ebenfalls vom Gestell isolirten Elektromagnet *E* über und zur Klemme *n* wiederum zum Stromkreis hinaus.

Andere in diese Kategorie gehörende Lampen wurden von Foucault-Dubosq, Siemens & Halske, Crompton, Jaspar, Krupp, Bürgin, Cance etc. construiert.

Die Nebenschluss-Lampen gehen davon aus, dass die auf Annäherung der Kohlenspitzen wirkende elektro-magnetische Spirale in einer Abzweigung des Hauptstromes liegt und einen Widerstand von solcher Stärke bietet, dass die magnetische Anziehungskraft erst durch Auslösung des zur Annäherung der Kohlen dienenden Mechanismus zur Wirkung kommt, wenn durch die Entfernung der Kohlenspitzen einer Lampe der direct durch dieselben geführte Hauptstrom, in Folge des in der Hauptleitung stärker gewordenen Widerstandes, gezwungen ist, seinen Weg so zu sagen um die Lampe herum, durch den Zweigstrom (Nebenschluss) zu nehmen, wodurch die magnetische Kraft zur Wirkung kommt, durch welche die Annäherung der Kohlenspitzen bewirkt und dadurch der Widerstand im Hauptstromkreise wiederum vermindert wird.

Bei der hierher gehörenden Brush-Lampe (Fig. 116) ist die untere Kohle

Fig. 115.



fest, die obere beweglich und der obere Kohlenhalter *EB* aus Eisen befindet sich frei beweglich in der eisernen Röhre *C*, welche selbst beweglich ist und geht mit sehr

Fig. 116.

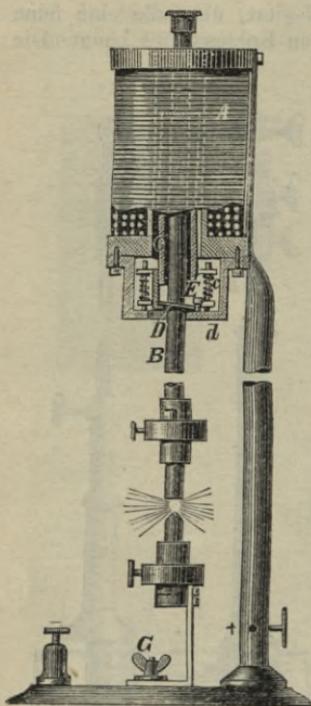


Fig. 118.

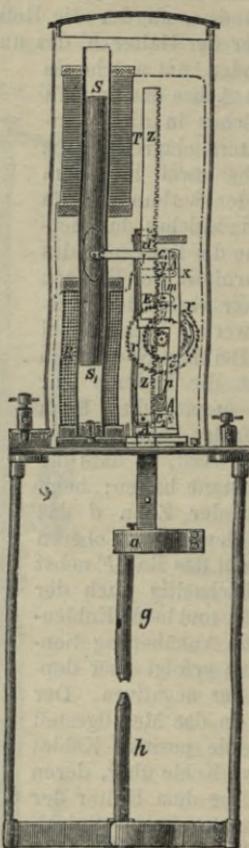
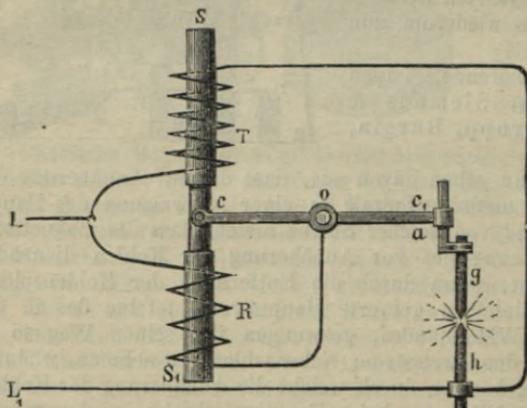


Fig. 117.



halter verbundener Eisenkern unterliegt. Fig. 117 mag uns einen Begriff von der Wirkungsweise des hierher gehörenden Mechanismus der Siemens & Halske'schen oder

fest, die obere beweglich und der obere Kohlenhalter *EB* aus Eisen befindet sich frei beweglich in der eisernen Röhre *C*, welche selbst beweglich ist und geht mit sehr geringem Spielraume durch einen Frictionsring bei *D* hindurch. Dieser Ring wird bei einer aufwärtsgehenden Bewegung der Röhre *C* durch einen an ihr befestigten Arm einseitig gehoben (die Figur zeigt ihn in dieser Stellung) und gestattet dann dem Kohlenhalter keine abwärtsgehende Bewegung mehr. Zuerst sind die Kohlen in Berührung, geht aber der Strom hindurch, so wird die Röhre *C* und mit ihr der Frictionsring gehoben, so dass der obere Kohlenhalter nicht mehr sinken, sondern nach oben gezogen werden kann. Bei einer Schwächung des Stromes wird der Frictionsring wieder fallen gelassen, der Kohlenhalter kann sich wieder abwärts bewegen. Um die Bewegung des letzteren recht gleichmässig und ruhig zu machen, wird die Röhre *C* mit Glycerin gefüllt, dessen Zähigkeit die Bewegung verlangsamt.

Die vorerwähnten Constructionen von Serrin, Crompton und Bürgin lassen sich durch Stromverzweigung in Nebenschluss-Lampen umwandeln. Andere hierher gehörige Lampen sind von Fontaine, Mersanne, Gramme, Weston, Lewers u. s. w. angegeben worden.

Bei den Differential-Lampen wird eine zweite, in einen Zweigstrom eingeschaltete Drahtspirale angewendet, um die Kohlenspitzen in richtiger Entfernung von einander zu halten, und es erfolgt hierbei die Differentialwirkung durch den verschiedenen Widerstand der Spiralen, deren Spiel ein mit dem einen Kohlen-

von Hefner Alteneck'schen Differential-Lampe geben. In dem Stromkreis ist einerseits die aus starkem Drahte gebildete Spule  $R$  und andererseits die aus feinem Drahte gebildete Spule  $T$  eingeschaltet, von denen natürlich die letztere einen grösseren Widerstand bietet als die erstere. In diesen Spulen steckt der Eisenstab  $SS_1$ , welcher in seiner Mitte durch einen Hebel  $coc_1$  mit dem oberen Kohlenhalter  $a$  verbunden ist, während der Halter der unteren Kohle  $h$  feststeht. Der bei  $L$  in die Lampe eintretende Strom verzweigt sich in die beiden Spulen, wobei der durch die untere, geringen Widerstand bietende Spule gehende Zweigstrom die Kohlen nach der Austrittsklemme  $L_1$  durchläuft, während der andere Zweigstrom durch die grosse Widerstand bietende obere Spule mit kurzem Schlusse ausserhalb der Kohlen nach  $L_1$  seinen Weg findet. Sind die Kohlen für die normale Bildung des Lichtbogens zu weit entfernt, so geht bei dem jetzt stattfindenden hohen Widerstande im Stromkreise der stärkste Stromzweig durch die obere, widerstandsstarke Spule  $T$ , der Eisenkern  $SS_1$  wird, wie wir in einem früheren Theile (s. S. 25) dieses Buches gesehen, magnetisch, nach oben gezogen, der Hebel  $coc_1$  am hinteren Ende gehoben und daher ein Heruntergehen der oberen Kohle und somit eine Verringerung des Kohlenabstandes bewirkt. Kommen die Kohlenspitzen einander zu nahe, so geht der Strom durch die widerstandsschwache Spule  $R$ , der Hebel wird gehoben und damit die obere Kohlenspitze emporgeschrückt, um den Kohlenabstand zu vergrössern.

In der Lampe selbst, welche Fig. 118 im Verticalschnitte zeigt, ist der obere Kohlenhalter nicht direct durch den Hebel  $CC_1$  mit dem Eisencylinder  $SS_1$  in Verbindung gebracht, sondern zunächst ein Rahmen  $AAA \dots$ , welcher nicht, wie der Hebel  $C C$ , hin- und herschwingen, sondern infolge einer Führung nur nach oben, resp. unten sich bewegen kann. Der Rahmen trägt ein kleines Zinkrad  $r$  und ein kleines Echappement  $E$ , welches das Pendel  $P$  in Bewegung setzen kann. An das Rad  $r$  greift endlich die Zahnstange  $Z$  an, welche die obere Kohle  $g$  trägt. Wenn der Rahmen  $AA$  in einer bestimmten oberen Lage ist, so wird das Pendel und dadurch das Echappement und das Rad arretirt, indem das Pendelende  $m$  in ein Loch  $y$  sich einklemmt. Dadurch ist die Zahnstange mit  $AA$  verbunden und muss der Bewegung des Rahmens folgen. Wenn aber der Rahmen  $A$  sich senkt, so wird  $m$  von  $y$  frei, das Pendel und das Rad sind nicht gehemmt und die Zahnstange  $Z$  mit ihrer Kohle kann langsam abwärts gleiten.

So lange die Kohlen  $g$  und  $h$  getrennt sind, fliesst der Strom allein durch die Spule  $T$  und der Cylinder  $S$  wird in diese hineingezogen. Dadurch senkt sich der Rahmen  $AA$ , die Pendelstange  $m$  tritt aus dem Loch  $y$  heraus und die Zahnstange  $Z$  fällt langsam frei herunter, indem sie bei ihrer Bewegung das Rad  $r$  und durch das Echappement das Pendel in Bewegung setzt. Sobald aber die Kohlen sich berühren, geht ein starker Strom durch die Spirale  $R$ , der Eisencylinder  $S$  wird herabgezogen und dadurch der Rahmen  $AA$  mit dem Rad  $r$  gehoben, so lange, bis die Pendelstange  $m$  in das Loch eingreift. Dann muss die Zahnstange  $Z$  der Bewegung des Rahmens nach oben folgen, die obere Kohle entfernt sich also von der unteren. Wird dann der Strom durch das Abbrennen der Kohlen geschwächt, so senkt sich der Rahmen wieder und so bewegt sich der obere Kohlenhalter bald nach unten, bald nach oben, je nachdem es der Lichtbogen erfordert.

Andere dem gleichen Systeme angehörende Lampen sind von Gülcher, Schuckert, Zipernowski u. s. w. construirt worden und haben auch fast alle mehr oder weniger ausgedehnte Verwendung in der Praxis gefunden.

Was die äussere Montage der Bogenlichtlampen betrifft, so ist dieselbe meist mehr oder weniger der in Fig. 119 abgebildeten ähnlich. Die Regulirungsvorrichtung steckt in einem cylindrischen Metallgehäuse, die Lampe selbst in einer Milchglasglocke, welche der grösseren Widerstandsfähigkeit wegen mit Drahtgeflecht umgeben ist. Fig. 119 zeigt eine Hefner-Alteneck'sche Lampe für Salons mit Vorrichtung, um dieselbe behufs Auswechslung der Kohlenstifte ausschalten zu können, während die anderen Lampen weiter brennen. Die Gaskugel ist zum Abhaken eingerichtet oder mit einem Gegengewicht abbalancirt, so dass sie herabgelassen werden

kann. Fig. 120 stellt eine ornamentirte Lampe dar, wie solche von Křížik bei der Wiener elektrischen Ausstellung in Betrieb gesetzt waren. Um hierbei das Schattenwerfen der Metallrippen zu vermeiden, sind die sechs matten Glasstücke zwischen den Rippen stark gewölbt. Da hierdurch die leuchtenden Flächen weiter nach aussen hin zu liegen kommen als die undurchsichtigen Rippen, so überkreuzen sich die Lichtstrahlen über diesen und heben dadurch die Schattenbildung auf. Fig. 121 stellt eine Aufziehvorrichtung dar. Das die Laterne balancirende Gegengewicht hängt über der Laterne und ist, um die Vorrichtung für niedere Räume brauchbar zu machen, mit verkürztem Wege eingerichtet. Die Laterne selbst hängt an Kupferseilen, die den

Fig. 119.

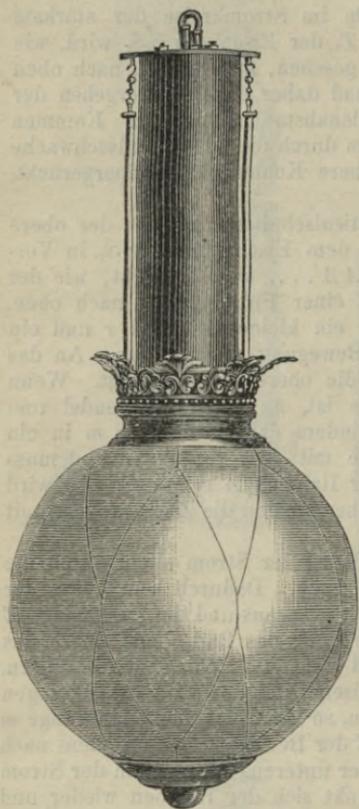


Fig. 120.

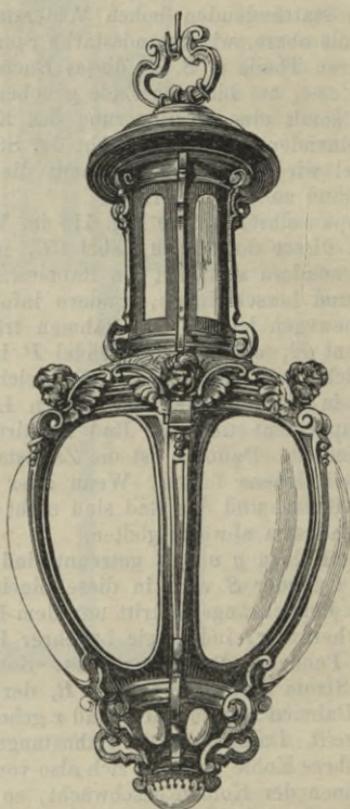
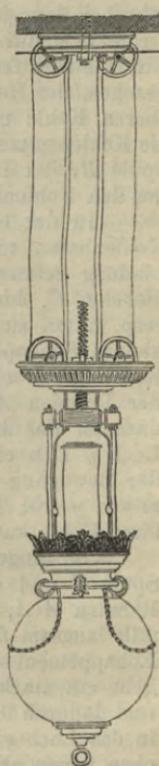


Fig. 121.



Strom ab- und zuleiten. Ein Candelaber, wie er bei der Strassenbeleuchtung in Nürnberg in Verwendung steht, ist in Fig. 122 abgebildet. Er ist derart construirt, dass sich ein Theil aus dem Stamme herauslösen und umknicken kann. Das untere Ende des drehbaren Stammes ist an einer Kette befestigt, welche mittelst einer Winde wieder aufgewunden wird. Das Einsetzen der Kohlenstäbe lässt sich auf diese Art bequem ausführen. Die Leitung endigt an zwei Isolatoren, welche in der Nähe des oberen Auslösungspunktes angebracht sind. Von hier führen zwei biegsame Kabel in den hohen Schaft hinauf. Dieselben sind an dem Bügel, in welchem die Lampe hängt, befestigt und treten durch den hohlen Drehzapfen in das Gehäuse derselben ein.

Fig. 123 stellt eine mit Bronze reich verzierte Bürgin-Lampe dar; sie ist das Modell, welches auf der internationalen Ausstellung für Elektricität in Paris functionirte

und seitdem zur Beleuchtung von Speisesälen in Hotels, Concertsälen etc. mehrfach benutzt wurde. Die Zerstreuung des Lichts besorgt eine Alabasterkugel von 500 Millimeter Durchmesser.

Höchst originell ist die Solignac-Lampe (Fig. 124) nicht nur der Form, sondern auch ihrer inneren Einrichtung nach, indem nämlich vom Lichtbogen selbst erzeugte Wärme zu seiner Regulirung benutzt werden soll. Die beiden 500 Millimeter langen Kohlenstippen sind dabei horizontal einander gegenüberstehend angeordnet.

Einen eigenthümlichen, aber für das Auge sehr wohlthuenden Effect erreichte Jaspas auf der Elektricitäts-Ausstellung in Paris durch die in Fig. 125 abgebildete Anordnung. Der Regulator fand sich hierbei in einem starken, oben offenstehenden Cylinder, über welchem ein weiss angestrichener Schirm aufgehängt war. Es wurde hierdurch eine sehr gleichmässige Beleuchtung erzielt und ausserdem der blendende Lichtbogen für das Auge unsichtbar gemacht. In vielen Fällen wird man den Schirm ganz entbehren können, da ein weissgetünchter Plafond zur Reflexion und Zerstreuung des Lichtes vollständig ausreicht. Fig. 126 endlich zeigt die Montirung der Lampe, welche ihrer Construction nach zu den elektrischen Kerzen gehört. Bei derselben sind zwei nach unten schräg gegeneinander stehende Kohlenstäbe in einen Marmorblock gesteckt, der unten ausgehöhlt ist, und durch die Bildung des Lichtbogens gleichsam einen leuchtenden Krater vorstellt. Das Licht ist ein ganz besonders

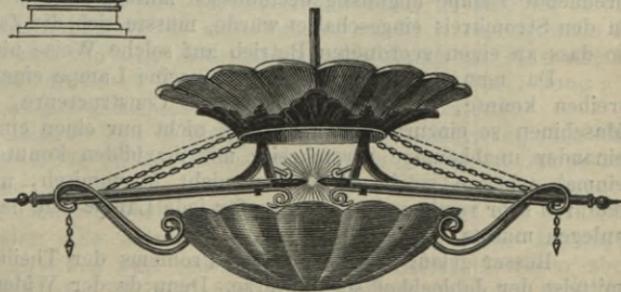
Fig. 122.



Fig. 123.



Fig. 124.



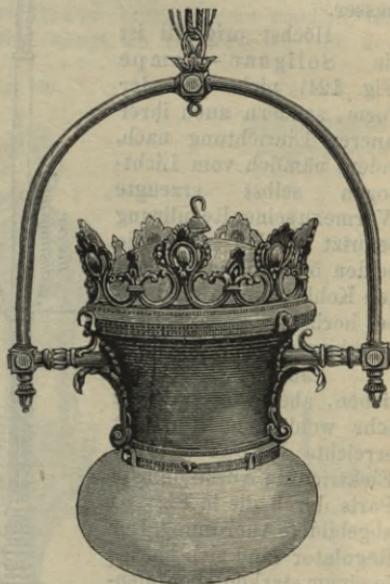
Die Elektricität. 4. Aufl.

ruhiges, und erlischt selbst bei stärkeren Stromschwankungen nicht, da der flüssige Marmor einen guten Leiter bildet. Um aber ganz sicher zu gehen, placirt man in jeder Lampe zwei Systeme, so dass mit dem Erlöschen des einen, das andere selbstthätig zu leuchten beginnt. Die ornamentirte Kupferverkleidung bedeckt diese Vorrichtung und das Licht strahlt durch die unten angebrachte Glaskugel aus.

Fig. 125.



Fig. 126.



Haben wir nun im Vorstehenden eine grosse Zahl mehr oder weniger vollkommener Lampenconstructions kennen gelernt, so gilt es nun, die Mittel zu erörtern, durch welche man bei der Anwendung im Grossen jeder einzelnen Lampe genau das geeignete Maass von Elektricität zuführt und sichert. Denn wollte man so ohneweiters zwei oder mehr solcher Lampen, wie die von Brush, Bürgin etc., in einen Stromkreis einschalten, so würde jede, auch die beste Regulirvorrichtung illusorisch werden. Brennt von zwei in einem Stromkreis befindlichen Lampen z. B. die eine normal, während bei der zweiten gleichzeitig die Kohlen zu weit auseinander sind, so wird die von der Letzteren in's Werk gesetzte Regulirung eine Annäherung der Kohlen bewirken, und dadurch eine Stromverstärkung, welche die erste normal brennende Lampe ungünstig beeinflussen müsste. Mit jeder weiteren Lampe, welche in den Stromkreis eingeschaltet würde, müsste sich die Zahl der Störungen vermehren, so dass an einen geordneten Betrieb auf solche Weise nicht zu denken ist.

Da man nun nicht für jede einzelne Lampe einen Stromerzeuger separat betreiben konnte, so versuchten einzelne Constructeure, z. B. Mertens, elektrische Maschinen so einzurichten, dass man nicht nur einen einzigen, sondern mehrere von einander unabhängige Stromkreise mit ihr bilden konnte, für je eine Lampe. Aber einmal arbeiten solche Maschinen nicht ökonomisch, und dann wurde die Anlage dadurch sehr vertheuert, dass man für jede Lampe eine besondere, vollständige Leitung anlegen musste.

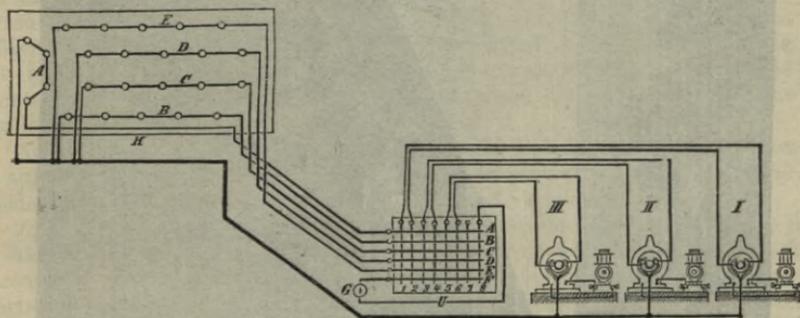
Besser gelang die Lösung des Problems der Theilung des elektrischen Stromes mittelst der Jablochhoff'schen Kerze. Denn da der Widerstand der Kohlen sich nicht ändert, so bleibt die Stromstärke im ganzen Kreise stets dieselbe, falls nur die Schwankungen in der Tourenzahl der Maschine nicht zu bedeutend sind, und man kann hinter-

einander eine Reihe von Kerzen in den Stromkreis einschalten, so dass der Strom von der ersten zur zweiten, von dieser zur dritten u. s. w. geht. Auch die anderen oben erwähnten Kerzen, insbesondere die von Jamin, gestatteten eine derartige Lichttheilung und fanden vielfache Anwendung in der Praxis.

Im Jahre 1878 endlich verfiel man darauf, die Regulirungsvorrichtung, wie wir es an einzelnen Lampen oben gesehen haben, aus dem Hauptstromkreis in Nebenschlüsse zu verlegen, und erreichte dadurch auch die grössere Unabhängigkeit der einzelnen Lampe des Stromkreises von der Regulirungsthätigkeit der anderen Lampen und von äusserlichen Stromschwankungen, ohne aber den Einfluss derselben ganz beseitigen zu können. Erst durch Einführung der Differentiallampen, wie z. B. der oben beschriebenen von Hefner-Alteneck, wurde eine vollkommene Unabhängigkeit vieler Lampen in einem und demselben Stromkreise factisch erzielt, doch ist bei diesem der Mechanismus wieder ein ausserordentlich feiner und delicateser.

Eine der bekanntesten Beleuchtungsanlagen mit Differentiallampen ist die in Fig. 127 schematisch dargestellte des Anhalter Bahnhofes in Berlin. Im Zugangsperron A und der dahinterliegenden grossen Halle sind 24 Differentiallampen von je 350 Kerzenstärken vertheilt; dieselben werden durch die drei grossen Wechselstrom-Maschinen I, II und III betrieben, und diese ihrerseits wieder durch zwei liegende Hochdruck-Dampfmaschinen von je 15 Pferdekräften. Von jeder Wechselstrom-

Fig. 127.



Maschine gehen zwei getrennte Stromkreise aus, in deren jedem fünf Differentiallampen eingeschaltet sind, so dass im Ganzen 30 Lampen benutzt werden könnten. Damit man nun beliebig jede Reihe von fünf Lampen mit jeder Maschine in Verbindung setzen kann, sind alle Lampenleitungen und alle Maschinenleitungen zu einem Generalumschalter genannten Apparate U geführt, der aus zwei von einander isolirten Reihen von Metallschienen besteht, sechs horizontal gezeichneten A-F und acht vertical gezeichneten 1-8. Diese Schienen sind von einander getrennt und isolirt; in jede Kreuzungsstelle kann aber ein Stöpsel eingeschaltet werden, so dass der Strom dadurch geschlossen ist. Schaltet man z. B. einen Stöpsel an der Kreuzungsstelle E und 4 ein, so geht der Strom von dem links gezeichneten Zweig der Maschine II durch die fünf Lampen E hindurch zu diesem Zweig zurück: die Rückleitung geschieht durch die für alle Lampen gemeinschaftliche unterirdische Leitung.

Von den vielen in neuerer Zeit aufgetauchten Stromtheilungsmethoden für Bogenlicht wollen wir nur noch die für den Betrieb einer oben erwähnten Lampe angegebene erwähnen, weil sie von ganz anderen Principien ausgeht. Die Lampen werden nämlich nicht hintereinander, sondern nebeneinander geschaltet und besorgen ihre Regulirung untereinander. Es erfordert dies allerdings viel mehr Leitungsmaterial, weil die Lampen zwischen zwei besonderen Parallel-Leitungen liegen, aber das System hat vorerst mancherlei Vorzüge, die es für kleinere Anlagen, in denen dieser Materialverbrauch nicht so sehr in's Gewicht fällt, besonders geeignet machen.

Hat man nun auch in den vorbeschriebenen Systemen ein Mittel gefunden,

mehrere schwächere statt eines grossen Bogenlichtes in demselben Stromkreise zu betreiben, so hat doch diese Art der Lichttheilung ihre ziemlich engen Grenzen. Einmal erfordert das gleiche Quantum Licht eine umso höhere Spannung, auf je mehr

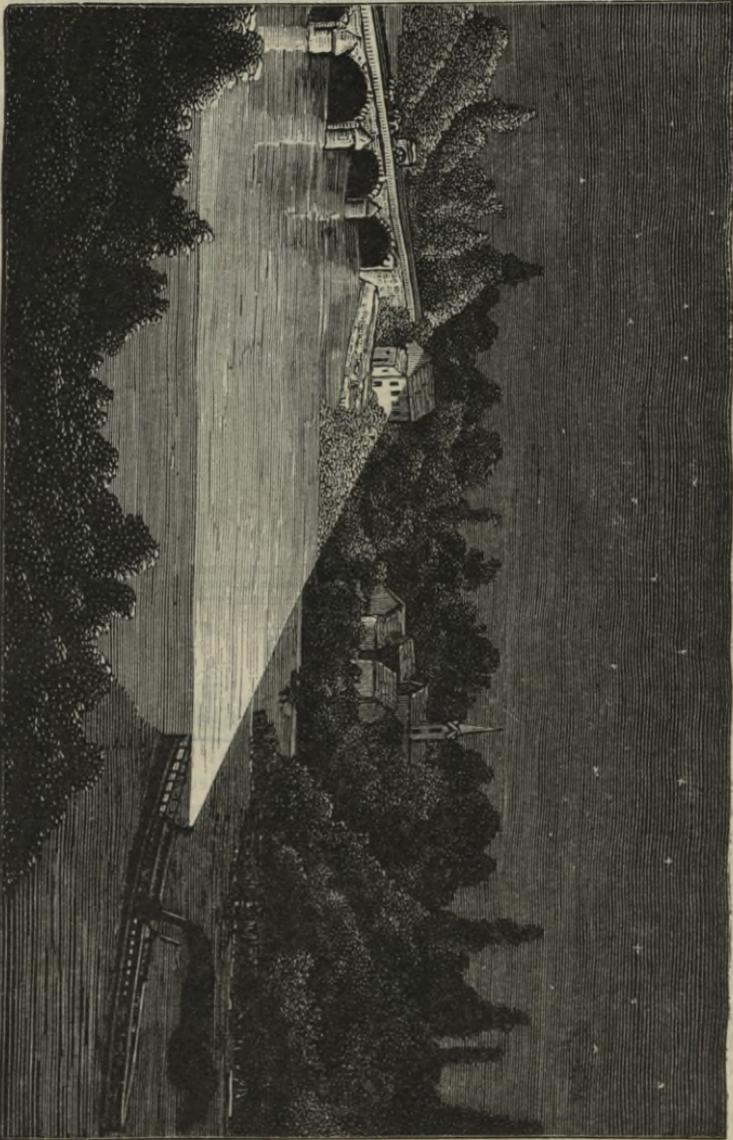


Fig. 139.

Lampen es vertheilt werden soll. Leitungen für sehr starke Spannungen sind aber schwer hinreichend zu isoliren und bergen deshalb einerseits grosse Gefahren für die Bedienung, andererseits eine Quelle grosser Verluste an Energie und functioniren umsoweniger öconomisch, je grösser die Stromstärke wird. Wollte man ferner die Lichtstärke der Bogenlampen so gering nehmen, dass sie an Stelle der Gas- und

Petroleumbeleuchtung in Häusern und Zimmern benutzt werden könnten, so müssten der Lichtbogen und die ganzen Verhältnisse der Lampen so klein gewählt werden dass eine sichere Regulirung nicht mehr ausführbar sein würde. — Es dürfte dies Gebiet daher wohl stets dem Glühlichte vorbehalten sein.

Was nun die bisher schon wirklich ausgeführten Verwendungen des elektrischen Bogenlichtes betrifft, so haben wir eine derselben, die Beleuchtung von Bahnhofshallen schon weiter oben beschrieben; aber auch zur Beleuchtung des Bahnkörpers durch eine an der Locomotive angebrachte Lampe hat man dieselbe benutzt. Vorzugsweise in Oesterreich sind diesfallsige Versuche gemacht mit einer Lampenconstruction von Sedlacek & Wikulill, welche mit einem Reflector versehen, so am Schornstein der Locomotive befestigt wird, dass sie vom Standplatze des Locomotivführers aus seitlich gedreht werden kann, um auch Curven beim Befahren derselben erhellen zu können. Bei einer Lichtstärke von 4000 Kerzen wird die vorliegende Bahnstrecke auf 1—2 Kilometer hinreichend erleuchtet, dass man die Signale, deren Farben nicht beeinflusst werden, auf bedeutende Entfernung vollkommen scharf und deutlich erkennen kann. Die Lampe wird dabei durch eine besondere Dampfmaschine, welche ihren Dampf vom Locomotivkessel bezieht, mit Hilfe einer Dynamomaschine gespeist und brannte trotz der heftigen Stösse, denen eine Locomotive stets ausgesetzt ist, vollkommen ruhig.

Bei der Schifffahrt dient das Bogenlicht ebenfalls zur Beleuchtung des Fahrweges und zwar entweder vom Verdeck des Schiffes aus oder vom Ufer resp. verankerten schwimmenden Bojen aus. Fig. 128 zeigt eine Yacht von Meniers, welche bei ihren Fahrten auf der Marne und Seine zwischen Paris und der grossen Chocolerie in Noissel die Ufer durch eine mit Projector ausgerüstete Bogenlampe so hell erleuchtet, dass man die vielen scharfen Krümmungen der beiden Flüsse ohne Gefahr mit voller Fahrgeschwindigkeit passiren kann.

Auch würde bei Seeschiffen durch elektrische Beleuchtung des Fahrwassers von Bord aus die Gefahr eines Zusammenstosses zweier Schiffe, dessen schreckliche Folgen wir leider gar nicht selten erleben, ganz bedeutend vermindert werden.

Zur Beleuchtung der Küsten dienen in erster Linie die Leuchttürme und auf diese hat auch das elektrische Bogenlicht seiner grossen Intensität wegen schon seit längeren Jahren recht erfolgreiche Anwendung gefunden. Aber auch schwierige Hafeneinfahrten werden neuerdings vielfach elektrisch beleuchtet. In dem Hafen von Havre z. B., den wir in Fig. 129 abgebildet haben, können die Schiffe nur zur Zeit der Flut einlaufen und fällt von den zweimaligen Fluten eine in die Nacht, so kann es geschehen, dass ein Schiff, welches eben nach der Tagesflut ankommt, nahezu achtzehn Stunden bis zum Eintreten der nächsten Tagesflut mit dem Einlaufen in den Hafen warten muss, da die Dunkelheit während der Nacht dasselbe nicht gestattet. Die Rhede von Havre ist bei gutem Wetter zum Ankerwerfen vorzüglich geeignet, sobald aber der Wind eintritt, müssen die Schiffe sofort den Anker lichten. Aus diesem Grunde suchten die Schiffe häufig lieber den Hafen von Cherbourg auf. Um dies zu vermeiden, entschloss man sich den Hafen in seinen wichtigsten Theilen bei jedem nächtlichen Eintritte der Flut elektrisch zu heuchten, und seit 1881 geschieht dies auch immer von einer Stunde vor bis eine nach Eintritt der Flut. Es sind im Ganzen dann vierundzwanzig Lampen auf sechs Stromkreise vertheilt und jede Lampe enthält vier Jablockkoffkerzen.

Auf dem Lande findet das Bogenlicht auch zur Beleuchtung von Werkstätten und Fabriken aller Art, ja von Bergwerken und unterirdischen Höhlen Anwendung, zur Beleuchtung von Theatern und Concertsälen, von Strassen und Plätzen, bei friedlichen Bau- und Feldarbeiten und zur Beleuchtung des Vorterrains im Kriege etc. etc.

Eine der lehrreichsten Installationen für die verschiedenen Systeme der elektrischen Strassenbeleuchtung bestand in einigen Strassen der Stadt Berlin. Es wurde nämlich schon seit längerer Zeit der Potsdamer Platz und ein Theil der Leipziger Strasse mit elektrischen Bogenlampen der Firma Siemens & Halske erhellt, und nun hatte man, um einen Vergleich zu gewinnen, einen Theil der Kochstrasse durch

Glühlampen derselben Firma und einen Theil der Wilhelmsstrasse mit Edison-Glühlampen ausgestattet; ein weiterer Theil der Leipziger Strasse ist mit Siemens'schen

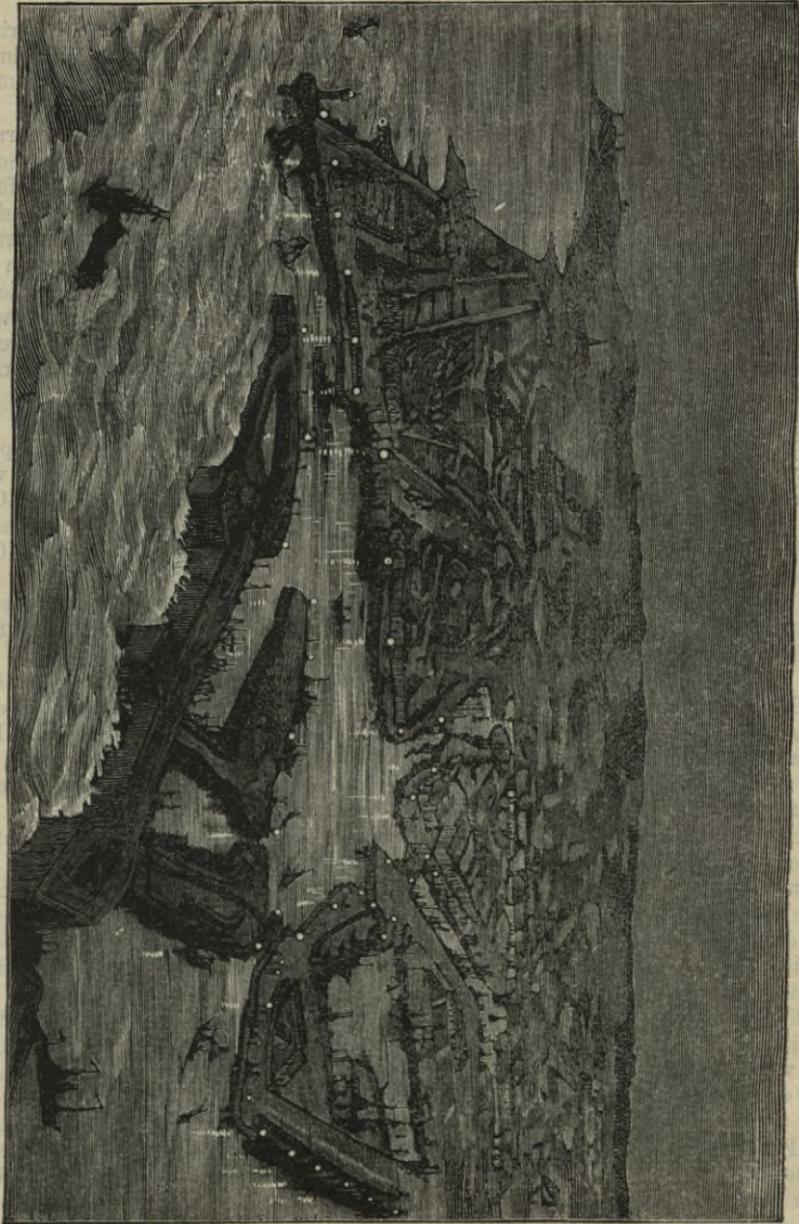


Fig. 130.

Gas-Regenerativbrennern, und benachbarte Strassenzüge mit den Lacarrière'schen Ringbrennern und Bray'schen Dreiflammenbrennern, beide für Leuchtgas versehen worden. Ueber den Betrieb der beiden Glühlichtsysteme liegen keine speciellen Kosten-

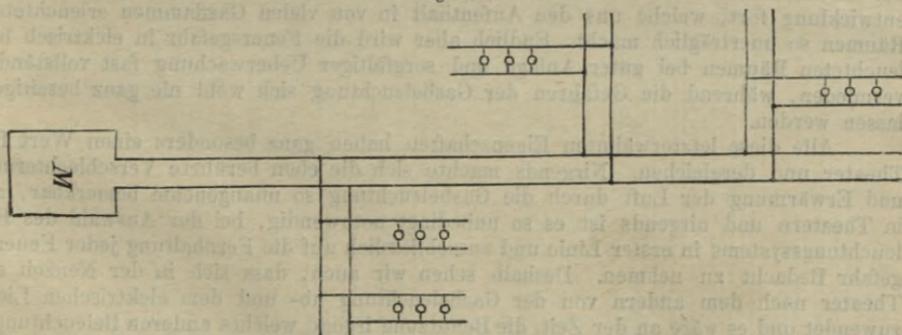
berechnungen vor und gewährten dieselben überhaupt den neueren Gasbrennern gegenüber keine wesentlichen Vorzüge. Vergleicht man aber die Kosten pro Einheit der beleuchteten Flächen von Bogenlicht und Gaslampen, so findet sich, dass nur die Siemens'schen Regenerativbrenner sich etwas billiger stellten als das elektrische Licht. Es kostete nämlich die Beleuchtung der Flächeneinheit mit Siemens-Brennern 32, mit Bogenlicht 38 und mit Bray'schen und Lacarrière-Brennern 48 Pfennige pro Stunde.

Begreiflicher Weise spielt das Bogenlicht seiner blendenden Effecte halber bei öffentlichen Beleuchtungen und Festlichkeiten in neuerer Zeit eine grosse Rolle und besonders die elektrischen Ausstellungen in Paris, London, München haben mit der Beleuchtung der Ausstellungsgebäude und Plätze viel geleistet. Alles in dieser Beziehung bisher Dagewesene hat aber die internationale elektrische Ausstellung in Wien übertroffen und insbesondere durch die Beleuchtung der grossen Rotunde, dem grandiosen Denkmal der 1873er Weltausstellung.

Aus der Höhe der Laternengalerie sandte eine Bogenlichtlampe von 20000 Normal-Kerzenstärke ihre Lichtkegel nach abwärts, an der oberen kleinen Galerie war ein Lichtkranz von 28 Bogenlichtlampen, jede zu 2000—3000 Kerzen, an der unteren grösseren Galerie ein solcher von 112 Bogenlichtlampen jede zu etwa 1000 Kerzen angebracht und ausserdem waren noch 36 Bogenlichter zu 500 Kerzen auf dem Parterre der Rotunde vertheilt. In jedem der 28 Bogen der Halbgalerie, welche die Rotunde umschliesst, wie auch in der Halbgalerie selbst, hingen Bogenlichtlampen von 800 Kerzen, im Ganzen also 56 solcher Lichter, so dass man das Lichtmeer, welches an jedem Abend die weiten Räume der Rotunde allein durchflutete, auf rund 265000 Kerzen berechnen konnte. In den Transepten, Galerien und Höfen spielte neben dem Bogenlichte das Glühlicht zu vielen Tausenden seine nicht minder wichtige und glänzende Rolle. Fügen wir noch hinzu, dass für die Beleuchtung der Neben- und Aussenräume, der Zufahrten, Alleen u. s. w. noch 247 Bogenlampen, jede von etwa 1000 Kerzen zu Gebote standen, und dass von der Höhe der Laterne und des Hauptportales allabendlich mehrere amerikanische Reflectoren, jeder von 10000 Kerzenstärke, entfernte Objecte, z. B. den Stephansdom, die Carlskirche etc., beleuchtet wurden, so kann man die Summe des in der elektrischen Ausstellung an jedem Abend erzeugten und verwendeten Lichtes auf rund 6000000 Kerzen veranschlagen — eine Summe, welche die laut amtlichem Ausweise auf allen Strassen und Plätzen Wiens und seiner zehn Bezirke durch die Gasbeleuchtung erzielte Lichtentfaltung von 1200000 Kerzen um das Fünffache übertrifft.

Wenden wir uns nun wieder dem elektrischen Glühlicht zu, so erübrigt uns zunächst einige Worte über das von Edison bei seinen, schon wiederholt erwähnten Installationen angewendete Stromleitungsverfahren zu sagen. Dasselbe beruht im Wesentlichen auf der von Deprez angegebenen und in dem Capitel über Kraftüber-

Fig. 130.



tragung näher beschriebenen Stromregulirung. Er schaltet die Lampen der einzelnen Zweigleitungen, wie es Fig. 130 angibt, alle nebeneinander und für jede neueinge-

schaltete Lampe wird die Stromstärke des Elektromotors  $M$  vergrössert, für jede ausgeschaltete aber vermindert. Auf der Centralstation ist ein Beamter fortwährend mit der Beobachtung der Stromstärke an einem Galvanometer beschäftigt und schaltet derselbe immer so lange Widerstände von den Elektromagneten aus oder in sie ein, bis die Stromstärke wieder die richtige Grösse hat. Zugleich brennt auch in dem Regulirungsraum eine aus dem übrigen Stromkreise abgezweigte Normallampe, deren Lichtstärke durch photometrische Messungen bestimmt und stets auf gleicher Höhe erhalten wird. Schon nach kurzer Zeit gewinnt der Beamte solche Geschicklichkeit in der Beurtheilung des Lichts, dass er die Ströme lediglich nach der Leuchtstärke der Normallampe mit fast absoluter Genauigkeit reguliren kann.

Ueber die Einrichtung der Centralstellen, durch welche ganze Stadtviertel mit elektrischem Licht etc. versehen werden, haben wir schon im Capitel über Kraftübertragung das Nöthige mitgetheilt. In den Häusern werden die Ströme zunächst zu Messapparaten geleitet. Von diesen letzteren, auf deren Beschreibung wir hier nicht näher eingehen können, durchziehen Drähte, deren Durchmesser mit Verringerung der Lampenzahl abnimmt, das Haus nach allen Richtungen. Wie die in der Haustelegographie gebräuchlichen Leitungen, werden sie entweder in den Mauerputz eingelassen oder um Tapeten und Wände nicht zu beschädigen, auf diese verlegt; im letzteren Falle besonders ist jede Aenderung der Zimmerbeleuchtung bei anderartiger Placirung der Möbeln bequem und rasch ausführbar.

Von grösster Wichtigkeit für die Zukunft der Glühlicht-Beleuchtung ist natürlich der Kostenpreis im Vergleich zur Gasbeleuchtung, doch lässt sich darüber vorläufig noch nicht viel Bestimmtes sagen. Die Kosten nehmen selbstverständlich für das einzelne Licht mit der zunehmenden Grösse der ganzen Anlage bedeutend ab. Jedenfalls aber bietet das Glühlicht eine Reihe sonstiger Vorzüge, welche ihm auch bei gleichem oder etwas höherem Preise vielfach Eingang neben der Gasbeleuchtung verschafft haben.

Zunächst ist seine Bedienung, wenn nur die nöthige Anzahl Umschalter angebracht werden, eine ausserordentlich bequeme; man kann Räume erleuchten, ohne sie auch nur betreten zu brauchen, z. B. den Keller von der Küche aus; um Licht im Schlafzimmer anzuzünden, bedarf es nur der Drehung eines Knopfes, den man mit der Hand vom Bette erreichen kann. Mittelst des auf Seite 90 beschriebenen Regulators kann man das Licht so schwach machen, wie man nur will. Reparaturen sind bei der Einfachheit der ganzen Einrichtung fast ganz ausgeschlossen.

In hygienischer Beziehung fällt die starke Verunreinigung der Luft mit Kohlensäure und anderen schädlichen Gasen, welche im Gefolge der Gasbeleuchtung immer vorhanden sind, fort. Die Wärme, welche die Erzeugung des elektrischen Lichtes begleitet, ist zwar intensiv, aber so ausserordentlich gering an Quantität, dass sie sich nur in allernächster Nähe fühlbar macht. Es fällt deshalb die gewaltige Wärmeentwicklung fort, welche uns den Aufenthalt in von vielen Gasflammen erleuchteten Räumen so unerträglich macht. Endlich aber wird die Feuersgefahr in elektrisch beleuchteten Räumen bei guter Anlage und sorgfältiger Ueberwachung fast vollständig vermieden, während die Gefahren der Gasbeleuchtung sich wohl nie ganz beseitigen lassen werden.

Alle diese letzterwähnten Eigenschaften haben ganz besonders einen Wert für Theater und dergleichen. Nirgends machte sich die eben berührte Verschlechterung und Erwärmung der Luft durch die Gasbeleuchtung so unangenehm bemerkbar, als in Theatern und nirgends ist es so unbedingt nothwendig, bei der Auswahl des Beleuchtungssystems in erster Linie und ausschliesslich auf die Fernhaltung jeder Feuersgefahr Bedacht zu nehmen. Deshalb sehen wir auch, dass sich in der Neuzeit ein Theater nach dem andern von der Gasbeleuchtung ab- und dem elektrischen Licht zuwendet und es wäre an der Zeit, die Benutzung irgend welches anderen Beleuchtungssystems gesetzlich zu untersagen.

Uebrigens ermöglicht auch das elektrische Licht die Erzielung vieler eigentlicher und wirkungsvoller Beleuchtungseffekte, dass es deshalb schon auf einer wohl-

engerichteten Bühne nicht fehlen darf. So erscheinen in den Theatern die Feen mit einer kleinen Glühlampe in ihrer Coiffüre und legitimiren sich dadurch einfach und überzeugend als Repräsentantinnen der Geisterwelt. Auf dem Rücken, durch die Flügel verdeckt, trägt jede Fee einen kleinen Kasten mit zwei Planté-Accumulatoren, die eine Glühlampe von zwei Kerzenstärken eine Stunde lang brennend erhalten können. Die Leitungsdrähte zur Lampe sind biegsam und hindern nicht die Bewegung der Trägerin; leider aber belastet der Apparat die ätherischen Wesen mit einem Gewicht von zwei Kilogramm.

## Die chemischen Wirkungen der Elektrizität.

Von E. Jägle.

Die Chemie versteht sich die Wissenschaft von den Eigenschaften der Körper, welche durch ihre Zusammensetzung bedingt sind, und von den Gesetzen, nach welchen diese Eigenschaften durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können.

Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können. Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können.

Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können. Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können.

Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können. Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können.

Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können. Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können.

Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können. Die Elektrizität bewirkt chemische Veränderungen, welche durch die Wirkung der Elektrizität, sowie der anderen Kräfte, zu ändern vermögen. Die Elektrizität ist eine der Kräfte, welche die chemischen Veränderungen bewirken können.

## V.

# Die chemischen Wirkungen der Elektrizität.

Von E. Japing.

Die Chemie umfasst alle die Erscheinungen und Veränderungen an den durch unsere Sinne wahrnehmbaren Gegenständen, welche deren stoffliche Beschaffenheit wesentlich und dauernd abändern und wir haben es daher hier auch mit solchen Wirkungen der Elektrizität, resp. des elektrischen Stromes zu thun, welche die Natur des beeinflussten Gegenstandes vollkommen abändern.\*)

Selbstredend können chemische Wirkungen der Elektrizität nur an solchen Körpern eintreten, welche den elektrischen Strom durch sich hindurch gehen lassen, welche ihn leiten. Aber auch die eigentlichen Leiter, deren Eigenschaften wir in einem früheren Abschnitte dieses Buches kennen lernten, die Metalle, ihre Legirungen und manche ihrer Verbindungen mit Schwefel und Sauerstoff, dann Retortenkohle, krystallinisches Selen etc. werden durch den elektrischen Strom nicht wesentlich und dauernd verändert, namentlich dann nicht, wenn sie einfache Körper, d. h. chemische Elemente, darstellen.

Dagegen beobachten wir an einer grossen Zahl zusammengesetzter Flüssigkeiten, sobald der hindurchgehende elektrische Strom eine gewisse Stärke erlangt, sehr bemerkenswerthe Veränderungen. Tauchen wir z. B. in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure eine Kupfer- (oder Platin-) und eine Zinkplatte und bringen wir beide Platten in directe Berührung oder auch nur durch einen Draht in leitende Verbindung, so entsteht ein elektrischer Strom zwischen den beiden Platten, der in der einen Richtung durch die Berührungsstelle oder die Drahtverbindung, in der anderen durch die Flüssigkeit geht. Unter der Einwirkung dieses Stromes bilden sich an der Oberfläche der Platinplatte zahlreiche Gasbläschen, während die Zinkplatte sich nach und nach auflöst. Das entwickelte Gas weist sich bei näherer Untersuchung als Wasserstoff aus und an Stelle der verdünnten Schwefelsäure erhalten wir, wenn der Versuch lange genug fortgesetzt wird, eine Lösung von Zinkvitriol in Wasser. Die Schwefelsäure, eine Verbindung von Schwefel, Sauerstoff und Wasserstoff gibt unter dem Einfluss des elektrischen Stromes ihren Wasserstoff ab und verbindet sich mit dem Zink zu Zinkvitriol, einem Salz, welches im Wasser gelöst bleibt.

Diesen Vorgang der Zersetzung einer Flüssigkeit durch den elektrischen Strom nennt man Elektrolyse und alle Flüssigkeiten, welche durch den hindurchgehenden Strom zersetzt werden, bezeichnet man als Elektrolyte.

Wie wir schon oben gesehen haben, finden ähnliche Zersetzungen in jedem Element galvanischer Batterien statt. Sobald z. B. in einer Daniell'schen Batterie der Strom geschlossen wird, beginnt der Zinkpol sich aufzulösen, während am Kupferpol Kupfer niedergeschlagen wird und in der Flüssigkeit nimmt das Zinkvitriol zu, während das Kupfervitriol sich vermindert. Hierbei wird also an Stelle des Wasserstoffes metallisches Kupfer ausgeschieden. Verbindet man mehrere Elemente zu einer galvanischen Batterie, so zeigt die Flüssigkeit jedes Elements das gleiche Verhalten und schaltet

\*) Vergl. auch das auf S. 21 und ff. Gesagte.

man in den Stromkreis derselben ein beliebiges anderes Gefäss mit einer zusammengesetzten Flüssigkeit und zwei als Pole dienenden Metallplatten, so findet auch hier eine elektrolytische Zersetzung statt. Für die Anwendung in der Praxis bedient man sich häufig einer solchen besonderen Zersetzungszone, welche meist kurzweg das Bad genannt wird. Die beiden als Pole dienenden Platten, durch welche der Strom in das Bad tritt, nennt man Elektroden und bezeichnet als Anode oder elektropositiven Pol die Platte, durch welche der Strom in das Bad tritt, als Kathode oder negativen Pol die Platte, durch welche der Strom das Bad verlässt. An Stelle der galvanischen Batterie kann man natürlich auch jede andere der oben beschriebenen Stromquellen, insbesondere Thermosäulen und magnet- und dynamo-elektrische Maschinen zur Hervorbringung elektrolytischer Wirkungen in einem Bade benützen.

Um zu einer plausiblen Theorie der elektrolytischen Erscheinungen zu gelangen, müssen wir von der Molekular-Theorie ausgehen, nach welcher alle durch unsere Sinne wahrnehmbaren Körper aus kleinsten, durch leere Zwischenräume getrennten Theilchen bestehen und nehmen an, dass diese letzteren in ununterbrochen fortdauernder Bewegung begriffen sind. In den festen Körpern finden diese Bewegungen um bestimmte Gleichgewichtslagen herum statt, sind also sowohl bezüglich ihrer Richtung als auch ihrer Grösse beschränkt. In Flüssigkeiten dagegen können die kleinsten Theilchen sich sowohl in frühere Lagen zurückbegeben, als auch weiter von denselben nach allen Richtungen entfernen. Wenn also auch eine Flüssigkeit in vollkommener Ruhe zu verharren scheint, so können doch ihre kleinsten Theilchen, sich fortwährend drehend, wälzend und einander stossend von Ort zu Ort begeben und ihre Lage innerhalb der Flüssigkeit ohne jede Einschränkung ändern.

Zusammengesetzte Flüssigkeiten bestehen aus Aggregaten der kleinsten Theilchen der Einzelemente, aus Molekülen, deren Bestandtheile beim Aufeinanderstossen der Moleküle sich von einander trennen, und mit anderen, ebenso frei gewordenen Stofftheilchen wieder zu Molekülen gleicher Art vereinigen können. Demzufolge würde sich die ruhende Flüssigkeit, so lange sie nicht anderweit beeinflusst, fortwährend in ihre Bestandtheile zerlegen und wieder zusammensetzen.

Wie wir schon an anderer Stelle dieses Buches gesehen haben, lassen sich sämtliche Elemente, gemäss ihrer natürlichen elektrischen Beziehungen zu einander, in eine Reihe (elektrische Spannungsreihe) anordnen, mit dem Sauerstoff einer- und dem Kalium andererseits, als Endgliedern, dass sich jedes dem Sauerstoff näher stehende Glied elektronegativer zu jedem der folgenden, dem Kalium näher stehenden Elemente verhält und umgekehrt.

Wird nun eine zusammengesetzte Flüssigkeit der Einwirkung eines elektrischen Stromes ausgesetzt, so werden die früher vollkommen beliebigen und sich daher nach allen Seiten ausgleichenden Bewegungsrichtungen der Molekülbestandtheile, durch die gegenseitige Stellung der letzteren, in der elektrischen Spannungsreihe beeinflusst. Die mehr positiv elektrischen Stofftheilchen zeigen mehr Neigung, sich nach dem negativen Pol nach der Kathode zu begeben, und werden demzufolge Kationtheilchen genannt. Entgegengesetzt richten die elektronegativen Theilchen ihren Weg nach dem positiven Pol, der Anode; man bezeichnet sie entsprechend als Aniontheilchen.

Ehe nun aber die Stofftheilchen ihre respectiven Wege zur Kathode, beziehungsweise Anode zurückgelegt haben, werden sie, je nach der Entfernung, noch mehr oder weniger häufig in der entgegengesetzten Richtung wandernden Anion- respective Kationtheilchen begegnen und sich mit denselben wieder zu einem Molekül der zusammengesetzten Flüssigkeit vereinigen, auf so lange, bis sie durch einen neuen Zusammenstoss ihres Moleküls mit anderen Molekülen wieder frei geworden, ihren Weg fortsetzen können.

Schliesslich an der Kathode angelangt, findet das Kationtheilchen kein Aniontheilchen, mit dem es sich neuerdings zu einem Molekül der Flüssigkeit vereinigen kann, und ebenso fehlt dem Anion an der Anode zur Verbindung ein Kation. Beide bleiben deshalb an ihren respectiven Elektroden frei, während die Flüssigkeit in der Mitte gar keine wahrnehmbaren Veränderungen erleidet.

Die vorstehend entwickelte zuerst von Clausius aufgestellte Theorie genügt vollkommen, um sich eine Vorstellung von dem Wesen der Elektrolyse zu machen, erklärt auch, weshalb ein und derselbe Körper die Elektricität leitet und wieder nicht leitet, je nachdem er sich in festem oder flüssigem Zustande befindet. Denn die Leitungsfähigkeit eines Elektrolyts ist dadurch bedingt, dass seine Bestandtheile Ortsveränderungen vornehmen können, und diese Möglichkeit ist, wie wir oben gesehen haben, daran gebunden, dass der Körper sich in flüssigem, gelöstem oder geschmolzenem Zustande befindet. Will man aber an der Hand unserer Theorie tiefer in das Wesen der Elektrolyse und der elektrischen Ströme eindringen, so ergeben sich alsbald grosse Schwierigkeiten, deren Behebung von den Widersachern der Clausius'schen Theorie für unmöglich erklärt, von ihren Anhängern aber bisher noch nicht erreicht worden ist. Einstweilen und in Ermangelung eines Besseren ist dieselbe für unsere Zwecke vollkommen hinreichend.

Zur vollständigen und bleibenden Zersetzung einer zusammengesetzten Flüssigkeit ist ein Strom von bestimmter Stärke nothwendig. Ein schwächerer Strom wird wohl auch durch den Elektrolyt seiner Stärke entsprechend fortgeleitet, und es wird dabei auch der oben geschilderten fortwährenden Umbildung der Moleküle des Elektrolyts ein gewisser Grad von Richtung ertheilt. Doch werden die ausgeschiedenen Kation- und Aniontheilchen an den Elektroden nicht stark genug angezogen, um einer Verbindung mit dem nächstgelegenen Stofftheilchen entgegengesetzter Polarität Widerstand leisten zu können. Die Anziehungskraft der Stofftheilchen untereinander bildet den Widerstand des Elektrolyts gegen den Durchgang des elektrischen Stromes.

Die zur Zersetzung verschiedener zusammengesetzter Flüssigkeiten erforderliche Stromstärke, weicht ganz ausserordentlich von einander ab. Während z. B. eine Jodkaliumlösung schon durch die Kraft jedes einzelnen elektrischen Paares zersetzt wird, ist zur Zerlegung verdünnter Schwefelsäure schon eine kräftige Stromquelle erforderlich. Noch weit schwieriger lässt sich reines Wasser zersetzen, selbst wenn es der Einwirkung starker Ströme ausgesetzt wird. Es wird sogar vielfach angezweifelt, ob man chemisch reines Wasser überhaupt zu den Elektrolyten rechnen kann. Seine Leitungsfähigkeit wird durch die geringsten Spuren einer fremden Beimischung bedeutend erhöht und deshalb weichen auch die von verschiedenen Beobachtern gefundenen Resultate so sehr von einander ab, dass man keine derselben als zuverlässig ansehen kann. Gegen die bisherige Annahme, dass Wasser ein Elektrolyt sei (in den meisten Lehrbüchern wird es sogar als typisches Beispiel für die Elektrolyse benutzt), spricht jedenfalls der Umstand, dass mit seiner Reinheit der Widerstand der elektrolytischen Leitung in hohem Maasse zunimmt.

Wenn zwischen den, durch die Elektrolyse abgeschiedenen Elementen und dem Metall der Elektrode Neigung zum Bilden einer chemischen Verbindung besteht, so kommt dieselbe in der Regel auch zu Stande. So z. B. bildet sich, wie wir schon oben gesehen haben, in einem Bade von verdünnter Schwefelsäure am Zinkpol Zinkvitriol, während am negativen Pol Wasserstoff frei wird. Wird aber der negative Pol durch ein Schwefelmetall gebildet, welches die Elektricität leitet, wie dies manche häufig vorkommende Mineralien thun, so werden dieselben durch den freigewordenen Wasserstoff zerlegt, indem derselbe sich mit dem Schwefel zu Schwefelwasserstoff, einem bekannten übelriechenden Gase verbindet. Die Metalle fallen dabei entweder in regulinischer Form aus, wie Blei und Kupfer aus Bleiglanz und Kupferkies, oder sie lösen sich in der Säure auf, wie z. B. die Schwefeleisenverbindungen des Schwefel-, Magnet- oder Wasserkieses. Bestehen aber beide Elektroden aus Platinplatten, so geht auch an beiden eine Gasentwicklung vor sich, weil die am positiven Pol abgeschiedene Verbindung von 1 Theil Schwefel und 4 Theilen Sauerstoff für sich allein nicht bestehen kann, sondern einen Theil Sauerstoff abgeben muss. Man kann beide Gase auffangen und ihr Gemisch, das Knallgas in bekannter Weise durch einen elektrischen Funken entzünden und wieder zu Wasserdampf vereinigen.

Es erhellt hieraus, dass bei elektrolytischen Vorgängen nicht nothwendiger-

weise auch die beiden ursprünglich als Kation- und Aniontheilchen an den Elektroden ausgeschiedenen, sondern beliebige andere durch secundäre Verbindungen und Zerlegungen entstandene Körper auftreten können.

Von allen elektrolytischen Processen haben jene am meisten Anwendung gefunden in der Praxis, welche auf der Zersetzung von wässrigen Metallsalzlösungen beruhen. Es scheidet bei demselben am negativen Pol das Metall aus, während sich am positiven Pol das mit dem Metall verbundene Säureradical ausscheidet, welches einfacher oder zusammengesetzter Natur sein kann. Bei der Elektrolyse z. B. einer Auflösung von Kupferchlorid, welches aus Kupfer und Chlor besteht, wird letzteres Element am positiven Pol abgeschieden, aus einer Lösung von Kupfervitriol dagegen eine Verbindung des Schwefelsäureradicals mit Wasser hergestellt.

Seiner eigentlichen Natur nach, ist das elektrolytisch ausgefällte Metall immer krystallinisch, d. h. es scheiden sich unangesehzt äusserst kleine Metalltheilchen in regelmässig geformter Gestalt aus; dieselben legen sich aber dicht ineinander, wirren sich durcheinander und bilden auf diese Weise, wie der Filz eine stark zusammenhängende Masse von grosser Festigkeit und Widerstandsfähigkeit. Oft schon mit blossen Auge, gewöhnlich mit der Lupe, zuweilen erst mit der stärksten Vergrösserung durch das Mikroskop lässt sich die krystallinische Beschaffenheit des Niederschlags deutlich erkennen, und im letzteren Falle lassen sich stets die einzelnen Kryställchen als durch Zwischenräume von einander getrennte, wirt durch einander liegende Körperchen unterscheiden. Der Niederschlag stellt darnach eigentlich nicht eine ganz homogene dichte Masse dar, wie das geschlossene Metall, und besitzt auch nicht ganz die Festigkeit des letzteren, und insbesondere beim Drucken mit galvanisch dargestellten Kupferplatten wird dies sehr fühlbar, indem sich nur eine weit kleinere Anzahl von Abdrücken davon machen lässt. Ist man jedoch im Stande, den zumeist harten Niederschlag auszuglühen, zu hämmern oder zu pressen und zu poliren, so wird er ebenso dicht wie das geschmolzene und hinterher gehämmerte oder gewalzte Metall und steht demselben überhaupt in allen Beziehungen gleich.

Es eignen sich zur Ausscheidung von Metallen nur die sogenannten binären Metallsalzverbindungen, d. h. solche, in denen man sich ein negatives Radical (Säurebildner) mit einem positiven Radical (Metall) vereinigt denken kann, und auch diese nicht alle gleich gut. Es ist dabei gleichgiltig, ob sich das eine Radical mit einem oder mehreren Aequivalenten des anderen Radicals verbindet; alle auf andere Weise zusammengesetzten Metallsalze aber erleiden durch den elektrischen Strom keine Metallausscheidung. Die Salze der sogenannten Sesquioxyde z. B., bei denen 2 Metall auf 3 Säurebildner kommen, z. B. das Eisenchlorid, oder das entsprechende schwefelsaure Eisenoxysalz, ebenso die Manganoxysalze, die Thonerdesalze (sowohl der Alaun als auch das Chloraluminium) werden in der Weise zersetzt, als befände sich blos die Säure in Auflösung, das Metalloxyd ist daher ganz unnöthig, es entwickelt sich Wasserstoff am negativen Pol, während der Säurebildner am positiven Pol frei wird. Besitzt gar das aufgelöste Metall den Charakter einer Säure, so wird es nicht am negativen, sondern am positiven Pol als Säurebildner ausgeschieden und kann dort ein anderes als Pol dienendes Metall auflösen.

Eine der wichtigsten Anwendungen findet die Elektrolyse in den Laboratorien unserer Schulen und Institute, der Berg- und Hüttenwerke und zahlreicher chemischer Industrien bei der chemischen Analyse. Die letztere bezweckt bekanntlich die Erkennung und Nachweisung der in den verschiedensten Stoffen enthaltenen Bestandtheile, sowie der Gewichtsverhältnisse, in denen die letzteren vorhanden sind.

Die erste Anwendung des elektrischen Stromes für analytische Zwecke ist verhältnissmässig neueren Datums und dürfte wohl dem Engländer Gibbs zu verdanken sein, welchem es gelang, das Kupfer aus seinen Lösungen, statt wie bisher üblich durch Zusatz von Zink, durch die elektrolytische Zersetzung in wägbarer Form zu gewinnen. Doch fand diese Methode damals keine besondere Beachtung, bis sie durch

\*) Vergl. S. 21.

Luckow bedeutend vervollkommenet und ausgebildet wurde. Das jetzt äusserst elegante und präzise Verfahren fand bald die günstigste Aufnahme in allen Laboratorien, in denen regelmässige Bestimmungen von Kupfer in Hüttenproducten etc. ausgeführt werden. Zahlreiche der bedeutendsten Chemiker aller Länder nahmen die Idee mit grossem Eifer auf und dehnten sie nach und nach auf die Analyse wieder anderer Metalle aus, so dass Apparate für elektrolytische Operationen heute zu den unentbehrlichsten Erfordernissen eines wohl eingerichteten Laboratoriums gehören.

Einen weiteren Fortschritt von grosser Bedeutung machte die Anwendung der Elektrolyse auf chemisch-analytische Untersuchungen durch die Arbeiten des Aachener Professors Dr. Classen in Verbindung mit seinen Assistenten Reiss und Bauer. Die von den genannten Herren aufgefundenen Methoden gestatten nicht allein die Bestimmung, sondern auch die Trennung von Metallen etc. und eröffnen hiermit der elektrolytischen Analyse eine ganze Reihe neuer und wichtiger Anordnungen, durch welche die Untersuchung einer grossen Zahl von Stoffen vollkommen abgeändert und wesentlich vereinfacht wurde.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, an dieser Stelle specieller auf die zahlreichen erprobten und jetzt allgemein in Anwendung befindlichen elektrolytischen Bestimmungs- und Trennungsmethoden einzugehen. Um aber doch wenigstens ein hierhergehörendes Beispiel anzuführen, bemerken wir, dass die Trennung des Eisens von Mangan, welche selbst nach den besten der bisherigen Methoden, zu den schwierigsten und zeitraubendsten Arbeiten des Hütten-Chemikers gehörte, auf elektrolytischem Wege in wenigen Stunden sehr genau ausgeführt werden kann und dass fernerhin die Bestimmung von Eisen, Mangan, Phosphorsäure und Schwefelsäure nebeneinander rasch und leicht durchzuführen ist. Aus diesen Beispielen, deren Zahl wir natürlich ganz bedeutend vermehren könnten, erhellt schon zur Genüge die hohe Wichtigkeit der elektrolytischen Analyse nicht nur für den Chemiker von Beruf, sondern auch für die Berg- und Hüttentechnik und viele andere Industrien.

Eine dem allgemeinen Interesse näherliegende Anwendung der Elektrolyse ist die Galvanoplastik, welche sich ebenfalls damit beschäftigt aus Metallsalzlösungen durch die Einwirkung des elektrischen Stromes Metalle rein auszuscheiden. Während aber der Analytiker nur den Zweck verfolgt, das Vorhandensein des Metalls und das in einem bestimmtem Quantum der Lösung vorhandene Gewicht desselben zu constatiren, ist bei der Galvanoplastik die Gewinnung von Metallniederschlägen, welche bestimmten Anforderungen entsprechen, Gegenstand eines regelrechten gewerblichen Betriebes, welcher besonders in den letzten Jahren vielfach im grössten Maassstabe und mit bedeutenden Mitteln in's Leben gerufen und durchgeführt wird. Der Zweck dieser Metallniederschläge kann ein dreifacher sein. Entweder handelt es sich nur um eine oberflächliche Färbung und Verschönerung unter dem äusserst dünnen Niederschlag liegender anderer Metallgegenstände (Galvanochromie oder galvanische Metallfärbung) oder es sollen metallische oder nicht metallische Unterlagen durch dickere Schichten des ausgeschiedenen Metalls nicht nur schöner, sondern auch haltbarer und gegen äussere Einflüsse widerstandsfähiger gemacht werden, wie dies beim Vernickeln, Versilbern, Vergolden etc. der Fall ist. Endlich können auch die Niederschläge losgelöst von ihrer Unterlage, Form oder Matrice als negative Copien von wunderbarer Schärfe und Genauigkeit selbstständige massive Objecte der Ornamentik, Plastik etc. bilden. Letzteres Verfahren bezeichnet man wohl als eigentliche Galvanoplastik, Galvanplastik im engeren Sinne.

Während es nun für die Zwecke der chemischen Untersuchung nur auf die möglichst rasche und vollständige Gewinnung des Metalls ankommt, die äussere Form und Beschaffenheit desselben aber gleichgiltig ist, spielt die letztere in der Galvanoplastik die erste Rolle. Für alle drei vorerwähnten Zwecke müssen die Metallniederschläge durchaus gleichförmig, zusammenhängend und zähe sein, dürfen an keiner Stelle eine nicht beabsichtigte Lücke oder Unterbrechung haben und müssen einen wirkungsvollen und zweckentsprechenden Farbenton zeigen. Bei den beiden ersten Verwendungsweisen wird ausserdem ein festes Anhaften an der Unterlage, dem mit einer

Metallschicht zu überziehenden Gegenstände, verlangt, während bei der eigentlichen Galvanoplastik im Gegentheil der Niederschlag sich leicht und ohne Beschädigung von der Unterlage ablösen lassen muss.

Der Vorgang ist bei allen drei Operationen ähnlich. Die Unterlage, auf welcher der Niederschlag sich absetzen soll, bildet den negativen Pol und wird von dem durch den Strom ausgefüllten Metall ganz gleichmässig bedeckt, wie sie auch gestaltet sein mag, ob eben oder mit Vertiefungen und Erhabenheiten versehen. Dasselbe wächst während der Fortdauer des Stromes, wenn die beiden Elektroden überall möglichst gleich weit von einander abstehen, auf der ganzen Polfläche gleichmässig und zu jeder gewünschten Dicke an.

Die physikalischen Eigenschaften des niedergeschlagenen Metalls hängen in erster Linie von der richtigen Zusammensetzung des Bades der Metallsalzlösung ab, sodann aber auch von der Grösse der Unterlage, des Pols und endlich von der Stärke des elektrischen Stromes. Stehen diese drei Factoren im richtigen Verhältniss, so lässt sich ein Niederschlag erzeugen, der dem besten, auf anderem Wege gewonnenen Metall in nichts nachsteht. Besitzt die Unterlage eine absolut metallische rein Oberfläche, so haftet das niedergeschlagene Metall an derselben so fest, dass an eine Trennung der beiden nicht mehr zu denken ist. Es hat alsdann ein wahres Zusammenwachsen stattgefunden, wie es sonst nur beim Aneinanderschmelzen oder Löthen und Schweiessen möglich ist. Je unreiner die Oberfläche des zu überziehenden Metalls ist, — sei es nun, dass sich durch Liegen an der Luft eine Oxydschicht gebildet hat, oder dass von der früheren Bearbeitung anhaftende Schmutz- und Fetttheilchen nicht vollständig beseitigt worden sind, desto unvollkommener haftet der Niederschlag. Es ist deshalb die erste Bedingung für die Herstellung einer schönen und haltbaren Vernickelung, Versilberung, Vergoldung oder irgend eines anderen Metallüberzuges, dass dem zu überziehenden Gegenstand durch eine Reihe von mechanischen und chemischen Operationen, Bürsten, Kratzen, Schaben, Glühen, Beizen etc. eine vollkommen metallisch reine Oberfläche verliehen werde.

Soll dagegen ein selbstständiger plastischer Gegenstand aus dem niedergeschlagenen Metall gebildet werden, so verwendet man als Pole oder Unterlagen gewöhnlich plastische Massen (Harz, Guttapercha, Schwefel, Paraffin, Wachs, Stearin etc., welchen durch einen dünnen Ueberzug von Graphit etc. die nöthige Leitungsfähigkeit für den elektrischen Strom verliehen worden ist, oder man bedeckt die metallischen Formen mit einer dünnen Wachshaut. Von diesen Unterlagen löst sich der galvanische Niederschlag, nachdem er einige Dicke und Zähigkeit erlangt hat, mit Leichtigkeit ab und stellt nun einen Abdruck derselben dar, von einer Genauigkeit, wie sie auf anderem Wege nicht erhalten werden kann. Nach Entfernung der Niederschläge lässt sich dann ohneweiters ein zweiter mit dem ersten vollkommen übereinstimmender Abdruck der Form erzielen, ein dritter, vierter u. s. w.

So ganz einfach, wie es nach dem Vorstehenden erscheinen möchte, ist aber die Arbeit des Galvaniseurs doch nicht; er hat noch dafür Sorge zu tragen, dass die Zusammensetzung des Bades und die Stärke des galvanischen Stromes während der ganzen Dauer der Operation möglichst unverändert bleibt, da wesentliche Aenderungen das Resultat der Operation sehr beeinträchtigen können. — So z. B. verursacht eine beträchtliche Zunahme der Stromstärke das Auftreten unschöner oder für den vorliegenden Zweck nicht entsprechender Färbungen des Niederschlages. Dann aber auch verliert derselbe immer mehr an Zusammenhang, wird locker und endlich ganz schwammig, zart, wie das weichste Mehl. — Wird dagegen der Strom zu schwach, so bilden sich in dem Niederschlage häufig Zwischenräume, die sich nicht mit Metall füllen; das erzielte Product ist dann zwar hart, aber spröde, porös und für fast alle technischen Verwendungen ungeeignet.

Um trotz dieser fortwährenden Ausscheidung des Metalles die Zusammensetzung des Bades möglichst constant zu erhalten, muss für einen steten Ersatz gesorgt werden. Es geschieht dies, indem man den positiven Pol aus demselben Metall herstellt, welches niedergeschlagen werden soll. Es geht dann das durch die Elektro-

lyse frei gewordene Säureradical mit dem Metalle des Poles genau dieselbe Verbindung ein, welche durch die Elektrolyse zerlegt wurde. Wenn nun der positive Pol die richtige Grösse und die Metallsalzlösung den richtigen Grad der Sättigung hat, so bleibt das Bad vollkommen constant, wenn nur von Zeit zu Zeit das verdunstete durch frisches Wasser ersetzt wird.

Allerdings enthält das als positiver Pol dienende Metall immer ein gewisses Quantum fremder Stoffe, besonders anderer Metalle, die sich meistens gleichfalls mit dem durch die Elektrolyse frei gewordenen Säureradical zu löslichen Metallsalzen verbinden und das Bad schliesslich mit einer so grossen Menge, für die Operation unnützer oder gar nachtheiliger Stoffe beladen, dass es zur Herstellung fehlerfreier Metallniederschläge ungeeignet wird. — So lange das Bad rein ist, wird sich auch der Metallniederschlag immer als chemisch rein ausweisen, und positivere, in der elektrischen Spannungsreihe dem Kalium näherstehende Metalle ändern an den Eigenschaften des Niederschlages nicht das Geringste. Finden sich aber negativere Metalle in der Lösung, so werden diese immer zuerst und mit Vorliebe ausgeschieden und beeinflussen natürlich auch die Qualität des Niederschlages.

Unter allen galvanischen Niederschlägen haben die des Kupfers ihrer leichten Herstellung und vielseitigen Anwendbarkeit halber die grösste Wichtigkeit und ausserdem das Verdienst, zur Ausbildung der galvanoplastischen Technik überhaupt erst Veranlassung gegeben zu haben. Für uns ist die Kupfergalvanoplastik eine noch ganz neue und junge Kunst und datirt ihre Kenntniss erst von den im Jahre 1839 erfolgten Mittheilungen Jacoby's. Doch scheint ein empirisches Verfahren, Kupfer aus wässerigen Salzlösungen auf nicht metallische Formen niederzuschlagen schon den alten Egyptern bekannt gewesen zu sein.

In den Grabstätten von Theben und Memphis, den wichtigsten Mittelpunkten altegyptischer Cultur, hat man zahlreiche aus Thon gearbeitete Gefässe und Figuren, welche mit einer dünnen Kupferhaut bekleidet waren, an der selbst mit dem Mikroskope nicht die geringsten Spuren von der Anwendung eines Hammers oder einer Feile, geschweige denn eine Löthung wahrzunehmen ist, und es blieb den Alterthumsforschern wie den Technikern gleich räthselhaft, auf welche Weise die Alten diese Ueberzüge hergestellt haben könnten.

Durch die Entdeckung und Ausbildung der Galvanoplastik ist dieses Räthsel gelöst. Man ist neuerdings im Stande, allerhand Geräthe und sonstige Gegenstände aus Glas, Porzellan und Thon mit dünnen Metallüberzügen zu versehen und die mikroskopischen Vergleiche solcher neueren Erzeugnisse mit den alten egyptischen lieferten den unzweifelhaften Beweis, dass beide auf dieselbe Weise hergestellt sein müssen. Die altegyptische Verkupferung zeigt genau dasselbe eigenthümliche krystallinische Gefüge, welches nur dem auf galvanischen Wege abgelagerten Metall eigen ist. Auch die im Pariser Museum aufbewahrten Lanzenspitzen und zerbrochenen Schwertklingen, die aus Holz gefertigt und mit einem starken Ueberzug von Kupfer versehen sind, scheinen ebenso schlagend die Vertrautheit der Egypter mit dem galvanoplastischen Verfahren darzuthun, wie auch ihre Statuen, die, obschon in Lebensgrösse, das unbedeutende Gewicht von wenigen Pfunden haben und sich nur auf galvanischem Wege herstellen liessen, wobei die als Unterlage dienende Figur aus Wachs oder einem ähnlichen Material gefertigt und nach erfolgter Ablagerung einer dünnen Metallschicht durch starkes Erwärmen des leicht schmelzenden Kernes entfernt wurde. Den zur Ausscheidung des Kupfers nöthigen Kupfervitriol verschafften sich die alten Egypter ohne Zweifel durch Rösten und Auslaugen des in Afrika reichlich vorhandenen Schwefelkupfererzes.

Die Wichtigkeit der Kupfergalvanoplastik erheischt es, dass wir uns mit den zu ihrer Ausführung dienenden Mitteln etwas eingehender beschäftigen. Den einfachsten, aber doch schon für viele Fälle ausreichenden Apparat zeigt uns das schon in früheren Theilen dieses Buches erwähnte Daniell'sche Element mit sehr geringen Abänderungen. Werden bei demselben Zink- und Kupferpol leitend verbunden, so entsteht ein galvanischer Strom, das Zink scheidet aus seiner Flüssigkeit das Säureradical und verbindet sich mit

demselben zu Zinkvitriol, während dafür ein Aequivalent Kupfer am negativen Pol ausgeschieden wird; dieser letztere wird aber durch den zu verkupfernden Gegenstand oder die zu copirende Form dargestellt.

Einen etwas abgeänderten Apparat stellt Fig. 131 dar, welcher von dem Erfinder der Galvanoplastik, Jacoby, angegeben und nach ihm Jacoby'scher Apparat genannt wird. Derselbe besteht aus einem Glasgefäß mit concentrirter Kupfervitriollösung und einem kürzeren, innen beiderseits offenen Glaszylinder, der unten durch eine poröse Membrane geschlossen und mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist. In dem inneren Glaszylinder hängt frei ein Zinkkörper, auf dem Boden des äusseren liegt der zu verkupfernde, als negativer Pol dienende Gegenstand, und beide sind durch einen, im Bereich der Kupfervitriollösung isolirten Draht verbunden. — Fig. 132 zeigt eine neuere Anordnung des Jacoby'schen Apparates, bei welcher der negative (Zink-) Pol die Form eines zwischen dem Glasgefässe und der porösen Thonzelle stehenden Blechcylinders hat und oben eine Vorrichtung zum Aufhängen des zu überziehenden, den negativen Pol darstellenden Gegenstandes. Ersterer Apparat eignet sich mehr für einseitige Nachbildung von Münzen, Medaillen etc., während für allseitig zu verkupfernde Gegenstände der zweite bessere Resultate liefert.

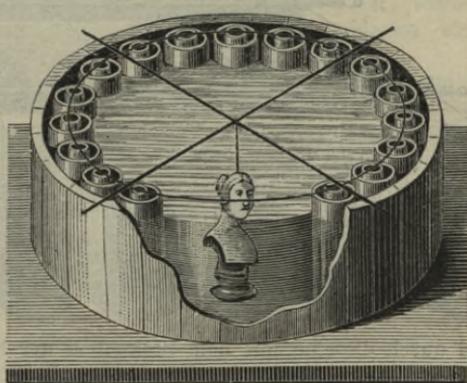
Fig. 131.



Fig. 132.



Fig. 133.



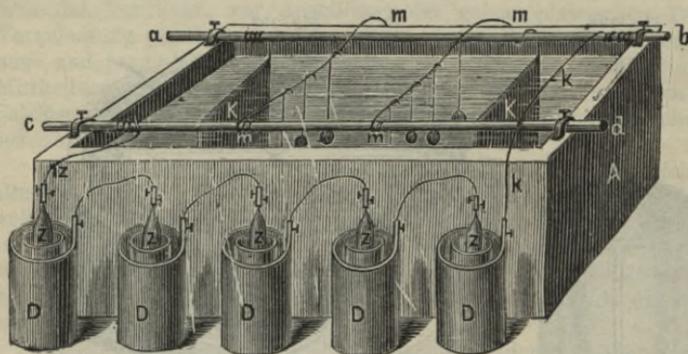
Eine Anordnung des letzteren in etwas grösseren Dimensionen zeigt Fig. 133. An der Wandung eines grösseren Gefässes, z. B. eines Zubers, befindet sich eine grössere Anzahl im Kreise nebeneinanderstehender Thonzellen, die darin befindlichen Zinkcylinder sind miteinander durch einen Draht verbunden, und ein auf letzterem ruhendes Messingdrahtkreuz dient wieder zum Aufhängen des zu verkupfernden Gegenstandes, der in unserer Abbildung eine weibliche Büste, sich ganz gleichmässig mit Metall belegen wird, da seine einzelnen Theile hinreichend weit von den einzelnen Zinkcylindern abstehen.

Der Vorgang ist in allen diesen Apparaten genau gleich. Sobald die Verbindung zwischen den beiden Polen hergestellt, der Strom geschlossen ist, übt der negative Pol Anziehung auf die Kupfervitriollösung und der positive auf die Schwefelsäure der um das Zink befindlichen Flüssigkeit; an ersterem scheidet sich Kupfer aus und am letzteren wird immer mehr und mehr Zink aufgelöst. Der Kupfergehalt ergänzt sich aus eingehängten oder auf dem Boden liegenden Kupfervitriol-Krystallen, die Flüssigkeit, in welcher das Zink steht, muss aber von Zeit zu Zeit zur Hälfte entleert und durch Zusatz von angesäuertem Wasser verdünnt werden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich die alten Egypter ähnlicher Apparate, an Stelle des Zinks aber des Zinnes bedienten, welches sie ja auch schon mit Kupfer legirt als antike Bronze anzuwenden verstanden.

Um grössere Platten darzustellen, wie sie zum Beispiel beim Kupferdruck verwendet werden, bedient man sich gewöhnlich eines sogenannten zusammengesetzten Apparates, welcher aus der Stromquelle (galvanische Batterie, dynamo- oder magnet-elektrische Maschinen) und einem von derselben ganz getrennten besonderen Zersetzungsgefäss, dem Metallbade, besteht. In dieses hängt man grosse Platten beider Metalle in einem Abstand von 10–15 Millimeter einander parallel gegenüber. Das Bad ist eine halbverdünnte mit 5–7 Procent Schwefelsäure versetzte Kupfervitriollösung. Die negative Polplatte, welche den Niederschlag aufnehmen soll, wird horizontal auf den Boden des Zersetzungsapparates gelegt und derselben in einem Abstand von 15 bis 25 Millimeter gegenüber die positive Kupferplatte angebracht. Letztere löst sich in gleichem Verhältnisse auf, als das Kupfer auf dem negativen Pol niedergeschlagen wird und erhält dadurch das Bad in seiner ursprünglichen Beschaffenheit.

Auch für die Erzeugung von kleineren Gegenständen, Münzen, Medaillen etc. in grösseren Mengen, bedient man sich ebenfalls zusammengesetzter Apparate in einer Anordnung, wie sie Fig. 134 darstellt. Ueber das Gefäss *A* sind eine Kupferstange *ab* und eine Zinkstange *cd* gelegt und an diesen die Elektroden senkrecht in das Bad ge-

Fig. 134.



hängt; *KK* sind die als positive Elektroden dienenden Kupferplatten, welche mittelst verplatinirter oder versilberter Kupferdrähte an der Kupferstange *ab* hängen, die ihrerseits wieder mit der Batterie *DD* durch den Draht *kk* verbunden ist. *mm* sind stärkere Drähte oder Stäbe, die von der Stange *cd* ausgehen und durch dieselbe mit dem Zinkpol *Z* der Batterie in Verbindung stehen. An den Stäben hängen mittelst schwächerer Drähte die einzelnen Münzen oder Medaillen, welche copirt werden sollen. Der Niederschlag erfolgt, um ihn ablösen zu können, stets nur auf einer Seite, während die andere durch Fett und Wachs nicht leitend gemacht ist. Die Rückseite des vollkommen naturgetreuen, papier- bis kartenblatt-dicken Niederschlages wird mit geschmolzenem Zinn ausgefüllt. Doch kann man auch massive Copien erzielen, indem man die Originalmünzen in den früher erwähnten plastischen Stoffen abdrückt, die Abdrücke leitend macht und zu einer Hohlform zusammensetzt.

In gleicher Weise werden Statuen aus mehreren in Hohlformen niedergeschlagenen Stücken zusammengesetzt, indem man sie nachträglich aneinanderpasst und zusammenlöthet. Um diese lästige und unvollkommene Methode zu vermeiden, setzte zuerst der Galvanoplastiker Lenoir in Paris Hohlformen von Guttapercha aus mehreren Stücken zusammen, nachdem er vorher seinen vielfach verzweigten Platindraht so in alle Theile des Hohlraumes eingeführt hatte, dass er überall von der inneren Fläche, welche mit Kupfer überzogen werden soll, gleich weit abstand. Die Formen sind unten und oben offen und gestatten der Kupfervitriollösung freien Eintritt und Circulation im Innern. Der Process geht dann in etwas von dem früher Gesagten abweichender Form etwa folgendermaassen vor sich, indem die innere mit Graphit überzogene Fläche der Hohlform den negativen und der Platindraht den positiven Pol repräsentirt. An ersterer scheidet sich wie gewöhnlich Kupfer ab und am Draht die Säure, aus einem Theil Schwefel und vier Theilen Sauerstoff bestehend; diese aber findet kein Kupfer zum Eingehen einer neuen Verbindung und gibt deshalb einen Theil Sauerstoff, wie wir

schon früher gesehen haben, ab, welcher in Gasform aufwärts steigt und in der Form eine Strömung verursacht, durch welche die bisher kupferarme Flüssigkeit oben aus dem Hohlraum austritt und durch dessen Oeffnung frische kupferreiche Vitriollösung eingeführt wird. Der Abgang an Kupfer muss natürlich, wie bei dem einfachen galvanoplastischen Apparat, durch Einhängen von Kupfervitriol-Krystallen ausgeglichen werden.

Das Verfahren liefert allerdings bedeutend schönere und vollkommene Producte als die früheren Methoden, stellt sich auch ungleich theurer, da einmal ein bedeutend stärkerer galvanischer Strom erforderlich war und zweitens das Platinskelett sehr viel Geld kostete. Bouillet hat ausgerechnet, dass man für 1 Kilogramm Kupferniederschlag für 120–140 Francs Platindraht bedarf. Man hat daher neuerdings das Platinskelett mit gutem Erfolge durch ein solches aus vielfach durchlöcherterem Bleiblech ersetzt.

Für Statuen grösster Dimensionen, welche nur einmal hergestellt werden können, hat man auch das schon oben erwähnte Verfahren der alten Egypter wieder aufgenommen, indem man Modelle von Thon, Wachs und ähnlichen Stoffen oder leicht flüssigen Metall-Legirungen, im galvanischen Bade mit einem dünnen Kupferüberzuge versieht und dann aus der Kupferhaut entfernt. Beim Thonmodell geschieht dies durch Brennen, bis sich das Modell in Staubform ausschütteln lässt, bei Wachs oder leichtflüssigen Metallen durch Ausschmelzen etc., bei letzteren auch durch Auflösen in Säuren. Die Kupferhaut wird dann äusserlich aufs Sorgfältigste gefirnisst, wieder in das Bad gebracht und auf der Innenseite so lange Kupfer niedergeschlagen, bis die Metallwand stark und widerstandsfähig genug ist.

Gegenüber der Herstellung von Statuen auf feurigflüssigem Wege hat das galvanoplastische Verfahren den Vortheil, dass die Erzeugnisse keiner weiteren Nacharbeit bedürfen, sondern fix und fertig aus dem Bade hervorgehen und die Originalarbeit des Modelleurs bis in die feinsten Nuancen getreu und sicher wiedergeben, während durch das nachträgliche Meisseln und Ciseliren von Giessereigegegenständen sehr oft werthvolle und charakteristische Einzelheiten verloren gehen. Der Vorwurf aber, dass die auf galvanoplastischem Wege erzeugten Kupferstatuen weniger dicht und alsdann weniger haltbar seien, ist durch zahlreiche auf diese Weise ausgeführte und sich vorzüglich haltende Kunstwerke, ganz besonders aber durch die drei Figuren des berühmten aus der Werkstatt von Kress in Offenbach hervorgegangenen Gutenberg-Monumentes in Frankfurt am Main längst widerlegt worden.

Der unserer Arbeit zugewiesene Raum gestattet nicht, specieller auf die sonstigen, überaus mannigfaltigen und interessanten Anwendungen der Kupfer-Galvanoplastik einzugehen; wir müssen uns vielmehr begnügen nur noch einige besonderes Interesse bietende Verwendungen herauszugreifen.

Gewisse Gegenstände in Relief, welche man früher nur mühsam aus Kupferblech durch Treibarbeit herstellen konnte, werden vom Galvaniseur nach einem einzigen sorgfältig ausgearbeiteten Original mit sehr mässigen Kosten in unzähligen, gleich werthvollen Copien wiedergegeben. Kleinere und grössere Landschaftsbilder in Relief, theils als Wandbilder, theils als Decken für Etuais, als Schilder für Standuhren und dergleichen werden mit Leichtigkeit massenweise hergestellt. Das Kupfer hat bei diesen Erzeugnissen selten mehr als Papier- und Kartenblattstärke; um es zu verstärken wird die Rückseite mit geschmolzenem Zink ausgefüllt.

Eine Grenze finden derartige Anwendungen erst bei den einfacheren Gegenständen, die man durch Prägen, Stanzen etc. aus Metallblech herzustellen vermag. Durch galvanoplastischen Kupferniederschlag auf Guttapercha oder Kautschukmatrizen hergestellte Metallknöpfe z. B. konnten trotz ihrer Schönheit und der Möglichkeit unterschmittener Partien (welche die elastischen Formen zulassen), den Markt nicht erhalten, weil sie sich weit theurer stellten, als die gestanzten Blechknöpfe.

Figuren und sonstige Gegenstände aus Holz und Gyps lassen sich vollständig mit einem dünnen Kupferüberzug belegen, nachdem sie mit einem dünnen Firnis überstrichen sind, auf welchem der Graphit haften bleibt; ebenso Glas- und Porzellangefässe und dergl. Spitzen und Kanten von Tüll tränkt man mit geschmolzenem

Wachs, überzieht sie mit Graphit, verkupfert sie im galvanischen Bade, um sie nachher noch mit einem Silber- oder Goldüberzuge zu versehen und als Zierate, Gewandschmuck oder auf Luxusgegenstände zu benutzen. Auch hat man auf ähnliche Weise Leinen und andere Zeugstoffe mit Kupferüberzügen versehen, um sie dadurch gegen die Einwirkungen der Hitze zu schützen, feuerfest zu machen.

Selbst organische Naturkörper, Blätter, Blumen, Früchte, Schwämme, kleine Vögel, Insecten, ja selbst Schmetterlinge und Farrenkräuter hat man auf galvanoplastischem Wege mit Metall überzogen und damit die wunderbarsten Wirkungen erzielt. Der galvanoplastische Ueberzug gibt auch die feinsten Contouren und zartesten Gliederungen mit einer Treue und Naturwahrheit wieder, welche auf keinem anderen Wege auch nur annähernd erreicht werden kann. Ja, das anatomische Museum in Neapel besitzt noch die oberen Körpertheile eines Kindes, welche vor einer Reihe von Jahren mit einer Kupferhaut überzogen wurden und sich infolge dessen gut erhalten haben. Auch wurde auf dem 1878er medicinischen Congress in Turin eine Anzahl ähnlich präparirter anatomischer Gegenstände ausgestellt.

Weitaus zu den wichtigsten Fortschritten hat der galvanische KupfERNIEDERSCHLAG in den verschiedenen Zweigen der Vervielfältigungskunst von Abbildungen und Zeichnungen durch den Druck, also für die Druckerei im Allgemeinen verholfen. Kupferplatten für Graveure werden gegenwärtig zumeist auf galvanischem Wege hergestellt, weil sie dadurch sehr rein und homogen ausfallen und dem Grabstichel nach allen Richtungen gleichen Widerstand entgegenzusetzen; vor dem Graviren werden sie ausgeglüht und gehämmert, was ihre Dichtigkeit steigert. Die gestochenen Originalplatten werden nicht selbst zum Druck verwendet, sondern, um sie zu schonen, in einer beliebigen Anzahl von Exemplaren galvanoplastisch copirt, mit welchen dann jede gewünschte Anzahl von gleich guten Abdrücken auf Papier hergestellt werden kann. Ebenso vermag sich der Buchdrucker seinen Satz galvanoplastisch zu stereotypiren (ein Verfahren, für welches der Name Elektrotypie aufgekommen ist), indem er auf einer von dem Satz hergestellten Guttapercha-Form ein Kupfer niederschlagen lässt. Auch hat man Holzschnitte elektrotypirt und die Illustrationen der Bücher und Journale durch Oberflächendruck von Kupfer hergestellt, welches eine weit grössere Dauer besitzt als das Holz. Ganz eigenthümliche Druckplatten aber erzielt man neuerdings durch Anwendung der Galvanoplastik nach den Verfahren der Galvanographie, Stilographie und des Naturselbstdruckes.

Die Stilographie benutzt eine aus einem Theil Stearin und zwei Theilen Schellack hergestellte, durch genügenden Kienrusszusatz in der Masse schwarz gefärbte Platte. Diese wird mit Firniss bestrichen und mit Silberpulver eingerieben. Hierauf wird mit dem Griffel die Zeichnung in die Platte radirt. Alle Theile, welche im Druck seinerzeit schwarz erscheinen sollen, sind vertieft und daher die weisse Silberschicht an dieser Stelle entfernt. Nach vollendeter Radirung wird die Platte durch Graphit leitend gemacht, im galvanischen Apparat zuerst eine Hochplatte erzeugt, welche die am Original vertieften Linien erhaben zeigt, und von diesen dann eine neuerliche Copie, die sofort zum Drucken verwendbare Tiefplatte, angefertigt.

Bei der Galvanographie wird auf einer versilberten Kupferplatte mit dem Pinsel eine Farbe von Ocker und Leinöl in Tuschanfarb aufgetragen, und zwar hat der Künstler die Farbe um so reicher und dicker aufzutragen, je schwärzer im Druck die Stelle erscheinen soll. Nach dem Trocknen wird diese Platte durch Graphit leitend gemacht und im galvanoplastischen Apparat unmittelbar die Tiefplatte erzeugt. Während die Stilographie Drucke liefert, welche den Radirungen ähnlich sind, gibt die Galvanographie Abdrücke in Tuschanfarb.

Der Naturselbstdruck liefert Platten für den Buch- und den Kupferdruck, welche Pflanzen, Gewebe u. dergl. darstellen, zu welchen diese selbst die Originale bildeten, indem von ihnen der Abdruck entweder in Guttapercha oder Blei genommen und galvanoplastisch in eine Druckplatte umgewandelt wird. Soll z. B. eine Naturselbstdruckplatte von Spitzen gebildet werden, so klebt man diese mit dünnem Gummiwasser auf eine dünne Stahlplatte und legt nach dem Trocknen auf diese eine Bleiplatte.

Beide Platten führt man durch ein Walzwerk unter mässigem Druck, wobei sich die Spitzen in die Bleiplatte drücken, welche nun als Matrize zur Herstellung einer Hoch- und hierauf einer Tiefplatte verwendet wird. Montirt man nun die letztere für den Buchdruck auf Holz, so empfängt die Platte die Farbe auf der Fläche und man erhält das Muster meist auf farbigem Grunde. Für den Kupferdruck kommt die Farbe natürlich in die Tonform.

In derselben Weise kann man Platten für künstliche Narben (Imitation von Juchtenleder), herstellen, indem man von schön genarbttem Leder Abdrücke macht in Blei oder Guttapercha. Auf diesem Wege bekommt man ein besseres Resultat, als wenn das Leder mit Firniss bestrichen und durch Graphit leitend gemacht, dann auf ein lackirtes Brett befestigt, mit Wachsrand versehen wird und so direct zur Herstellung der Zinkplatte dient.

Grundverschieden von den vorhergehenden Anwendungen sind die Verfahren, welche auf eine Behandlung der Kupferdruckplatten als Anoden beruhen. Hängt man nämlich eine mit Aetzgrund überzogene, hierauf radirte Kupferplatte als positives Pol in das Kupfervitriolbad, so findet eine Auflösung desselben nur an den blankgelegten Stellen statt und man erhält so sehr rasch eine geätzte Zeichnung auf der Platte, deren Striche weit reiner und schärfer ausfallen als es beim gewöhnlichen Aetzverfahren möglich ist. Durch Regulirung der Stromstärke, Stellung und Form der gegenüberhängenden negativen Elektrode, sowie durch zeitweises Herausnehmen, Abwaschen und Isoliren einzelner Partien ist es dem erfahrenen Arbeiter möglich, alle, auch die zartesten Abstufungen zwischen hell und dunkel auf der Platte hervorzubringen. Nach einer von Dulos angegebenen Modification kann man auch Kupferplatten in erhabener Manier durch galvanische Aetzung, resp. Galvanokaustik erzeugen und damit Stiche in Aquatinta-Manier herstellen; zu demselben Zweck hat ein anderes Verfahren Spencer angegeben. Ferner gehören hierher die von Böttcher angegebene und von Devicenzi weiter vervollständigte Methode, Druckplatten aus Zink auf galvanoplastischem Wege darzustellen, welche auch unter der Bezeichnung Electrographie bekannt geworden ist, die von Ommegangk erfundene Galvanoglyptik, oder die Kunst geätzte Zinkplatten auf galvanoplastischem Wege so herzustellen, dass mit ihnen auf der Buchdruckerpresse gearbeitet werden kann und die ähnliche Chalkotypie oder Kupferhochdruck-Manier. Schliesslich hat man die Kupfergalvanoplastik zur Verbesserung von Fehlern an Kupferstichen etc. in der Daguerrotypie und Photographie zur Verwendung gebracht.

Um Stahl, Eisen und Zink, welche von der Kupfervitriollösung auch ohne Hilfe des galvanischen Stromes angegriffen werden, mit Kupfer zu überziehen, bedient man sich eines Bades von Cyankupfer — Cyankaliumlösung. Soll die Verkupferung nur als Unterlage für andere Metallüberzüge (Gold und Silber) dienen, so genügt eine ganz dünne Haut, die sich schon in einigen Minuten erzeugt; soll aber der verkupferte Gegenstand ohne weiteren Schutz den Einflüssen von Wind und Wetter ausgesetzt werden, wie z. B. Zinkstatuen, Telegraphendraht, so muss man einen viel dickeren Kupferniederschlag erzeugen und entweder den Process einige Stunden fortsetzen oder ihn nach Bildung einer dünnen Kupferhaut unterbrechen und nach sorgfältigem Abwaschen im gewöhnlichen Kupfervitriolbade vollenden, welches rascher und billiger arbeitet wie das Cyankaliumbad.

Im grossartigsten Maassstabe wird das Verfahren von der „Pontal-Telegraph-Company“ in New-York ausgeführt und zwar mit 200 Kupfervitriolbädern und 25 grossen Dynamomaschinen. Der Draht geht, von einem Leierwerk langsam vorwärts bewegt, durch eine Reihe von Bädern hintereinander, bis sich genügend Kupfer niedergeschlagen hat: ein Verfahren, welches gewöhnlich circa 60 Stunden in Anspruch nimmt. Mit den jetzigen Vorrichtungen kann per Tag eine Länge von 10 englischen Meilen Stahldraht, im Gewicht von 100 Kilogramm per Meile, mit 250 Kilogramm Kupfer überzogen werden, doch soll die Leistungsfähigkeit auf 30 Meilen per Tag gesteigert werden. Interessant ist, dass die Kosten dieses Processes grösstentheils durch einen Nebengewinn gedeckt werden. Das verwendete Kupfer enthält nämlich eine geringe Bei-

mischung von Silber, dessen Abscheidung durch einen besonderen Betrieb nicht lohnend sein würde. Nun fällt dasselbe aber bei der in Rede stehenden elektrolytischen Operation ganz von selbst aus, setzt sich auf den Boden der Bottiche an, so dass es ganz ohne besondere Kosten als Nebenproduct gewonnen wird.

Der französische Galvaniseur Weyl hat ein Verfahren erfunden und patentiren lassen, um irisirende\*) Kupferniederschläge darzustellen, welche für künstlerische Zwecke wirksam verwendet werden können. Je nach der Dauer des Eintauchens, der Stromstärke und der Zusammensetzung des Bades kann diese Irisirung in verschiedenen Abstufungen erzeugt werden; andere Variationen ergeben sich, wenn man einzelne Theile des Gegenstandes ganz oder zeitweise mit Firniss oder Paraffin bestreicht, so dass sich die Irisirung nur auf den blass gebliebenen Stellen erzeugen kann. Auch soll man nach dieser Methode alle Farbentöne, vom Messing bis zur Bronze, ferner roth, blau und grün in mannigfachen Nuancen hervorbringen können.

Während, wie wir oben gesehen haben, aus den gewöhnlich gebrauchten sauren galvanischen Bädern, wenn sie Salze verschiedener Metalle gelöst enthalten, durch den galvanischen Strom immer erst das negativste Metall vollständig und dann erst die positiven Metalle nebeneinander ausgeschieden werden, ist es möglich, aus Gemengen von alkalischen Lösungen zwei oder mehrere Metalle gleichzeitig, als richtige Legirungen, auszuscheiden, z. B. aus einer Cyankupfer- und Zinklösung Messingniederschläge mit allen physikalischen Eigenschaften dieser Legirung. Die Farbe des Niederschlages kann dabei je nach der Stromstärke von Kupferroth durch alle Messingnuancen bis zu Zinkweiss variiren.

Man kann auch Cyankalium für sich allein im Wasser lösen und in diesem Bade einen positiven Pol von Messing und einen negativen von Eisen, Zink oder Kupfer anbringen. Das Messing löst sich am positiven Pol auf, wo sich Cyan entbindet, während am negativen Pol Kalium ausgeschieden wird, welches das Wasser zersetzt und unter Bildung von Kali Wasserstoff entbindet. Nach einiger Zeit wird jedoch am negativen Pol Messing ausgeschieden und dann ersetzt man die vorher als Pol dienende Metallfläche durch den zu vermessingenden Gegenstand. Neuerdings sind noch verschiedene andere Methoden zur Erzeugung galvanischer Messingniederschläge vorgeschlagen und in Gebrauch gekommen, auf die wir hier nicht näher eingehen können.

Anwendung findet das galvanische Vermessingen auf Gegenständen von Eisen und besonders von Zink. Die gegossenen Lampenfüsse aus letzterem Metall sind fast immer mit einer dünnen Schicht galvanisch niedergeschlagenen Messings überzogen, welche ihnen das Aussehen echter Bronze ertheilt. Insbesondere wenn solche Gegenstände hinterher noch polirt werden, so gleichen sie ganz echten Bronzegegenständen, erhalten sogar nach einiger Zeit einen bläulich-grünen, der Edelpatina ähnlichen Anflug.

Galvanisches Verzinnen, Verzinken und Verbleien ist vielfach mit mehr oder minder gutem Erfolge praktisch ausgeführt worden; doch lassen sich Ueberzüge von diesen Metallen, die vorzugsweise zum Schutze, seltener zur Verschönerung der darunterliegenden Metalle (Eisen, Stahl etc.) dienen sollen, auf anderen Wegen, besonders durch Eintauchen in feurig-flüssige Metallbäder, in den meisten Fällen billiger und zweckentsprechender herstellen, so dass wir diese Zweige der Galvanoplastik hier übergehen können.

Eisenniederschläge haben eigentlich auch nur eine bemerkenswerthe Anwendung gefunden. Man überzieht nämlich die gestochenen Kupferplatten galvanisch mit einem ganz dünnen und gleichförmigen Eisenniederschlag, und kann dieselbe nunmehr wie eine gestochene Stahlplatte benützen. Die Oberfläche so „verstählter“ Kupferdruckplatten widersteht der Abnützung ganz ausgezeichnet; es lässt sich mit denselben fast eine unbegrenzte Anzahl gleich guter Abdrücke herstellen, und reibt sich das Eisen wirklich im Laufe der Arbeit ab, so hindert nichts, einen neuen Niederschlag davon auf der Platte zu machen, nachdem man den Rest des früheren durch kurzes Eintauchen der Platte in verdünnte Schwefelsäure entfernt hat.

\*) D. h. in dem Farbenspiel des Perlmutterglanzes schillernde.

Obwohl das Platiniren, oder Ueberziehen von Gegenständen mit Platina, für chemische Zwecke von hoher Wichtigkeit wäre, hat es doch bisher keine praktische Anwendung gefunden, weil es nach den bisherigen Methoden noch nicht möglich ist, mit Sicherheit einen Platinniederschlag zu erzeugen, welcher dicht genug ist, um das darunterliegende Metall gegen starke Säuren etc. zu schützen.

Noch seltener dürften Ueberzüge von Palladium, Cadmium, Antimon etc. angewandt werden, und möge nur bezüglich des letzten seine ungemein grosse Explosionsfähigkeit hervorgehoben werden. Ritzt man galvanoplastisch mit Antimon überzogene Gegenstände nur mit einem scharfen harten Gegenstand, so explodirt der ganze Ueberzug unter Entwicklung von Blitz, Knall und Dampf, während glühende Antimontheilchen herumfliegen, Papier entzünden etc.

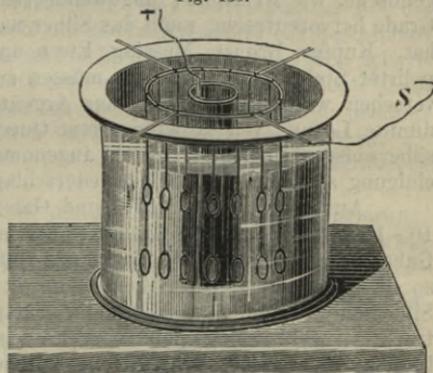
Dagegen gehören galvanische Silberniederschläge zu den ältesten Anwendungen der Elektrolyse. Schon ein Jahr nach den ersten Mittheilungen Jacoby's, zwischen 1840 und 1841, richtete Elkington in Birmingham seine berühmte Anstalt zur galvanischen Versilberung ein, und im Laufe weniger Jahre hatte das Verfahren in sämmtlichen civilisirten Ländern festen Fuss gefasst. Die galvanische Versilberung hat insbesondere für den sogenannten Mittelstand eine hohe Bedeutung, indem sie demselben die Möglichkeit bietet, sich in den Genuss der Vortheile des Metalls zu setzen, welches für die Zwecke der Haushaltung und den Gebrauch bei der Tafel durch seine Reinlichkeit und Geschmacklosigkeit, jedenfalls die grösste Annehmlichkeit und den Vorzug vor allen anderen Metallen besitzt.

Silberlösung für galvanoplastische Zwecke stellt man in der Regel durch Auflösen eines gut ausgewaschenen Niederschlages von Chlorsilber in Cyankalium, oder von salpetersaurem Silberoxyd (Höllenstein) in Cyankaliumlösung her, welche nachträglich mit dem gleichen Quantum destillirten Wassers verdünnt wird. Oder man füllt eine Thonzelle mit einer Lösung von 25 Gramm bestem Cyankalium in 100 Gramm Wasser, und stellt dieselbe in ein Bad derselben Flüssigkeit, hängt dann in die Zelle irgend ein als negativer Pol dienendes Metall, z. B. Kupfer ein und aussserhalb derselben in das Bad einen positiven Pol von Silber. Letzteres löst sich durch den Strom auf und man beendigt den Prozess, wenn es 10 Gramm verloren hat. Hierauf nimmt man die Thonzelle aus dem Bade, verbindet den zu versilbernden Gegenstand mit dem negativen Poldraht, so wird sich auf demselben, wenn er in das Bad getaucht und der Stromkreis damit geschlossen wird, alsbald eine Silberablagerung bilden.

Nebenstehende Figur 135 zeigt eine Versilberung im kleinen gebräuchlichen Apparat. In der Mitte eines runden Gefässes steht ein als positiver Pol dienender Silbercylinder, und um denselben herum sind im Abstände von wenigstens 25 Millimeter die zu versilbernden Messer, Gabeln und Löffel aufgehängt. Grössere Flächen kann man mit diesem Apparat nicht gleichförmig versilbern. Auch muss man unbedingt die kleineren Gegenstände nach der Hälfte der Zeit, welche sie im Bade bleiben sollen, umkehren, so dass die äussere Fläche zur inneren wird. Auch in grösseren Bädern, wie Fig. 136 eines darstellt, hält man ein solches Umdrehen für zweckmässig, doch erfolgt es in der Weise, dass das, was zuerst oben war, nun unten hinkommt. Die Erfahrung zeigt nämlich, dass dann der Niederschlag gleichförmiger erfolgt und besonders einer sonst leicht entstehenden streifigen Beschaffenheit des Ueberzuges vorbeugt wird.

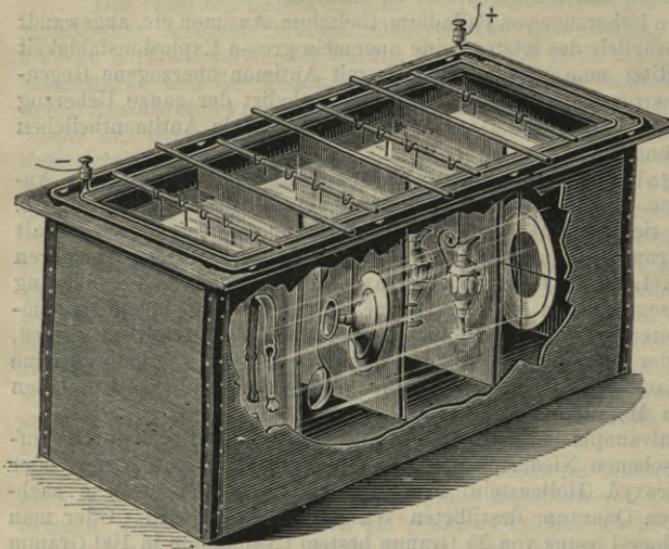
Bäder für Versilberung im Grossen sind meist langgestreckte Kasten von circa 1 Meter Höhe und Breite und etwa 2 Meter Länge, welche innen mit Guttapercha

Fig. 135.



ausgefüttert sind, damit die Flüssigkeit nicht in das Holz eindringen kann. In Abständen von 30–60 Centimetern sind Silberplatten (als positiver Pol dienend) von dem ganzen Querschnitt des Kastens in die Flüssigkeit eingehängt, und dazwischen kommen

Fig. 136.



die zu versilbernden Waaren. Unsere nebenstehende Figur zeigt eine solche Anordnung. Die positiven Silberplatten stehen alle miteinander in leitender Verbindung, indem sie auf einem Drahtgeflecht zu beiden Seiten des Kastenrandes ruhen, in welches der Leitungsdraht von der negativen Polplatte des Stromerzeugers einmündet. Die zu versilbernden Stücke, Bestecke, Kannen, Teller etc. sind an dünnen Drähten aufgehängt, welche um einen dicken Messingdraht als Träger gewunden sind, der zu beiden Seiten des Kastens gleichfalls auf einem Metallgestelle ruht, welches aber mit dem von dem Zink der Batterie kommenden Leitungsdraht verbunden ist. Der galvanische Process geht somit alsbald vor sich, nachdem ein solcher Messingdrahtträger mit den daran aufgehängten Gegenständen in das Bad eingesetzt worden ist.

Die zu versilbernden Gegenstände bestehen in der Regel aus lichtigem Messing, welches den gewöhnlichen Silberlegirungen entsprechenden Klang und Härte besitzt und auf dem das Silber vorzüglich fest haftet. Doch werden auch ganz weisse Metallgemische, wie Neusilber, angewendet, die dann den Vortheil besitzen, in geringerem Grade hervorzutreten, wenn das Silber nach längerem Gebrauche sich allmählig abgenutzt hat. Kupfer, Bronze, Messing, Eisen und Stahl können direct versilbert werden, aber polirter Stahl, Zinn und Zink müssen zuerst mit einem dünnen Ueberzug von Kupfer versehen werden. Alpacca oder Argentaun taucht man zweckmässig in eine sehr verdünnte Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, bis sie einen gleichmässigen, fast silberweissen Quecksilberhauch angenommen haben, welcher eine noch innigere Vereinigung zwischen dem Silberniederschlag und der Metallfläche bewirkt.

Auf ein Dutzend Löffel und Gabeln gewöhnlicher Grösse wird in der Zeit von 10–15 Stunden ca. 100 Gramm Silber im Werthe von 15 Mark niedergeschlagen. Eine Gabel besitzt beinahe 100, das ganze Dutzend also 1200 Quadrat-Centimeter Oberfläche, so dass auf das Quadrat-Centimeter etwa  $\frac{1}{12}$  Gramm kommt, was einer Dicke der Silberschicht von  $\frac{9}{100}$  Millimeter entspricht. Es scheint dies an und für sich betrachtet, wohl wenig, genügt aber doch, um dem Tafelservice selbst bei starkem Gebrauch das schöne, silbergleiche Ansehen jahrelang zu erhalten und kostet nur 0,16 des Preises massiver Silberbestecke. Ist die Abnützung sehr weit vorgeschritten, so dass an vielen Stellen der gelbe Messinggrund hervortritt, so wird der Gegenstand von Neuem versilbert. Man zieht dann zweckmässig die erste Versilberung vollständig ab, entweder auf mechanischem Wege mit der Kratzbürste, oder indem man den Gegenstand in concentrirte Schwefelsäure legt, welcher einige Körnchen Salpeter zugefügt sind und welche wohl Silber, aber weder Messing noch Kupfer auflöst.

Uebrigens geht man bei Gegenständen, welche der Abnützung nicht so sehr ausgesetzt sind oder noch vergoldet werden sollen, mit der Dicke des Silberniederschlags noch viel weiter, bis zu  $\frac{1}{450}$  oder selbst bis zu  $\frac{1}{1000}$  Millimeter herunter, entsprechend einem Gewichte von 1,24 Gramm Silber pro Quadrat-Meter Fläche. Ueber  $\frac{1}{10}$  Millimeter geht man mit der Stärke des Niederschlags wohl nur in seltenen Ausnahmefällen.

Welche Bedeutung das galvanische Versilbern in den letzten Jahren gewonnen hat, mögen einige Productionsangaben erläutern. Die bekannte Firma Christofle in Paris, welche auch in Deutschland viele Niederlagen und Filialen besitzt, schlägt pro Jahr mehr als 6000 Kilogramm Silber galvanisch nieder und hat seit ihrer Gründung im J. 1842 nicht weniger als 169,000 Klgr. Silber verarbeitet; die gesammte damit überzogene Fläche berechnet sich auf mehr als 56 Hectaren oder ca. 220 preussische Morgen.

In ganz Europa und Amerika dürften jetzt jährlich etwa 125,000 Kilogramm Silber im Werthe von ca. 20 Millionen Mark zur galvanischen Versilberung gebraucht werden, auf Paris allein aber dürfte davon etwa ein Fünftel kommen.

Seit Anwendung der elektrischen Maschinen als Stromerzeuger an Stelle der galvanischen Batterien sind auch die Herstellungskosten der Versilberung ganz bedeutend von ungefähr 3,87 Francs auf nur 94 Centimes per 1 Kilogramm Silber heruntergegangen.

In Deutschland ist die württembergische Metallwaarenfabrik in Geisslingen, welche meist über 600 Arbeiter beschäftigt, wohl der hervorragendste Vertreter der galvanischen Versilberung und wollen wir auf den dort eingeführten Gang der Fabrikation hier etwas näher eingehen. Den Ausgangspunkt derselben bildet die Herstellung des Gusses in zwei Giessereien und der Bleche in der Walzerei mit fünf grossen Walzwerken. Hier werden auch die auf mechanischem Wege plattirten Bleche — das silberplattirte Kupfer (Plaqué) und das messing- oder neusilberplattirte Eisen (letzteres Patent des Etablissements) — hergestellt. Der verzierte Guss, welcher nach ciselirten Modellen ausgeführt wird, geht zum Feilen und Ciseliren, während der glatte runde Guss in der Dreherei weiter verarbeitet wird. Die Bleche gehen in die Zuschneiderei, welche die sogenannten Böden zuerst zum Planirer unter die Spannhämmer, von da in die Presserei und Druckerei liefert.

Die Producte dieser Abtheilung werden, soweit sie nicht schon als Halbfabrikate fertig sind, zum Montiren in die Werkstätten der Gürtler der Neusilber- und Britannia-Monteurs gegeben, von wo sie in die Schleiferei und Sandbläserei kommen. Die erstere hat die Aufgabe möglichst glatte Flächen herzustellen, eine Vorbedingung für die später folgende Politur. — Die Sandbläserei, auch eine hochinteressante Errungenschaft der Neuzeit, erzeugt einen starken Luftstrom und schleudert mit demselben scharfkantigen Sand gegen das zu bearbeitende Object; man stellt mit ihr das beliebte zarte Matt her, welches erst seit einigen Jahren durch amerikanische Silberwaaren bekannt geworden und seitdem in allen Schaufenstern der Silberwaarenläden zu sehen ist. Es folgen sodann die Abtheilungen der Graveure, Guillocheure, Glasschleifer, Glasgraveure und Emailleure.

Die so in der Form fertiggestellten Waaren kommen sodann in die Versilberung, welche wir in Fig. 137 dargestellt haben. Im Mitteltract derselben stehen, in zwei Reihen geordnet die grossen galvanischen Silberbäder, während an den Seiten Arbeitsbänke für die letzte Controle und Nachhilfe vor der Versilberung, sowie Polirmaschinen und Tische für die Finirung der verschiedenen Waaren aufgestellt sind.

Die aus dem Bad genommenen Gegenstände besitzen ein schönes, mattes Aussehen, welches in manchen Fällen sehr erwünscht ist und hübsche Effecte hervorbringt, so besonders bei plastischen Darstellungen, die als Zimmerschmuck dienen sollen. Der in heissem Wasser vollständig gereinigte Gegenstand muss jedoch vollständig getrocknet hinter Glas aufbewahrt werden, an der freien Luft stehend verliert er unvermeidlich durch deren Schwefelwasserstoffgehalt seine schöne, weisse Farbe und schwärzt sich. Um dem vorzubeugen, werden Versilberungen zuweilen noch mit einem feinen Hauch von Palladium überzogen.

In der Regel werden die versilberten Waaren mit glänzender, spiegelnder Fläche in den Handel gebracht. Um diese hervorzurufen, werden die aus dem heissen Wasserbade genommenen Gegenstände zuerst mit der Kratzbürste gestrichen, wodurch sie ein halbgläzendes Ansehen bekommen, und darauf mit dem Polirstahl unter starkem Druck

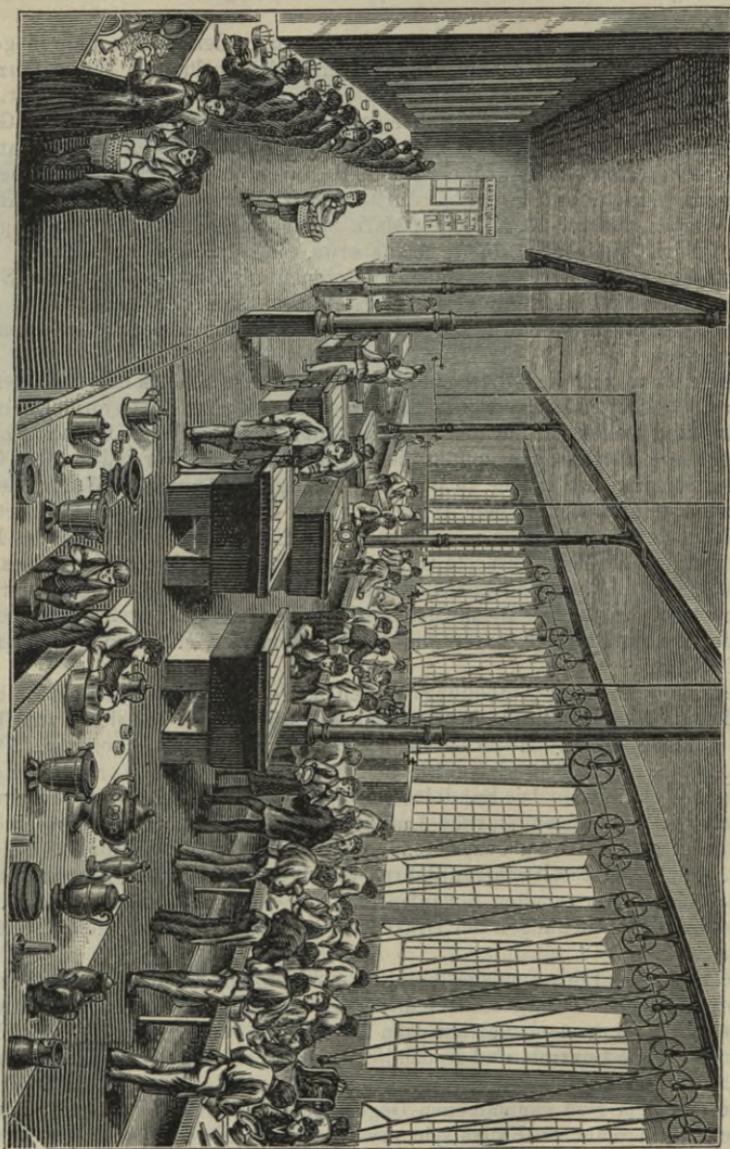


Fig. 137.

geglättet, eine Operation, welche in grösseren Fabriken gewöhnlich von Mädchen vorgenommen wird und nicht geringe Geschicklichkeit erfordert.

Organische Körper hat man mit Silber in gleicher Weise überzogen, wie wir es weiter oben mit Kupfer beschrieben haben. Dieselben werden zuerst in einer alkoholischen Lösung von Silbernitrat gebadet, dann getrocknet und mit Schwefel- und

Phosphorwasserstoff behandelt. Auf diese Weise zu ausgezeichneten Elektrizitätsleitern geworden, werden dieselben in ein gewöhnliches Silberbad gebracht und überziehen sich fast momentan mit einer Metallschichte. Christiania hat der Physik-Gesellschaft in Berlin eine Reihe solcher vorzüglich gelungener Präparate vorgelegt. Ein Maulbeerblatt, ein Apfel, ein Schmetterling, eine Schnecke, ein Kaninchenhirn u. s. w., alle mit einer zarten Silber- (oder Gold-) Haut bedeckt, zeigen in getreuer Copie auch die kleinsten Details ihrer ursprünglichen Formen.

Die Silbergalvanoplastik im engeren Sinne, d. h. die Herstellung mehrerer Silbersachen im galvanischen Bade wird auch, besonders für kleinere Gegenstände vielfach angewendet, bietet aber von den oben bei der Kupfergalvanoplastik beschriebenen Verfahren keine Abweichungen von besonders hervorragendem Interesse.

In Indien hat man für Münz Zwecke eine recht bemerkenswerthe Anwendung gemacht. Es ist bekanntlich trotz aller Sorgfalt beim Herstellen der Legirung, beim Walzen und den nachfolgenden mechanischen Bearbeitungen der Münzblättchen bisher nicht möglich gewesen, das Gewicht der einzelnen Münzen so genau übereinstimmend herzustellen, wie es für den Handel und Verkehr wünschenswerth ist. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, werden die Plättchen genau nach ihrem Gewicht sortirt, und man bringt nun von denselben in ein Silberbad und in Verbindung mit dessen beiden Polen je zwei Rollen, von denen die Stücke der einen das Normalgewicht um eben so viel übersteigt, als die der anderen zu leicht sind und überträgt so den Ueberschuss der ersteren mit Hilfe des galvanischen Stromes direct auf die letzteren wieder.

Die neuerdings für Schmuckgegenstände so beliebt gewordene sogenannte oxydirte Versilberung wird auf galvanischem Wege dargestellt, indem man die schon versilberten und polirten Sachen in eine mit destillirtem Wasser bereitete schwache Lösung von Schwefelammonium so eintaucht, dass sie dem gewöhnlichen Verfahren entgegengesetzt die positive Elektrode bilden. Stellt man nun denselben als negativen Pol eine Platinplatte gegenüber, so erhält der Gegenstand einen sehr schönen, strahlentartig stahlgrauen Ueberzug, welcher oxydirtes Silber genannt wird, in Wahrheit aber aus Schwefelsilber besteht.

Wir kommen nun zur galvanischen Vergoldung, welche etwa gleichzeitig mit der Versilberung zum ersten Male ausgeführt wurde.

Die Bestrebungen, plastische Werke und insbesondere solche aus Metall durch Belegen mit Gold zu veredeln, lassen sich bis in's graue Alterthum zurückversetzen. In Egypten wurden nicht selten die Gesichtsmasken der Mumien reicher Verstorbener vergoldet, kleine Gegenstände aus Holz und Elfenbein, stammend aus egyptischen Grabstätten, zeigen entweder gegenwärtig noch eine sehr schöne Vergoldung, oder lassen doch erkennen, dass sie einstens vergoldet waren. Ob die Egypter die Kunst verstanden haben, Metalle mit Gold zu überziehen in dem Sinne, wie wir heutzutage von Vergolden sprechen, ist nicht sicher. Auch von den Griechen ist nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen, dass sie Metalle mit Metallen zu überkleiden vermochten; dagegen finden sich aus der Römerzeit an vielen Fundorten vergoldete Bronzen. Ebenso verstanden die kunstreichen Völker des Ostens, Metalle mit anderen zu überziehen; dies lässt sich an uralten chinesischen und japanesischen Götzenbildern erkennen, welche aus Metall gefertigt und entweder ganz oder nur zum Theil, und zwar in sehr kunstreicher Weise mit Gold oder Silber überzogen sind. Später wurde besonders in der Blüthezeit des romanischen und gothischen Styls und wieder unter der Herrschaft der Renaissance zur Verschönerung von Kunsterzeugnissen ausgiebiger Gebrauch gemacht von der Vergoldung.

Alle diese Arbeiten aber wurden mit verhältnissmässig geringen, durch die sogenannte kalte und nasse Vergoldung bewirkten Ausnahmen nach der durch die Entwicklung von Quecksilberdämpfen so ausserordentlich gesundheitsgefährlichen Methode der Feuervergoldung hergestellt. Die Erfindung der vollkommen gefahrlosen galvanischen Vergoldung ist daher als eine wahre Wohlthat anzusehen für die Tausende von Arbeitern, welche in früheren Zeiten die Vergoldung unechter Schmucksachen mittelst Quecksilber zu bewerkstelligen hatten. Nur zu viele von ihnen mussten die

Ausübung ihres Berufes, in Folge des unausgesetzten Einathmens der giftigen Quecksilberdämpfe mit einem siechen Körper bezahlen.

Das Vergolden selbst bietet nur wenig von dem Versilbern Verschiedenes und erstreckt sich hauptsächlich auf Schmucksachen aus Messing oder dem kupferreicheren und der Naturfarbe des Goldes ähnlicherem Tombak, seltener aus Kupfer und Silber. Das Goldbad besteht aus einer Lösung von 3 Liter Wasser und 500 Gramm Cyankalium; welchem 10 Gramm Gold, in Königswasser gelöst, zugesetzt wird; doch kann man dasselbe auch galvanisch bereiten, genau so wie es beim Versilbern beschrieben wurde. Erwärmt man das Goldbad auf 50–60° C. und bedient sich eines verhältnissmässig starken Stromes, so zeigt der Niederschlag einen sehr lebhaft hellgelben Glanz. Je schwächer der Strom oder je kälter das Bad angewendet wird, desto mehr geht die Farbe in ein liches Hellgelb über.

Ist die Oberfläche des zu vergoldenden Gegenstandes polirt, so wird der Niederschlag anfangs (wenn er bloss zur äusseren Zierde dienen soll und deshalb nicht dick zu sein braucht) ebenfalls glänzend, wie polirt; ist die Oberfläche aber matt, so fällt auch der Niederschlag in einem schönen Matt aus. Dickere Niederschläge fallen stets matt und selbst misscheinend, gelbbraun bis braun aus, doch kann man mit dem Polirstahl leicht wieder das lebhafteste Hochgelb und den schönsten Glanz hervorrufen.

Decorative Ueberzüge mit grünem und rothem Gold erhält man durch Zusatz von Silber resp. Kupfer zum Goldbade, doch ist es schwierig, die Zusammensetzung so voraus zu bestimmen, dass man die gewünschte Nuance mit Sicherheit erhält. Durch ein pro Liter 5–6 Gramm Gold enthaltendes Bad lässt man einen elektrischen Strom gehen und benutzt als positive Elektrode eine Platte aus reinem Silber. Sobald das am negativen Pol sich niederschlagende Metall die gewünschte grüne Farbe angenommen hat, wird der Strom unterbrochen, die Silber-Elektrode durch eine solche aus grünem Golde ersetzt und nun kann das Bad weiter zum Vergolden verwendet werden. Rotheres Gold erzielt man genau auf dieselbe Weise mit einer Kupfer-Elektrode an Stelle der Silber-Elektrode. Untersucht man die Zusammensetzungen der so erhaltenen Bäder und Niederschläge chemisch, so findet man das überraschende Ergebniss, dass das Verhältniss der Bestandtheile in dem Bade umgekehrt von dem der Bestandtheile im Niederschlag ist. So ist das grüne Stangengold aus zwei Drittel Gold und einem Drittel Silber zusammengesetzt, während das Bad, aus dem es niedergeschlagen wird, nur einen Theil Gold und zwei Theile Silber enthält.

Einem interessanten Verfahren verdanken wir durch ihre gefällige Form und die Schönheit ihrer äusseren Farbe gleich ausgezeichnete Uhrgehäuse, welche man gegenwärtig einschliesslich Uhr selbst überall zu äusserst niedrigen Preisen kaufen kann. Die Masse derselben ist gegossenes Zink und lässt sich leicht und billig anfertigen, wenn die Originalformen einmal vorhanden sind. Dieselben werden nach sorgfältiger Reinigung zunächst im Cyanbad dünn und dann im Kupfervitriolbad stärker verkupfert, wobei sie ein schönes mattes Ansehen erhalten, dann durch eine Quecksilberlösung geführt und in das Goldbad gebracht, wo sie sich mit dem schönen Mattgold überziehen, welches von so hoher Wirkung ist. Der Goldniederschlag braucht durchaus nicht stark zu sein, um auf die Dauer das ursprüngliche Aussehen des Gegenstandes zu erhalten. Ueberfährt man noch einzelne Stellen mit dem Polirstahl, so entstehen durch den Contrast glänzend und matt sehr gefällige Wirkungen.

Im fünfzehnten Jahrhundert erfand man in Florenz die Kunst, Arabesken, feine Metallfiguren etc. auf einen andersfarbigen Metallgrund aufzutragen und nannte diese Art Verzierungen auf Schmuck und anderen Gegenständen Niello. Um auf galvanoplastischem Wege an einzelnen Flächen oder Partien von Kunstgegenständen einen nielloähnlichen Niederschlag zu erzielen, lässt man dieselben in einem sonst das Ganze umschliessenden Ueberzuge von harzigem Deckgrund frei und überzieht dann den Gegenstand auf die schon bekannte Weise galvanoplastisch, z. B. mit Gold, dann deckt man diese Stellen, ganz oder zum Theil, macht andere frei und lässt einen anderen Niederschlag folgen u. s. w. Auf solche Weise kann man einen Kupferniederschlag,

der also hell rosenroth ist, auf Arabesken aus Gold galvanoplastisch auftragen, während andere Arabesken galvanoplastisch versilbert einen weissen Niederschlag bilden und die Schatten mittelst oxydirten Silberniederschlags stahlgrau gefärbt erscheinen.

Um Corviniello, eine von Corvin-Wiesbitzky in Leipzig angegebene und nach ihm genannte Verzinnungsweise von Metallgegenständen auszuführen, wird auf die polirte Rückseite des Modells die Zeichnung oder das Muster tracirt, welches durch einzulegende Stücke von Metall oder verschiedenfarbigem Perlmutter, Jet, Bernstein und vorzugsweise auch florentinischen Mosaik gebildet wird, deren rechte, auf das Modell geklebte Seite in der Regel flach sein muss. Dann wird auf derselben Seite des Modells Metall galvanoplastisch niedergeschlagen, welches die Zwischenräume der Gegenstände polirt und mit so genau und eben eingelegten Verzinnungen versehen, wie es die geschickteste Hand auf andere Weise nicht auszuführen vermöchte. Diese Oberfläche kann nun noch nach Belieben durch Gravirungen, Schwärzen, Versilbern oder Vergolden weiter verziert werden und lassen sich so Teller, Tischplatten, Felder zur Verzierung von Möbeln u. s. w. von ausserordentlich schöner Wirkung zu verhältnissmässig billigen Preisen anfertigen.

Eine andere Art Metalldecorirung, die hochgeschätzten Gold- und Silber-Incrustationen, damascirte Bronze etc., welche meistens aus Japan stammen, lassen sich ebenfalls auf galvanischem Wege nachahmen. Die Zeichnungen, welche später als Incrustation erfolgen soll, wird mit Bleiweiss auf den zu decorirenden Metallgegenstand aufgetragen oder besser in Gouache d. h. mit Leimwasser-Dickfarben, da diese dem Künstler ein besseres Urtheil über den Effect ermöglichen. Die übrige Fläche überzieht man mit schützendem Firniss und bringt dann das ganze als positiven Pol in ein Bad sehr verdünnter Salpetersäure, welches unter der Einwirkung eines galvanischen Stromes den Farbstoff auflöst und dann das Metall an den blossgelegten Stellen galvanisch ätzt. Ist die Zeichnung genügend vertieft, so bringt man den Gegenstand nach sorgfältigem Abspülen, als negative Elektrode in ein sehr schwaches Silber- oder Goldbad. Sind dann die eingätzten Vertiefungen durch Metallniederschlag ausgefüllt, so wird der Firniss entfernt und der Gegenstand polirt oder abgeschliffen, um die Zeichnung scharf hervortreten zu lassen; sodann brünirt man die Metallfläche, wodurch sich die Edelmetalle nicht verändern. Auch kann man noch je nach dem Style der Zeichnung einzelne Partien, besonders zwischen den Silberornamenten, durch Schwefelkupfer schwarz bronziren, so dass Schwarz und Weiss, sonst Gold die Zeichnung bilden und die angenehm braunrothe Kupferoxydfarbe als Grund der Zeichnung dient. Soll ein Gegenstand in mehrmaliger Wiederholung ausgeführt werden, so benutzt man diese Methode zur Herstellung eines Modells und stellt dann mit Hilfe der galvanoplastischen Methoden den Gegenstand mit den vertieften Zeichnungen her.

Das Ueberziehen von Metallen mit Nickel und Kobalt ist als der jüngste Zweig der Galvanoplastik anzusehen. Denn obgleich Böttcher schon 1846 einen darauf hinielenden Vorschlag machte, ist man doch erst vor etwa 12–15 Jahren in Nord-Amerika und erst seit der Philadelphia-Ausstellung 1876 in Europa dazu übergegangen, diesen neuen Gewerbszweig in grossem Maassstabe auszuführen. Seitdem hat sich das Vernickeln aber auch beispiellos rasch Bahn gebrochen und wird jetzt in allen Industriestaaten durch grosse und wohleingerichtete Etablissements betrieben. Denn das Verfahren gestattet mit verhältnissmässig sehr geringen Kosten allen unansehnlichen und minderwerthigen Metallen und Legirungen nicht nur bei weitem schöneres Aussehen zu verleihen, sondern auch alle leicht oxydablen Metalle vor dem Rosten und weichere Metalle vor mechanischer Abnützung zu schützen.

Ueber die beste Zusammensetzung der Nickelbäder ist viel gestritten worden und wird heute noch gestritten, doch dürfte ein neutrales oder nahezu neutrales doppelt schwefelsaures Ammoniakbad einstweilen noch die besten Resultate geben. Man bedarf zum Vernickeln eines sehr starken galvanischen Stromes, und dieser Umstand mag wohl hauptsächlich mit veranlasst haben, dass das Verfahren sich vor Einführung der magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen nicht recht einbürgern wollte. Durch eine

sorgfältig ausgeführte, hinreichend starke und gut polirte Vernickelung verleiht man namentlich dem Schmiedeeisen, Stahl und Gusseisen einen tadellosen und sich lange erhaltenden silberähnlichen Glanz. Die Hauptverwendung finden vernickelte Gegenstände in Wagenfabriken (von der Nabe am Rade der Luxuswagen an bis hinauf zu dem feinsten Wagenschlage) bei allen dem Anlaufen oder Rosten ausgesetzten Maschinentheilen, insbesondere an Feuerspritzen, Pumpen und dergleichen, bei Zimmeröfen und Herden, namentlich den amerikanischen Ofenconstructions, bei Thürschlössern und Beschlägen, Schusswaffen, Werkzeugen aller Art, bei Buchbeschlägen, Schlüsseln, Korkziehern, chirurgischen Instrumenten, Bajonetten, Helmen, Harnischen, Sporen, Geschirrketten der Pferde, und Tischmessern. Auch für Kochgeschirre hat man seit Kurzem dem Vernickeln vor dem Verzinnen den Vorzug gegeben, doch sind die Gelehrten noch nicht darüber einig, ob nicht unter Umständen die Säuren der Speisen mit dem Nickelüberzug gesundheitsgefährdende Verbindungen eingehen können.

Kobaltniederschläge haben ähnliche Eigenschaften wie die Vernickelungen, aber eine etwas röthlichere Färbung; sie werden auch zu denselben Zwecken, aber da sie sich theurer stellen als diese, doch verhältnissmäßig selten angewendet.

Wir haben nun noch flüchtig einige Metallfärbungen zu erwähnen, die im Vorstehenden keinen geeigneten Platz zur Einschaltung fanden. — Schon vor der Entdeckung der Galvanoplastik gelang es Nobili im Jahre 1826 aus einer Lösung von Bleioxyd auf Metallplatten concentrische Ringe in den schönsten Regenbogenfarben niederzuschlagen, welche nach ihm den Namen „Nobilische Farbenringe“ erhalten haben und sowohl der Reibung ziemlich gut Widerstand leisten als auch durch mässiges Erwärmen in überraschender Weise an Lebhaftigkeit und Schönheit gewinnen. Später lernte man diese Erscheinungen, welche aus einem äusserst feinen Anflug von Bleihyperoxyd, einer Verbindung von Blei mit zwei Theilen Sauerstoff, bestehen, auch aus anderen Lösungen auf die positive Elektrode niederschlagen und dieselben in mannigfaltiger Weise zu variiren. Lässt man in einer Bleilösung eine Platinspitze längere Zeit einer Goldplatte gegenüber wirken, so färbt sich die letztere concentrisch fortschreitend allmählig orange, dunkelorange, perlgrau, goldgelb, roth, violett, bläulich-grün, grün-gelb-roth, rothviolett, dunkelgrün und endlich schwarz. Auf Silber erscheint erst grünlich-gelb, dann gelb, roth, blau, grün und schwarz. Auf Platin fallen alle diese Interferenzfarben mehr in's Blaue. Auf Eisen und Stahl behindert das Grau des Metalls die volle Wirkung derselben, Messing lässt sich nur in kleinen Flächen färben, ebenso Rothkupfer, während polirtes Argentan sich wieder besser eignet.

Soll eine Platte durchwegs gleichen Farbenton erhalten, so darf die Platinspitze nicht ruhen, sondern muss immer in gleicher Entfernung von der Platte hin- und hergeführt werden. Längeres Verweilen an einer Stelle ändert den Ton und man kann dadurch die Effecte mannigfach variiren. Die vollendeten Platten werden gleich gewaschen und durch doppelten Ueberzug von Copalfirniss vor dem rostbildenden Einflusse der Luft gesichert. Pfauenaugen-ähnliche, farbige Ringe kann man auf Stahl erzeugen, indem man ihn in eine Lösung von Grünspan in Essig legt und kurze Zeit mit einem Zinkstäbchen berührt. Um die Berührungslinie bilden sich röthliche concentrische Ringe. Erwärmt man nun aber die gut abgetrocknete Platte über einer Spirituslampe, so überzieht erstere sich mit den schönsten Farben, je nach der Temperatur goldgelb, blau, orangeroth, violett und bronzefarbig.

Zu einer dritten Reihe von Anwendungen der Elektrolyse, welche wir unter dem Namen Elektrometallurgie zusammenfassen, hat wohl eine alte bergmännische Kupfergewinnungsmethode die erste Veranlassung gegeben. Bei einer grossen Reihe von Schwefelkupfererzlagernstätten geht in den Gängen und Lagern des erzführenden Gesteins unter dem Einflusse der vom Tage eindringenden Gewässer eine beständige Zersetzung vor sich, als deren Product in den am Fusse des Berges austretenden Gewässern ein mehr oder minder hoher Kupfervitriolgehalt erscheint oder eine Lösung, wie wir sie als Bad bei der Kupfergalvanoplastik kennen gelernt haben. Seit uralten Zeiten nun verstand man schon die Kunst, den Kupfergehalt dieser Gewässer dadurch

nutzbar zu machen, dass man Eisenstücke in dieselbe legte. Durch die grössere Verwandtschaft des Eisens zur Schwefelsäure wurde die Verbindung des letzteren mit dem Kupfer gelöst und dieses als sogenanntes Cementkupfer ausgeschieden.

Auf den Kupferwerken der britischen Insel Anglesia z. B. hebt man heute noch die Cementwässer der Gruben zunächst in ein grosses Bassin, um sie durch Absetzen vom Eisenocker zu klären und leitet sie sodann in die Cementgruben, in welchen sich das zur Zersetzung des Kupfervitrioles bestimmte alte Guss- und Schmiedeeisen befindet. Von Zeit zu Zeit muss das Eisen bewegt werden, damit sich die oxydirte Fläche abscheuere, und in längeren Zeiträumen werden die Bodensätze in den Sumpfen aufgerührt und die trübe Flüssigkeit mit allem Schlamm in Reservoirs geleitet. Der hier abgesetzte, durchschnittlich 30 Percent, seltener bis zu 50 Percent Kupfer enthaltende Schlamm wird dann getrocknet und auf reines Kupfer weiter verarbeitet.

Man hat nun das Verfahren nachgeahmt und wo natürliche Cementwässer fehlen arme Kupfererze durch Rösten resp. Brennen und Auslaugen ihres Kupfergehaltes beraubt. Andererseits hat man aber auch die Fällung des Kupfers durch Elektrolyse an Stelle des Niederschlags mit Eisen bewirkt und ähnliche Verfahren auch auf die Lösungen anderer Kupfersalze und auf Erze anderer Metalle angewendet.

Schon im Jahre 1835 wurde von Becquerel ein Verfahren angegeben, Reinelemente aus Erzen und Lösungen auf elektrolytischem Wege zu gewinnen. Er bildete in den Erzen durch Rösten mit oder ohne Zusatz von Kochsalz, welches bekanntlich aus je einem Theile Natrium und Chlor besteht, lösliche Chlor- und Schwefelsalze, laugte dieselben aus und brachte Platten in die geklärten Laugen, welche aus Zink, Eisen oder Blei in Verbindung mit Kupfer oder ausgeglühter Kohle bestanden. Die Platten des nicht oxydirbaren Metalles oder die nicht metallischen leitenden Substanzen wurden unmittelbar in die eisenhaltige Lösung gebracht, das oxydirbare Metall dagegen kam in poröse Diaphragmen aus Segeltuch oder ungegerbter Thierhaut, welche mit Salzwasser gefüllt waren, in die Erzlösung tauchten und alsdann in metallische Verbindung mit dem ersteren gesetzt wurden, so dass der Strom geschlossen war und die elektrolytische Metallausscheidung begann.

Auf diese Weise wurden in Paris versuchsweise 20,000 Kilogramm verschiedener Erze aus Mexiko, Peru, Chili, Sibirien, Freiburg, Markkirchen und verschiedenen Gegenden Frankreichs zu Gute gebracht. Auch veröffentlichte er den Entwurf zu einer Silberhütte, in welcher 900 Kubikmeter einer chloresilberhaltigen Kochsalzlösung gleichzeitig behandelt und binnen 24 Stunden 5000 Kilogramm Silber gewonnen werden konnten. Becquerel gab dann noch verschiedene andere Methoden an, welche hier und da von einzelnen Werken aufgenommen und zum Theil auch mit gutem Erfolg durchgeführt wurden.

So veröffentlichten im Jahre 1868 die Amerikaner Holf und Pioche im „*Courier de San Francisco*“ ein Verfahren, mittelst dessen sie 80—87 Percent des Metallgehalts von Silbererzen gewinnen zu können behaupteten. Das Erz sollte in feines Mehl verwandelt und mit Lösungen von Chlornatrium und anderen Substanzen, durch welche es zersetzt wird, angewendet werden. Nachdem dann Platten von amalgamirtem Kupfer und zweifelsohne auch Platten von einem oxydirbaren Metall in das teigartige Gemenge eingesenkt, erstere mit dem negativen, letztere mit dem positiven Pol in Verbindung, sollte die Masse in continuirliche Drehbewegung versetzt werden, wobei sich dann dies Silbersalz durch den elektrischen Strom zersetzte.

Patera beschrieb 1867 eine Methode der Cementation von Kupfer aus den natürlichen Cementwässern von Schmöllnitz in Ungarn, welche darin besteht, dass er Zellen aus Thon- oder Tannenholz mit Schmiedeeisenbrocken oder Platten füllt und diese mit der aus Coaksstückchen bestehenden Kathode in Verbindung setzt. Zur Erregung der Thätigkeit an der Anode dient eine mässig starke Kochsalzlösung und das Kupfer setzt sich an den Coaksstückchen ab.

Elkington unterwirft das bekannte Zwischenproduct des gewöhnlichen Kupferhüttenprocesses, die Kupfersteine, einer elektrolytischen Behandlung, indem er sie durch Einwirkung des starken mittelst elektro-magnetischer Maschinen erzeugten Stromes in

einem Kupfervitriolbade als Anode löst und den Kupfergehalt auf die Kathode niederschlägt. Der Silbergehalt des Kupfersteins fällt hierbei zu Boden und wird, sowie wir eben beim Verkupfern von Telegraphendrähten gesehen, auf wohlfeile Weise als Nebenproduct gewonnen.

Keith gewinnt in der Weise Kupfer und Silber aus den Mutterlaugen der Kupfervitriolfabriken, dass er Eisen in verdünnter Eisenvitriollösung als Anode benutzt und schätzt die Gewinnungskosten von 0.5 Kilogramm Kupfer auf 1 Cent., wenn die Tonne Abfalleisen zu 20 Dollars gerechnet wird. Nach späteren Angaben soll sich mit einer zum Betriebe der erforderlichen dynamo-elektrischen Maschine verwendeten Pferdekraft 600—1000 Kilogramm Kupfer in 24 Stunden gewinnen lassen. In ähnlicher Weise sollen auf einer Hütte bei Swansea unter gleichzeitiger Gewinnung des Gold- und Silbergehaltes täglich drei Tonnen Kupfer elektrolytisch gewonnen werden. Morton wendet das Verfahren auf Entsilberung von Blei an und will mit einer dreipferdigen Maschine in 4 Zersetzungsgefässen per Woche 1500 Kilogramm Werkblei zersetzen und unter gleichzeitiger Abscheidung des Silbers als Reinmetall wiedergewinnen: doch soll das gewonnene Blei nicht ganz rein sein, sondern einen gewissen Procentsatz Wismuth enthalten.

Zur Reingewinnung von Zink aus Laugen, welche circa 20—30 Percent Zink enthalten, verwendet man viereckige, circa 1 Meter hohe und breite, 3—4 Meter lange Kasten aus Holz- oder Steinzeug; als Kathoden dienen Zinkbleche oder mit Coaks gefüllte Gitterkasten, als Anoden Gemenge von zinkhaltigen Erzen, Röst- und Hüttenproducten mit Coaks oder auch Coaks allein in entsprechenden Gitterkasten, nachdem unter die Kathoden zur Sammlung des ausgeschiedenen Zinks hölzerne, mit Blei beschwerte Rahmen gesetzt sind, welche unten mit starkem Gewebe oder Flechtwerk überzogen wurden. Hat sich genügend Zink angesammelt, so wird es ausgewaschen und in dünnen Schichten an der Luft getrocknet. Zur Gewinnung des Zinks, direct aus der Zinkblende, dem am häufigsten vorkommenden Zinkzr bedient man sich einer mässig concentrirten, schwachsaure gehaltenen Kochsalzlösung.

Zur Raffination von Rohkupfer, welches höchstens zwei Percent Unreinigkeiten enthält, bedient man sich vielfach der grossen Dynamomaschinen von Siemens & Halske in Berlin, welche bis zu sechs Centner Reinkupfer in 24 Stunden in zwölf hintereinandergeschalteten Bädern liefern können und zu zehn Pferdekraften Kraft verbrauchen. Die Elektroden-Oberfläche in jedem Bade muss circa 30 Quadratmeter betragen, z. B. 30 Platten Rohkupfer von je  $\frac{1}{2}$  Meter Breite und 1 Meter Länge und ebensoviel Reinkupferplatten; grössere Maschinen scheinen sich nicht zu bewähren.

In dem Preussen und Braunschweig gemeinschaftlich gehörenden Communion-Hüttenwerk zu Oker am Harz sind z. Z. solche grosse Maschinen Tag und Nacht in unausgesetztem Betriebe. Das hier gewonnene „elektrolytische“ Kupfer besitzt trotz des anscheinend lockeren Gefüges doch grosse Zähigkeit und Dehnbarkeit. Bei Versuchen, welche jüngst in einem Messingwerke angestellt wurden, hat sich herausgestellt, dass sich die Bleche bei einmaligem Durchziehen durch die Walzen bedeutend stärker längten und weniger schnell Federkraft annehmen als bei der Verwendung irgend einer anderen Kupfersorte. Das hat ein weit weniger häufiges Ausglühen der Bleche und dem gemäss wesentliches Ersparniss an Brennmaterial und Löhnen zur Folge. Noch weit fühlbarer treten die erwähnten Eigenschaften des Kupfers beim weiteren Verarbeiten des Bleches durch Pressen etc. hervor. Man hat z. B. Untersätze von Kirchenleuchtern mit einem Druck ohne alles Hämmern und Ausglühen auf ansehnliche Höhe mit verschiedenen Ausbiegungen gebracht, ein Umstand der neben der grossen Dehnbarkeit für die erwähnte Zähigkeit des Metalls spricht.

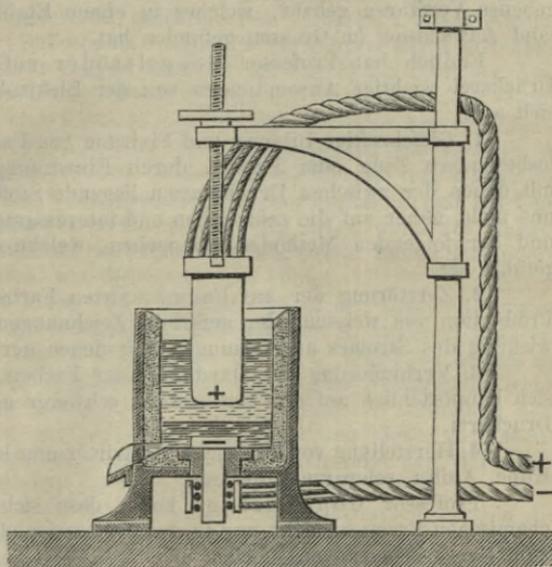
Von seltenen Metallen hat man hauptsächlich Aluminium auf elektrolytischem Wege darzustellen versucht und hierbei vorzügliche Resultate erhalten. Aluminium fand bereits früher trotz seines hohen Preises (125 Mark per Kilogramm) schon vielfache Anwendung bei astronomischen und physikalischen Instrumenten, namentlich zu Wagebalken, dann auch zu Dosen, Löffel, Schmucksachen u. s. w. Es verdankt diese Anwendungen einer Reihe guter Eigenschaften, wie z. B. seiner im Verhältnisse zu

seinem geringen Gewichte ausserordentlich hohen Festigkeit, seiner schönen silberähnlichen Farbe und der Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einwirkungen. Da ferner das Aluminiumerz, die Thonerde, ein in ungeheuren Massen vorkommendes Mineral ist, so hängt die ausgedehnteste Anwendung des Aluminiums sowohl in reinem Zustande als auch in Form von Legirungen nur von dem billigen Erzeugungspreise ab. Und hierin ist man in der That schon sehr weit gekommen. Bei den gegenwärtig bereits fabrikmässig ausgeübten Verfahren stellen sich die Gesteungskosten des Aluminiums nach den Processen von Cowles auf 8.68 Frs. und Héroult auf 8.20 Frs. legirtes Aluminium und zu 10 Frs. per Kilogramm reines Aluminium nach dem Verfahren von Minet. Bei dem letzteren Verfahren dürfte durch Einführung verschiedener Verbesserungen noch eine weitere Verminderung des Preises möglich sein. Man sah auf der elektrischen Ausstellung zu Frankfurt a. M. (1891) in der That schon Fingerhüte, Nadelbüchsen, Streichholzdosen, Trinkbecher, Aschenbecher, Feldflaschen, Schlüssel u. s. w., welche aus diesem Metall gefertigt waren und durch ihr äusserst geringes Gewicht Erstaunen erregten. Ebenso waren aber auch grössere Kunstgegenstände aus Aluminium und aus Aluminiumbronze ausgestellt. Im grössten Maassstabe wurde die Verwendbarkeit des Aluminiums aber durch die Firma Escher, Wyss & Co. in Zürich gezeigt. Diese Firma hat ein Boot gebaut, bei welchem nicht nur die Wände, die Schraube und die Räder, sondern auch das Gehäuse des Motors (eine Naphtamaschine), der Heizraum, Schornstein u. s. w. aus Aluminium hergestellt sind. Das Boot ist 5.5 Meter lang, 1.3 Meter breit, wiegt nur 438 Kilogramm und fasst 8 bis 10 Personen. Infolge seiner Leichtigkeit lässt sich damit die im Verhältnisse zu seiner Grösse namhafte Geschwindigkeit von 11 Kilometer in der Stunde erreichen. Bemerkenswerth ist auch, dass das Gehäuse, welches mittelst Schrauben und Nieten, alles aus Aluminium hergestellt, dem hohen Drucke auf das Beste widersteht.

Die Aluminiumwerke in Neuhausen arbeiten nach dem Héroultprocess und bedienen sich der Wasserkraft des Rheines zum Fabriksbetriebe. Sie liegen bei Laufenu Neuhausen in der Nähe des grossen Wasserfalles bei Schaffhausen. Die Société Anonyme pour l'Industrie d'Aluminium hat daselbst drei grosse Jonvalturbinen zu 600 Pferdekraft und eine mit 300 Pferdekraft im Betriebe, welche mit den Dynamos direct gekuppelt sind. Zwei dieser grossen Dynamos sind für eine normale Leistung von 14000 Ampère und 30 Volt oder 420000 Watt bei ununterbrochenem Tag- und Nachtbetriebe gebaut und die dritte, welche zur Erregung der beiden ersten dient, gibt 3000 Ampère bei 65 Volt oder 195000 Watt.

Der Process, welcher angewendet wird, besteht im Wesentlichen in der Schmelzung der Aluminiumerze und ihrer Zerlegung durch den elektrischen Strom. Fig. 138 zeigt eine Abbildung des Schmelztiegels zur Darstellung des Aluminiums. Der Tiegel steht auf isolirendem Materiale und ist vollständig mit Kohle ausgekleidet. Die negative Elektrode ist am Boden des Tiegels angebracht und besteht aus Metall, während die positive Kohle aus einem Bündel von Kohlenplatten gebildet ist, das von oben nur

Fig. 138.



in den Tiegel eingesenkt wird. Man beschickt den Tiegel zuerst mit einer kleinen Menge Kryolith, welcher leicht schmilzt und dadurch leitend wird. Hierauf beginnt die Elektrolyse und schreitet fort, während man nach Maassgabe dieses Fortschreitens Thonerde in kleinen Mengen einführt. Das geschmolzene Aluminiummetall sammelt sich am Boden an und wird alle 24 Stunden abgelassen.

Von den sonstigen Verwendungen der Elektrolyse erwähnen wir zunächst die nur kürzere, mehrfach in Vorschlag gebrachte Darstellung von kaustischen Alkalien, insbesondere von Soda aus Kochsalz oder Glaubersalz und Pottasche aus Chlorkalium; die so gewonnenen Aetz-Alkalien sollen wesentlich reiner sein, als die nach den bisherigen Fabrikationsmethoden erzielten Producte, doch scheint ihre Anwendung im Grossen noch nirgends durchgeführt zu sein. Dagegen hat man die Elektrolyse in der Sodafabrikation zum Ausscheiden von Eisen, Blei und Arsen auf den Sodawerken von Merle & Co. in Nordamerika mit befriedigendem Resultat benutzt. In der Photographie soll das Ablösen des Collodiums wesentlich erleichtert werden, wenn man die Glasplatten auf elektrolytischem Wege positiv elektrisch macht. Beim Brennebetrieb soll die Elektrolyse zur Entfuselung von Alkohol dienen, und angeblich werden heute schon in einem grösseren französischen Etablissement täglich 4000 Hektoliter Rübenspiritus nach dieser Methode entfuselt.

Besonders interessante Anwendungen hat aber die Elektrolyse auch in der Textilbranche gefunden. Bekanntlich hat Ozon oder activer Sauerstoff in hohem Grade die Eigenschaft, fremde die Pflanzenfaser färbende Substanzen zu oxydiren, während die Fasern selbst vollkommen intact bleiben. Bei der gewöhnlichen Rasenbleicherei erfolgt die Ozonbildung durch Wasserzersetzung infolge der Einwirkung des Lichtes auf das Wasser, während der Wasserstoff mit dem Stickstoff der Atmosphäre zur Bildung salpetriger Säure und Ammoniak Veranlassung gibt. Bei der künstlichen Bleiche würde das Ozon auch bald eine hervorragende Bedeutung gewinnen, wenn man es nur erst billig und in ausreichenden Massen darzustellen versteht. Zuerst hat Ruhmkorff einen Apparat construirt, um dies mit Hilfe seiner Inductionsmaschinen zu bewerkstelligen, wirklich praktische Erfolge aber hat erst ein von Hagen angegebene Verfahren gehabt, welches in einem Etablissement zu Whitechapel in England Anwendung im Grossen gefunden hat.

Endlich hat Professor Goppelsröder auf dem Gebiete der Färberei und Druckerei wichtige Anwendungen von der Elektrolyse gemacht. Dieselben beziehen sich auf:

1. Gleichzeitige Bildung und Fixirung von Farbstoffen auf verschiedenen Fasern, insbesondere Zeug oder Papier, durch Einwirkung der Elektrolyse auf Anilinsalze, mit denen der zwischen Druckplatten liegende Stoff getränkt ist. Der Raum gestattet uns nicht näher auf die zahlreichen und interessanten praktischen Anwendungen dieser und der folgenden Methoden einzugehen, welche der Entdecker empfiehlt oder ausgeführt hat.

2. Zerstörung der auf Fasern fixirten Farbstoffe und dadurch hervorgerufene Production von weissen oder gefärbten Zeichnungen auf Unifond, ebenfalls durch Einwirkung des Stromes auf Lösungen, mit denen der Stoff getränkt ist.

3. Verhinderung der Oxydation der Farben während des Aufdruckes; bezieht sich hauptsächlich auf die Verwendung schwerer und edler Metalle als Farben in der Druckerei.

4. Herstellung von Lösungen reducirter und hydrogenirter Farbstoffe, wie Indigo-Küpe, Anilin, schwarze Küpe etc.

Professor Goppelsröder hofft, dass sich die von ihm entdeckten elektrochemischen Prozesse nicht nur in der Färberei und Druckerei bewähren, sondern auch zum Hervorbringen von Zeichen und zum Schreiben auf grössere Entfernungen hin in der Telegraphie und Telephonie verwenden lassen werden.

## VI.

# Elektrische Telegraphen, Uhren, Telephone.

Von Th. Schwartze.

### Die elektrische Telegraphie.

Der Wunsch, einen raschen Austausch von Gedanken und Mittheilungen in die Ferne bewerkstelligen zu können, ist für den Menschen ein so natürlicher, dass man sich nicht darüber wundern darf, wenn schon sehr frühzeitig Ideen sich regten, die geheimnissvollen Fernwirkungen des Magnetismus und der Elektrizität zu diesem Zwecke zu benutzen.

So sprach schon z. B. Porta in seinem 1553 veröffentlichten Buche „*Magia naturalis*“ den Gedanken aus, dass man die magnetische Kraft zur Telegraphie verwenden könne, und Farnino Strada in einer vom Jahre 1616 datirten Schrift „*Prolusiones Academicæ*“ kommt darauf zurück, indem er von der Möglichkeit spricht, eine Verständigung zwischen zwei von einander entfernten Personen mittelst zweier Magneten herbeizuführen. Galilei in einem zwischen 1621 und 1632 geschriebenen „*Dialogo*“, sowie Nicolas Cabornus von Ferrara in seiner „*Philosophia magnetica*“ erwähnen gleichfalls diese Art des Telegraphirens, geben jedoch einigen Zweifeln an der Möglichkeit der Ausführung Raum. Auch der berühmte Jesuit Pater Kirchner beschreibt in seinem Werke „*Magnes sive de arte magnetica*“ eine Vorrichtung, mittelst der eine Art von Haus-telegraph hergestellt werden soll, indem damit eine Verständigung von Zimmer zu Zimmer möglich sei. Zu dem Zwecke will der Genannte kugelförmige mit Wasser gefüllte Glasgefäße aufstellen, die einen schwimmenden Magnet enthalten und am Umfange mit den Buchstaben des Alphabets versehen sind. Er meint, wenn der Magnet in dem einen Gefäß auf einen bestimmten Buchstaben gestellt werde, müsse der andere Magnet folgen, ohne dabei anzugeben, wie dies geschehen könne.

Noch eine Anzahl derartiger Ideen und Versuche sind in der älteren Literatur hie und da zu finden, jedoch sind die bezüglichen Mittheilungen so unsicher und verworren, dass denselben keinerlei Werth beizumessen ist. Nur soviel ist daraus zu entnehmen, dass der Gedanke an die Möglichkeit einer elektrischen Telegraphie, wenn auch noch in sehr unklarer Weise, schon lange vor der praktischen Erfindung derselben vorhanden war. Bevor aber die praktische Verwirklichung dieses Gedankens stattfinden konnte, mussten noch manche Schritte in der Erkenntniß der Wirkungsweise jener geheimnissvollen Naturkräfte vorwärts gethan werden.

Der Idee, die Reibungselektrizität zum Telegraphiren zu benutzen, gingen die Versuche voraus, diese Elektrizität auf grössere Entfernungen fortzuleiten und ihre Geschwindigkeit zu messen. Zu diesem Zwecke wurde im Jahre 1742 von dem Schottländer Stephen Grey ein 700 Fuss langer Kupferdraht an Seidenfäden in der Luft aufgehängt und im Jahre 1746 wies der Professor Winkler in Leipzig nach, dass man auch ohne Draht die Elektrizität auf grössere Strecken im Wasser fortleiten könne, wobei derselbe den Fluss Pleisse in den Entladungskreis einer Elektrisirmaschine ein-

schaltete. Aehnliche Versuche wurden um dieselbe Zeit von Watson in London, von Franklin in Philadelphia und von De Luc in Genf angestellt.

Zum ersten Mal soll der Gedanke, die Reibungselektricität zum Telegraphiren zu benutzen, von Charles Marshall zu Renfrew in Schottland im Jahre 1753 ausgesprochen worden sein, und zwar wollte derselbe für jeden Buchstaben des Alphabets einen besonderen Leitungsdraht benutzen, wodurch der Apparat sehr complicirt und kostspielig wurde, so dass die Ausführung scheitern musste. Die anderweitige Einrichtung dieses Telegraphirapparates bestand darin, dass jedes Drahtende mit einer Metallkugel versehen war, unter welcher ein mit dem betreffenden Buchstaben des Alphabets beschriebenes Papierblättchen sich befand. Sobald der eine oder andere Draht mit der Elektrisirmaschine in Verbindung gesetzt wurde, zog das auf der entfernten Station befindliche Ende desselben das darunter liegende Papierblättchen an, wodurch alsdann die Zusammensetzung von Wörtern und daraus die Verständigung erreicht werden konnte.

Einen ähnlichen complicirten Apparat construirte 1774 Lesage in Genf, wobei derselbe 24 isolirte Drähte zur Verwendung brachte, von welchen jeder mit einem Elektroskop, bestehend aus einem am Faden pendelnden Hollundermark-Kügelchen oder aus einem schwebenden Goldschaumstreifen in Verbindung stand. Durch die Elektrisirung des Drahtes erfolgte die Bewegung am Elektroskop, und damit die Möglichkeit, aus den einzelnen Buchstaben Wörter zu telegraphiren.

Einen einfacheren elektrostatischen Telegraphen construirte 1777 der Franzose Lomond, indem derselbe einen einzigen Draht zur Verwendung brachte, mit welchem er ein Alphabet übertrug, das auf der Combination einer geringen Anzahl von Elementarzeichen beruhte. Aber auch dieser Apparat erwies sich im Gebrauch als unpraktisch, wahrscheinlich nur deshalb, weil überhaupt die Reibungselektricität nicht dazu geeignet ist, auf weitere Distanzen fortgeleitet zu werden, indem bei ihrer hohen Spannung und geringen Stromstärke die Wirkung aus den Drähten durch das Isolirmaterial hindurch verschwindet.

Im Jahre 1794 trat ein Deutscher, Namens Rausper auf, der einen elektrostatischen Telegraphen durch die Benützung sogenannter Blitzytphen herstellen wollte, wobei auf jeder Tafel ein bestimmter Buchstabe des Alphabets zwischen Stanniolfstreifen gebildet war, und bei der Verbindung der entsprechenden Tafel mit der Elektrisirmaschine durch das Ueberspringen der Funken sichtbar werden sollte. Warum aus dieser Apparat sich als unpraktisch erweisen musste, geht aus dessen complicirter Einrichtung und aus den vorigen Bemerkungen über die geringe Leitungsfähigkeit der Reibungselektricität hervor. Aus demselben Grunde mussten auch die übrigen Versuche mit elektrostatischen Telegraphen von Cavallo, 1795, von Salva, 1796, von Betencourt, 1798, und von Ronalds, die noch im Jahre 1810 angestellt wurden, scheitern.

Unterdessen waren von Luigi Galvani, 1789, die Erscheinungen der Berührungselektricität entdeckt und von Alessandro Volta in der Zeit von 1782 bis 1800 gründlicher erforscht worden, wobei derselbe die Volta'sche Säule oder galvanische Batterie erfand. Es konnte daher bei dem schon rege gewordenen Streben, elektrische Telegraphen herzustellen, gar nicht fehlen, dass man sehr bald den sogenannten Galvanismus als Elektricitätsquelle für den genannten Zweck in Anwendung zu bringen suchte. Sehr eifrig war Samuel Thomas Sömmering in München in den Jahren von 1808 bis 1811 bemüht, einen derartigen, d. i. einen elektro-dynamischen Telegraphen herzustellen; jedoch blieben seine Bestrebungen ohne Erfolg und zwar hauptsächlich deshalb, weil noch das Bindeglied zwischen Elektricität und Magnetismus nicht entdeckt worden war, und daher zu dem für telegraphische Zwecke sehr ungeeigneten Mittel der elektrochemischen Wirkung, auf welcher der Galvanismus in der Hauptsache beruht, gegriffen werden musste. Sömmering telegraphirte demnach mittelst Wasserzersetzung, wobei er wiederum zu der früheren complicirten Anlage von so viel Drähten, als Buchstaben im Alphabet vorhanden, zurückzugehen sich genöthigt sah. Je zwei der 27 Drähte konnten mittelst einer Claviatur mit den Polen einer Batterie verbunden werden, und an der anderen Station ragten die vergoldeten Enden der Drähte in einen Wasser-

behälter, wobei über jedes dieser Drahtenden ein mit Wasser gefülltes Gläschen gestürzt war, von denen jedes einen Buchstaben des Alphabetes zeigte. Wurde nun durch Niederdrücken von zwei Tasten der erwähnten Claviatur der Stromkreis der galvanischen Batterie geschlossen und dadurch der elektrische Strom in die betreffenden beiden Gläschen gesendet, so trat alsbald in denselben durch die erfolgende Wasserzersetzung die Bildung von Gasbläschen ein, wodurch zwei Buchstaben markirt und zugleich als erster und zweiter unterschieden wurden, indem die am negativen Pole stattfindende Ausscheidung von Wasserstoff ein doppelt so grosses Gasvolumen im Gläschen ergibt, als die am positiven Pol stattfindende Ausscheidung von Sauerstoff. Es konnte daher das Gläschen, wo das Wasser am schnellsten herabsank, als der erste und das andere Gläschen als der zweite Buchstabe gelten, wobei eine Verwechslung nicht leicht möglich war. Auch einen Signalapparat oder Wecker hatte Sömmering mit seinem Telegraphen verbunden, um vor Beginn der Mittheilung ein hörbares Zeichen zu geben. Dieser Wecker bestand aus einem wagrechten Hebel, der an dem einen Arme eine in das Wasser getauchte Glocke trug, während auf dem anderen Arme eine metallene Kugel lag. Wurde durch die Strombildung unter der Glocke Gas entwickelt, so stieg diese empor und der andere Hebelarm sank herab, wobei die Kugel niederfiel und das gewünschte Signal gab. Aus alledem geht hervor, dass dieser Telegraphenapparat sehr unpraktisch war und seinem Zwecke durchaus nicht genügen konnte.

Ein neuer praktischer Weg zur Construction der elektrischen Telegraphen wurde durch die Entdeckung des Elektromagnetismus von dem Dänen Oersted im Jahre 1819 eröffnet. Ganz wesentlich unterstützt wurde aber die Herstellung brauchbarer telegraphischer Instrumente durch die gleichzeitig darauffolgende Erfindung des elektrischen Multipliers, welchen 1820 Schweigger in Halle construirte und dadurch es möglich machte, die Stromwirkung auf die Magnetnadel mittelst vielfach um dieselbe herumgelegter Drahtwindungen bedeutend zu verstärken. Aber auch jetzt mit diesen neuen Hilfsmitteln kam man zuerst auf sehr complicirte und deshalb unbrauchbare Apparate.

Nach Ampère's Vorschlag (1820) wurde der Magnet zur Herstellung sogenannter Nadeltelegraphen benutzt. Ritchie construirte demnach im Modell einen Telegraphen, der aus 30 Magnetnadeln für dreissig einzelne Zeichen, und aus doppelt so viel, also 60 Drähten bestand, wobei abwechselnd die beiden Drähte einer Nadel mit der galvanischen Batterie verbunden wurden. Die hierdurch zum Ausschlag gebrachte Nadel schob einen mit ihr verbundenen leichten Schirm zurück, so dass der entsprechende Buchstabe zum Vorschein kam. Etwas später, und zwar wie es scheint, ganz selbstständig, kam Fechner auf die Idee, einen Telegraphen mit 24 Nadeln und 48 Drähten herstellen zu wollen. Die Anzahl der Drähte wurde von Alexander in Edinburg dadurch fast auf die Hälfte herabgemindert, dass derselbe nicht mehr für sämtliche Nadeln zwei Drähte, sondern für alle zusammen nur einen Rückleitungsdraht benutzte. Davy in London kam 1837 darauf, auch die Nadeln selbst auf die Hälfte zu vermindern, indem jede derselben, je nachdem sie nach links oder rechts ausschlug, einen oder den andern der zwei ihr zugehörigen Buchstaben sichtbar machte. Im Jahre 1832 construirte der russische Staatsrath Baron Schilling von Canstadt einen Telegraphen mit nur 5 Nadeln, die horizontal an Seidenfäden aufgehängt waren und von denen jede für zwei Zeichen in Chifferschrift diente, von denen das eine bei der Linksdrehung, das andere bei der Rechtsdrehung der Nadel zum Vorschein kam. Später stellte Schilling einen Telegraphen mit nur einer Nadel her, mit welcher die einzelnen Chiffren oder Buchstaben durch gewisse Combinationen von Nadelbewegungen ausgedrückt wurden. Alles das war sehr umständlich.

Erst 1837 gelang es den berühmten Physikern Gauss und Weber in Göttingen, den Nadeltelegraphen nach einfacheren Principien herzustellen, der durch eine 900 Meter lange im Freien ausgespannte Drahtleitung zur Wirkung gebracht wurde. Auf Veranlassung des Genannten ging der Professor Carl August Steinheil in München mit weiteren Versuchen vor und stellte 1837 zwischen München und der Sternwarte in

Bogenhausen eine ungefähr 5500 Meter lange Telegraphenleitung mittelst zwei Drähten zur Hin- und Herleitung des elektrischen Stromes her. Erst bei einer späteren ähnlichen Anlage machte derselbe die hochwichtige Entdeckung, dass die Rückleitung des Stromes durch die Erde erfolgen könne, wodurch ein Draht entbehrlich wurde.

Der ursprünglich von Steinheil benutzte Nadeltelegraph bestand aus einem sogenannten Gauss'schen Magnetometer, d. h. aus einem an einem Faden aufgehängten schweren Magnetstabe, der in einem mit isolirtem Drahte vielfach umwundenen Rahmen schwebt. Ueber dem Stabe ist an dessen Drehaxe ein Spiegel angebracht, welcher durch ein Fernrohr beobachtet werden kann und der bei den Schwankungen des Stabes in das Fernrohr Lichtstrahlen reflectirt, so dass schon ein geringer Ausschlag des Magnetstabes sichtbar wird. Die Einrichtung ist ferner so getroffen, dass durch den elektrischen Strom beliebige kurze Ablenkungen des Stabes nach rechts oder links hervorzubringen sind, durch deren Combination die Buchstaben des Alphabets oder auch Zahlen bezeichnet werden, wobei man für 30 Zeichen (20 Buchstaben und 10 Zahlen) mit Combination bis zu vier Stabzuckungen auskommt.

Einige Jahre später gelang es Steinheil, den Nadeltelegraphen in einen elektromagnetischen Drucktelegraphen umzuwandeln.

In derselben Zeit wurde auch in England von Wheastone und Cooke eifrigst an der Herstellung elektrischer Telegraphen gearbeitet; jedoch waren die bezüglichlichen Constructionen immer noch weit complicirter als der von Gauss und Weber benutzte Apparat, denn der von den beiden genannten Engländern gemeinschaftlich hergestellte und ihnen patentirte Apparat bestand aus 5 Nadeln und ebensoviel Drähten. Auch in Frankreich wurden bezügliche Experimente gemacht, ohne dass dabei aber vorläufig etwas Besonderes erreicht wurde. Dagegen bahnte in Amerika der Historienmaler Professor Samuel Finley Breese Morse eine neue Aera des elektrischen Telegraphenwesens an, indem er mit einem eigenthümlich construirten einfachen Schriftelegraphen hervortrat, in welchem der von einem Elektro-Magnet vertical auf und nieder bewegte Anker auf einem vor ihm vorüberbewegten Papierstreifen eine gerade oder zickzackförmige Linie zog, deren Zeichen nach ihrer Zahl die Buchstaben angeben, aus denen die telegraphirten Wörter sich zusammensetzten. Dieser Telegraph wurde später verbessert und ist der heutzutage auf allen Telegraphenlinien benutzte Morse-Apparat.

Im Jahre 1837 wurde von Wheastone und Morse's Gehülfen, dem Amerikaner Vail, gleichzeitig der erste Typendruck-Telegraph erfunden und elf Jahre später trat endlich auch der Copirtelegraph hervor, dessen Erfinder der Engländer Bakewell ist.

Wie schon bemerkt wurde, sind die Nadeltelegraphen die ältesten elektrischen Telegraphen-Instrumente; dieselben sind gegenwärtig fast nur noch wegen ihrer leichten Beweglichkeit durch sehr schwache Ströme als sogenannte Spiegelgalvanometer für die unterseeische Telegraphie im Gebrauche, bei welcher man nur ganz schwache Ströme zur Verwendung bringen kann.

Bei der Einrichtung der Nadeltelegraphen kommt die merkwürdige Einwirkung des durch eine Drahtleitung gesendeten elektrischen Stromes auf eine Magnetnadel zur Geltung. Bekanntlich stellt sich eine sich selbst überlassene Magnetnadel ungefähr in der Richtung von Süd nach Nord ein. Wird aber parallel zur Nadelrichtung über oder unter der Nadel ein elektrischer Strom hinweggeführt, so wird die Nadel aus ihrer Südnordrichtung sofort abgelenkt und sie bildet mit der Richtung des Stromes einen um so grösseren Winkel, je stärker der Strom ist.\*) Die ablenkende Kraft, welche ein von einem Strome durchflossener Leitungsdraht auf die Magnetnadel ausübt, kann dadurch beliebig verstärkt werden, dass man den Leitungsdraht in mehr und mehr Windungen um die Nadel herumführt. Man erhält auf diese Art ein sogenanntes Galvanometer, welches als die einfachste und zweckmässigste Form eines Nadeltelegraphen zu betrachten ist. Um die Nadel eines solchen Galvanometers von der Wirkung des Erdmagnetismus unabhängig zu machen, so dass man nicht mehr nöthig hat, die Richtung von Süd nach Nord in Obacht zu nehmen, wird dazu eine

\*) Vergl. S. 22.

sogenannte astatische Nadel verwendet, welche dadurch hergestellt wird, dass man zwei ganz gleiche Magnetnadeln derartig mit einander verbindet, dass ihre Pole in entgegengesetzten Richtungen übereinander stehen, so dass also über dem Südpol der einen Nadel der Nordpol der andern sich befindet und umgekehrt; diese Verbindung zweier Magnetnadeln zu einer astatischen Nadel erfolgt gewöhnlich so, dass man beide in geringerem Abstände von einander auf einer kleinen Messingachse befestigt, worauf man die combinirte Nadel mittelst dieser Achse an einem Coconfaden aufhängt oder auf einer Spitze spielen lässt oder wohl auch die Achse horizontal in geeigneter Weise einlagert, um eine in der Verticalebene spielende Nadel anstatt einer horizontal drehbaren zu erhalten. Einer der ältesten Nadeltelegraphen, nämlich der von Wheatstone und Cooke, war auf diese Weise eingerichtet. Um einen Begriff von der Einrichtung solcher Nadeltelegraphen zu geben, fügen wir in Fig. 139 die Abbildung einer einfachen Form des Galvanometers bei und erinnern auch noch an die Abbildung eines derartigen Instrumentes auf Seite 23 (Fig. 16).

In Fig. 139, wo ein verticales Galvanometer dargestellt ist, spielt die Magnetnadel  $n's'$  innerhalb zweier Drahtrollen  $R R$ , während im horizontalen Galvanometer, Fig. 16, die Nadel innerhalb einer Drahtrolle sich befindet. Da bei dem Vertical-Galvanometer, Fig. 139, die Nadel in den Drahtrollen versteckt ist, so ist mit derselben ein ausserhalb der Drahtrollen befindlicher Zeiger  $Z Z$  verbunden, der sich bei der Drehung der Nadel vor einer Scala bewegt.

Mit einem derartigen Instrument ist leicht eine Verständigung zwischen zwei entfernten Personen zu erzielen, wenn man sich zuvor über die Bedeutung der auszuführenden Nadelbewegungen verständigt hat. Wie schon bemerkt wurde, findet das Galvanometer wegen seiner grossen Empfindlichkeit heutigen Tages noch für unterseeische Telegraphie Verwendung, obschon es ausserdem vielfach für wissenschaftliche und elektrotechnische Zwecke, besonders zur Untersuchung von elektrischen Leitungen benutzt wird. Auf welche Weise das Telegraphiren mit einem solchen Instrumente ausgeführt wird, ist schon bei Besprechung des Gauss'schen Magnetometers erwähnt worden. Des besseren Verständnisses halber wollen wir jedoch etwas näher auf die Wirkungsweise dieses für die Untersee-telegraphie so wichtigen Instrumentes eingehen, welches als Marine-Galvanometer, Spiegel- oder Reflexions-Galvanometer bezeichnet wird. Zuvor ist jedoch noch das Verfahren der Beobachtung kleiner Ausschlagwinkel einer Magnetnadel zu besprechen, welches bei der Benutzung dieses Instrumentes Anwendung findet.

Das hierbei befolgte Verfahren beruht auf der Anwendung des Spiegelgesetzes und die dabei zu Grunde liegende Idee ist die folgende:

In der Drehungsachse einer horizontal drehbaren Magnetnadel ist ein kleiner Spiegel befestigt, dessen Fläche in der Drehachse liegt und demnach senkrecht auf der Drehungsebene steht. Fig. 140 stellt den Horizontaldurchschnitt dieser Vorrichtung

Fig. 139.

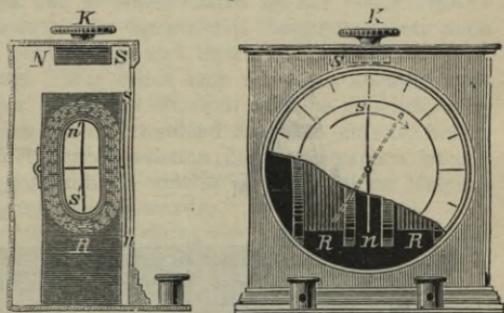
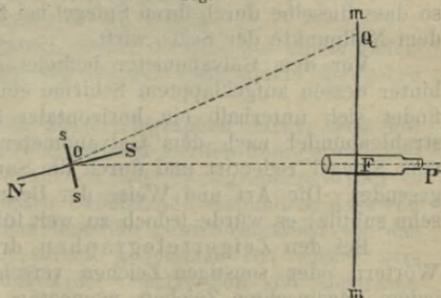


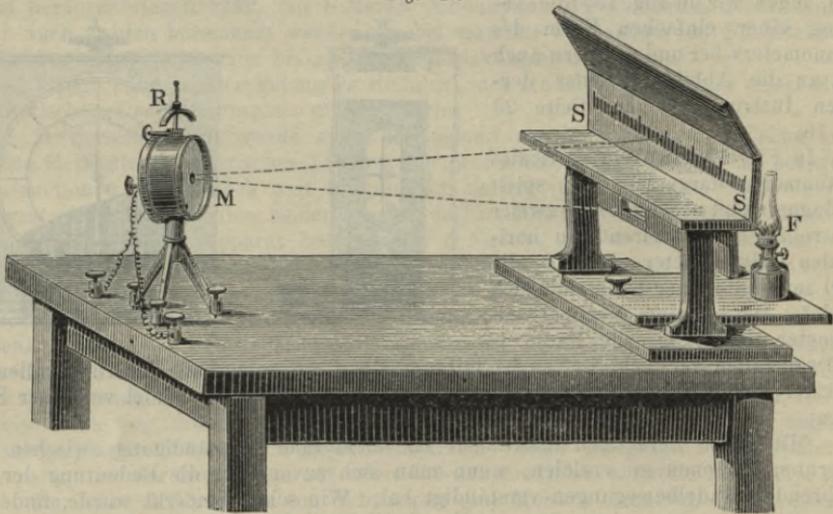
Fig. 140.



dar, wobei also die Drehachse  $O$  senkrecht auf der Ebene des Papiers steht und die sich drehende Nadel  $NS$  selbst in der Ebene des Papiers liegt. Das in der Drehachse liegende Spiegelchen  $s$  erhält den Lichtstrahl in der Richtung  $OP$  zugesendet und reflectirt denselben in der Richtung  $OQ$ , wobei nach dem Spiegelungsgesetz der Winkel  $SOP = \text{Winkel } SOQ$  ist. Bei  $F$  ist ein Fernrohr angebracht, dessen Achse die Mitte des Spiegels  $s$  trifft, während sich unterhalb des Fernrohrs ein Maassstab oder eine Scala mit seiner Theilung befindet. Fällt nun ein Lichtstrahl in der Richtung  $PO$  auf den Spiegel, so reflectirt der letztere diesen Strahl auf den Maassstab und es kann daher der Drehungswinkel der Magnetnadel leicht erkannt werden.

Fig. 141 stellt das von William Thomson als Sprechapparat für Unterseekabel construirte Reflexions-Galvanometer dar. Das dabei verwendete drehbare Magnet-

Fig. 141.



stäbchen ist etwa 12 Millimeter lang, 2,5 Millimeter breit und ebenso dick; dasselbe ist mit seinem Spiegel zwischen zwei Drahtrollen an einem Coconfaden innerhalb eines Gehäuses  $A$  aufgehängt und dicht darüber befindet sich eine kleine Sammellinse. Der Faden, woran das Magnetstäbchen hängt, geht in einem Rohr empor, woran ein bügelförmiger Magnet sitzt, der mittelst einer Mikrometerschraube beliebig eingestellt werden kann, so dass derselbe eine gewünschte Wirkung auf die Magnetenadel ausübt, so dass dieselbe durch ihren Spiegel bei ihrer Ruhelage den reflectirten Lichtstrahl nach dem Nullpunkte der Scala wirft.

Vor dem Galvanometer befindet sich ein kleines tischartiges Holzgestell  $SS$ , hinter dessen aufgeklapptem Schirme eine Lampe angebracht ist. In dem Gestell befindet sich unterhalb ein horizontaler Spalt, durch welchen die Lampe ein Lichtstrahlenbündel nach dem Galvanometerspiegel sendet. Dieses Strahlenbündel wird vom Spiegel reflectirt und durch die Sammellinse als Parallelstrahlen nach der Scala gesendet. Die Art und Weise der Benutzung dieses Telegraphen-Apparates ist eine sehr subtile; es würde jedoch zu weit führen, hier näher auf dieselbe einzugehen.

Bei den Zeigertelegraphen dreht sich vor einer mit Buchstaben, Ziffern, Wörtern oder sonstigen Zeichen versehenen Scheibe ein Zeiger, wobei derselbe vor jedem gewünschten Zeichen momentan zur Ruhe kommt. Bei manchem Zeigertelegraphen dreht sich umgekehrt die Scheibe hinter einem Schirme, worin sich eine Oeffnung befindet, durch welche das betreffende eingestellte Zeichen sichtbar wird. Die Zeigertelegraphen sind entweder mit einem Uhrwerke verbunden, durch welches der Zeiger oder die Scheibe in continuirliche Drehung versetzt wird, so dass dem

elektrischen Strome nur die Aufgabe zufällt, mittelst elektro-magnetischer Wirkung die Bewegung im geeigneten Moment aufzuhalten, oder die Bewegung wird ohne Benutzung eines Triebwerkes rein elektrisch, gewöhnlich durch wiederholte Anziehung eines Magnetankers ausgeführt.

Die Benutzung des Zeigertelegraphen ist sehr bequem und erfordert keine besondere Uebung, weshalb dieselben sich für Gasthäuser, Fabriken und ähnliche Localitäten gut eignen. Für den allgemeinen Telegraphenbetrieb arbeiten sie aber zu langsam, und da sie keine bleibenden Zeichen geben, so können bei deren Benutzung leicht Irrthümer entstehen. Zu deren Betrieb werden theils galvanische, theils magnet-elektrische Ströme verwendet, wobei man im letzteren Falle besondere Magnetinductoren benutzt.

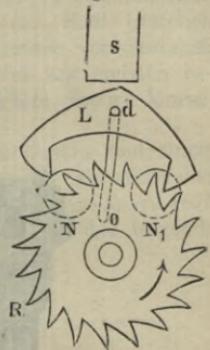
Es sind eine ziemliche Anzahl verschiedener Constructionen von Zeigertelegraphen bekannt. Einer der verbreitetsten und vollkommensten ist der von Siemens & Halske in Berlin. Derselbe enthält ausser dem eigentlichen Zeiger-Apparate noch einen Wecker, welcher selbstthätig die Schliessung und Unterbrechung des Stromes besorgt und eine Glocke zum Tönen bringt. Wir sehen hier von einer ausführlichen Beschreibung dieses sinnreich construirten Apparates ab, weil dieselbe ziemlich weit-schweifig und für den nicht fachmännischen Leser ermüdend ausfallen müsste, indem der Apparat ziemlich complicirt ist. Einer der einfachsten Zeigertelegraphen ist der seinerzeit von C. Stöhrer in Leipzig construirte, welcher mittelst eines Magnet-inductors durch Wechselströme in Bewegung gesetzt wurde.

Die Umdrehung der Inductionsmaschine wurde durch ein Uhrwerk mittelst eines aufgezogenen schweren Gewichtes bewirkt, sobald der Apparat durch Herausziehen eines Schiebers freigelassen wurde, wobei die Regulirung der Geschwindigkeit durch einen Centrifugal-Regulator erfolgte. Bei jeder Umdrehung lieferte die Inductionsmaschine zwei entgegengesetzt gerichtete Ströme, welche bei jeder halben Umdrehung in einem Elektro-Magnete einen Polwechsel herstellen. In Fig. 142 sind die Pole  $N N_1$  des Elektro-Magnets durch punktirte Kreise dargestellt und vor denselben befindet sich die Hemmung  $L$  des Sperrrades, mit dessen Drehachse  $d$  ein eisernes Plättchen  $o$  verbunden ist, welches zwischen die Pole  $N N$  des Elektro-Magnets herabhängt und von dem Pole  $S$  eines darüber befindlichen Magnetstabes polarisirt wird. Da nun die Pole  $N N_1$  des Elektro-Magnets bei jeder halben Umdrehung der Inductionsmaschine ihre Polarität wechseln, so wird das Plättchen  $o$  durch die abwechselnde Anziehung und Abstossung, welche es durch diesen Polwechsel erfährt, mit der Hemmung  $L$  zusammen in eine pendelnde Bewegung versetzt und dadurch das Sperrrad oder Steigrad  $R$  zu einer ruckweise vor sich gehenden Umdrehung gebracht. Mit der Welle dieses Rades ist ein Zeiger verbunden, welcher an der Umdrehung theilnimmt, wobei derselbe auf einem Ziffer-plate sich von Zeichen zu Zeichen weiterbewegt und dadurch Telegramme abzugeben vermag.

Eine grosse Annehmlichkeit liegt bei den Zeigertelegraphen darin, dass mit denselben die Telegramme in gewöhnlicher Schrift abgegeben werden können und dass sie sich leichter bedienen lassen, als die gewöhnlichen Schreibtelegraphen. Aber es ist die Benutzung dieser Apparate mit dem grossen Uebelstande verbunden, dass von dem Telegramme keine Spur zurückbleibt, indem dasselbe gewissermaassen wie das gesprochene Wort sofort, nachdem es zum Ausdruck gekommen ist, wieder verschwindet. Diesem Uebelstande suchte man durch die Construction von Apparaten zu begegnen, welche die Telegramme in gewöhnlicher Schrift, verständlich für Jedermann, der des Lesens kundig, zum Abdruck brachten. So entstanden die Typendruck-Telegraphen, welche sich chronologisch an die Zeigertelegraphen anreihen.

Der erste Typendruck-Telegraph wurde von dem Amerikaner Alfred Vail im Jahre 1837 erfunden. Im Jahre 1841 liess sich Wheastone einen solchen Apparat

Fig. 142.

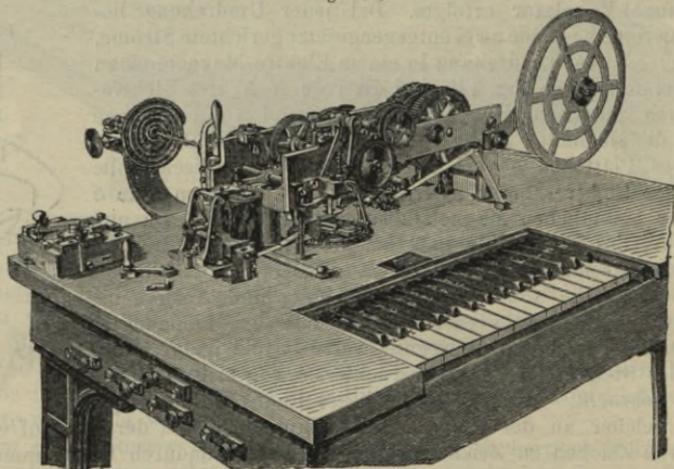


patentiren, zu dessen Betrieb aber zwei oder drei Leitungsdrähte nöthig waren. Zu derselben Zeit wurde auch ein Typendrucker von Alexander Bains in England erfunden. In Deutschland wurde ein Typendrucker von Fordeley in Mannheim aus einem von demselben früher erfundenen Zeigertelegraphen hergestellt und 1844 auf der Taunusbahn in Anwendung gebracht. Seit dieser Zeit sind eine grosse Zahl solcher Apparate verschiedenartigster Construction in Amerika, England, Frankreich und Deutschland erfunden worden; wegen des schwerfälligen, unsicheren Arbeitens derselben fand aber keiner eine bleibende Verwendung im praktischen Telegraphendienste. Erst 1868 gelang es dem Amerikaner Hughes einen Typendrucker herzustellen, welcher mit Sicherheit in der Minute 150 Buchstaben oder 25 Wörter reproduciren liess, so dass von da an dieser Apparat im telegraphischen Weltverkehr eine immer verbreitete Verwendung finden konnte.

Bei allen Typendruck-Telegraphen befinden sich die Typen auf dem Umfange eines Rades, des sogenannten Typenrades; ferner ist ein Farbe-Apparat vorhanden, um die Typen regelmässig mit der nöthigen Druckfarbe zu versehen und ausserdem gehört dazu noch eine Vorrichtung, mittelst welcher ein von einer Rolle ablaufender Papierstreifen im geeigneten Moment gegen die Typen gepresst und somit deren Abdruck bewirkt wird. Dieser Druck erfolgt durch den beweglichen Anker eines Elektromagnets.

Eine ausführliche Beschreibung des äusserst sinnreichen, aber auch sehr complicirten Apparates würde hier zu weit führen und für den Leser ermüdend sein. Um aber im Allgemeinen einen Begriff von seiner Einrichtung und Form zu geben, fügen wir in Fig. 143 dessen Abbildung bei. Man sieht die Claviatur und das in den

Fig. 143.



Tisch einglassene horizontale radförmige Stiftsgehäuse, aus dessen radicalen Schlitzten die durch das Niederdrücken der Tasten emporgehobenen Stifte treten, von denen jeder einem bestimmten Buchstaben des Alphabets oder einer Ziffer entspricht und durch deren Hervortreten der elektrische Strom momentan hergestellt und der ablaufende Papierstreifen gegen die betreffende Stelle des Typenrades gepresst wird, um den Abdruck aufzunehmen.

Die grösste Schwierigkeit in der Construction des Typendruck-Telegraphen lag in der Herstellung des gleichmässigen Ganges der auf den correspondirenden beiden Stationen befindlichen, sehr rasch laufenden Typenräder. Diese Gleichmässigkeit ist aber für die Sicherheit des Depeschirens Hauptbedingung, damit der stets an derselben Stelle des rotirenden Typenrades momentan angedrückte Papierstreifen mit dem richtigen Buchstaben bedruckt wird.

Bei dem Hughes'schen Apparate ist dies der Fall und es wird der dazu nothwendige gleichmässige Gang durch eine Art Centrifugalpendel vermittelt, welches regulirend auf das aus vier Rädern und vier Getrieben mit vielfacher Uebersetzung arbeitende Räderwerk mittelst einer Bremse einwirkt. Durch die Einstellung der Pendelkugel ist man im Stande, die Geschwindigkeit des durch ein schweres Gewicht betriebenen Laufwerkes und des damit verbundenen Typenrades auf das Genaueste zu reguliren.

Der Zeichengeber hat als Hauptbestandtheil eine aus 14 weissen und 14 schwarzen Tasten bestehende Claviatur. Von einer eingehenden Beschreibung des ausserordentlich künstlich zusammengesetzten Apparates sehen wir ab. Nur Folgendes wollen wir noch bemerken: Mit dem Hughes'schen Typendrucker kann man bei 110 Umdrehungen des Typenrades per Minute mit Sicherheit bis auf 100 Meilen Distance telegraphiren, die Bedienung erfordert aber grosse Aufmerksamkeit, viel Gewandtheit und Uebung, um keine Gelegenheit zu versäumen, zwei oder mehrere Buchstaben in einem Umgange des Druckrades abzutelegraphiren; zu den meisten Worten ist eine grössere Anzahl von Umgängen nöthig. So erfordert z. B. das Wort „Telegraphie“ acht Umläufe. Mit jeder Versäumniss bei der Bedienung wird ein Umgang verloren. Aus alledem geht hervor, dass die Benutzung des Typendruck-Telegraphen bedeutende Schwierigkeiten bietet.

Die elektro-magnetischen Schreibtelegraphen haben mit dem Typendrucker den Vorzug vor den Nadel- und Zeigertelegraphen voraus, dass sie das Telegramm als ein Schriftstück liefern, welches zum bleibenden Nachweis für die telegraphirte Mittheilung dienen kann. Die Schriftzeichen, mit denen die Schreibtelegraphen das Telegramm wiedergeben, bestehen zum Theil aus mehrfachen Zickzackzügen, wie dies bereits bei Erwähnung des ersten Morse'schen Schreibapparates gesagt wurde und wie solche auch von neueren Apparaten dieser Art, wie Thomson's Heberschreibapparat und Siemens'schen sogenannten Russchreiber, geliefert werden, theils bestehen dieselben aus zweizeiligen Punktgruppierungen, wie dies bei dem ersten von Steinheil erfundenen Schreibtelegraphen der Fall war, theils aus der jetzt am meisten benutzten einzeiligen Strichpunktschrift, wie solche der weitverbreitete neuere Morse-Apparat liefert.

Bei dieser sogenannten Morseschrift werden die aus einem Striche und einem Punkte bestehenden Elementarzeichen von einfacher Wiedergabe bis zu vierfacher Gruppierung benutzt, um die Buchstaben des Alphabets darzustellen. Die im Jahre 1875 zu Petersburg abgehaltene internationale Telegraphen-Conferenz nahm das folgende Alphabet als allgemein gültig an:

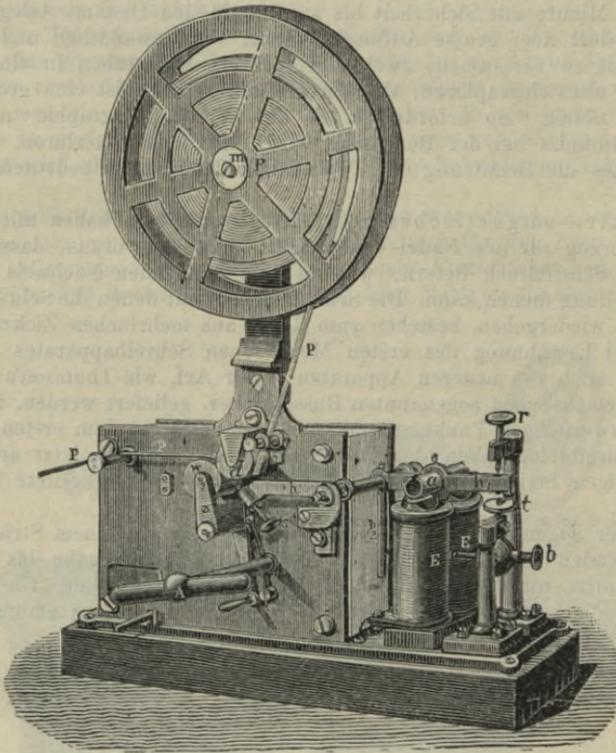
a	ä	á oder â	b	c	d	e	é	f
g	h	i	j	k	l	m	n	ñ
o	ö	p	q	r	s	t	u	ü
v	w	x	y	z	ch			

Neben den modernen noch vorhandenen Schreibtelegraphen besitzt der Morse-Telegraph die Vorzüge der Einfachheit, der Sicherheit und Schnelligkeit, indem bis 100 Buchstaben in der Minute damit abgegeben werden können. Ueberhaupt besitzt derselbe alle Eigenschaften, welche man von einem brauchbaren Telegraphen erfordern kann.

Der Morse'sche sogenannte Stiftschreiber ist in Fig. 144 in der Gesamtansicht und in Fig. 145 in detail abgebildet. *E* ist der zweischenkelige Elektromagnet, dessen beide Eisenkerne durch eine ihm als Basis dienende Eisenplatte verbunden sind, und dessen Drahtrollen mit der telegraphischen Leitung in Verbindung stehen. Der über den Magnetpolen befindliche cylindrische hohle Anker *a* ist am Hebel  $h_1$  *h* befestigt;

dieser Hebel dreht sich sehr leicht zwischen Stahlspitzen. Sobald ein elektrischer Strom durch die Drahtwindungen des Elektro-Magnetes gesendet wird, zieht derselbe den Anker *a* an, so dass die am Hebelarme *h* sich befindliche Stahlspitze *s*, welche als Schreibstift dient, gleichzeitig nach oben gegen die Rolle *d* schlägt, unter welcher der Papierstreifen *P* mittelst der zweiten Rolle *w* hinweggezogen wird, wobei sich der Streifen allmählig von der oberhalb angebrachten Papierrolle *m* abzieht. Das Abziehen des Papierstreifens erfolgt in langsamer, stetiger Bewegung mittelst eines durch Gewicht oder Feder betriebenen Uhrwerkes, welches durch den Schlüssel *A* aufgezogen werden kann. Der Hebel *h*<sub>1</sub> *h* hat noch einen dritten, nach unten gehenden Arm *h*<sub>2</sub>,

Fig. 144.



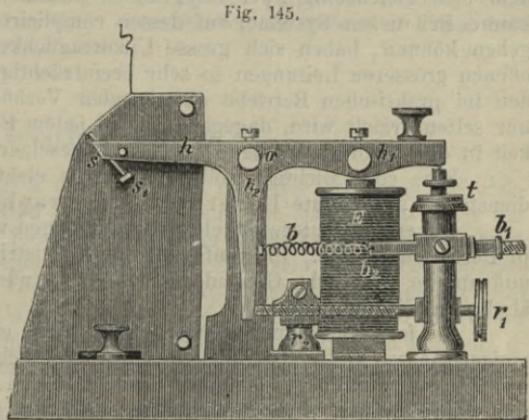
welcher an der Spiralfeder *b* befestigt ist, die mittelst der Schraube *b*<sub>1</sub> gespannt werden kann, so dass dieselbe den mit dem Anker *a* armirten Hebelarm sofort wieder hebt, sobald der elektrische Strom nicht mehr auf den Magnet wirkt. Die Bewegungen des Hebels werden durch die Schrauben *r* und *t* (Fig. 145) oder auch durch die Schrauben *r*<sub>1</sub> und *t* begrenzt.

Wenn nicht telegraphirt wird, steht das Räderwerk still, sobald aber durch das Niederziehen des Ankers *a* sowie Aufschlagen des Schreibhebels *hh*<sub>1</sub> auf die Schraube *t* der Beginn des Telegraphirens angezeigt wird, lässt der Telegraphist den Windflügel des Uhrwerkes mittelst eines Handgriffes frei und der Apparat beginnt seine Thätigkeit.

Ein wichtiger Apparat für den Betrieb der telegraphischen Instrumente ist das Relais, zu deutsch der Uebertragungsapparat; wir wollen die Bedeutung dieses Apparates und dessen Wirkungsweise kurz besprechen. Bei der Beschreibung des Morse'schen Stiftschreibers war angenommen worden, dass der von der entfernten Station kommende elektrische Strom direct in die Drahtwindungen des unter dem

Schreibhebel befindlichen Elektro-Magnetes geführt werde, und dadurch die Anziehung des Schreibhebels veranlasse. Nun wird aber der elektrische Strom bei dem Durchgange durch lange Telegraphenleitungen so sehr geschwächt, dass derselbe nicht mehr stark genug auf den Elektro-Magneten zu wirken vermag, wodurch das Zeichengeben unsicher wird. Um diesem Uebelstande abzuweichen, wurde das Relais construirt, und zwar wurde dasselbe bereits von Cooke und Wheatstone für den Wecker-Apparat am Nadeltelegraphen benutzt.

Das Relais besteht ebenfalls aus einem Elektro-Magnet und einem darüber befindlichen Ankerhebel, ganz so wie bei dem Morse'schen Druck- oder Schreibapparat (Fig. 145). Sobald der von der entfernten Station kommende Strom in den Elektro-Magnet des Relais eintritt, wird dessen Hebel vom Magnet angezogen und dadurch eine auf derselben Station befindliche sogenannte Localbatterie geschlossen, welche nunmehr ihren ungeschwächten Strom in den Telegraphenapparat sendet. Zum Unterschied von der Localbatterie wird diejenige Batterie, welche ihren Strom durch die Leitung nach der entfernten Station sendet, und welche daher zur Bewegung der Relais dient, als Linien- oder Telegraphirbatterie bezeichnet. Durch die Benützung der Relais wird bewirkt, dass man mit schwächeren und daher auch weniger kostspieligen Linienbatterien auskommt und eine sichere Arbeit der Apparate herbeiführt.



Interessant, wenn auch für den praktischen Telegraphenbetrieb im Grossen ungeeignet, sind die Copirtelegraphen, mittelst welcher auf elektrisch-chemischem Wege Zeichnungen, Karten, Pläne, Copien von Handschriften u. s. w. telegraphisch befördert werden können.

Der erste Copirtelegraph wurde 1848 von dem Engländer Frederic Collier Bakewell erfunden; einen verbesserten Apparat dieser Art construirte 1850 der Engländer Bain und weitere modificirte Apparate wurden von Mathias Hipp in Reutlingen, Caselli in Florenz, Davy, Conelli u. A. hergestellt.

Bain liess bei seinem Copirtelegraphen zwei gleichgrosse Metallcylinder mit genau gleicher Geschwindigkeit rotiren, während ein Metallstift langsam auf dem Cylinder gleichmässig vorrückt und somit bei dessen gleichzeitiger Rotation auf dessen Umfange eine enge Spirallinie beschreibt. Auf dem Cylinder der gebenden, d. h. der die Depesche absendenden Station befindet sich die mit Harzfirnis auf Zinnfolie oder Goldpapier geschriebene Depesche und auf der empfangenden Station ein auf chemische Weise präparirtes Papier auf der Metallwalze.

Sobald der mit der Leitung in Verbindung stehende Metallstift während der Bewegung des Apparates die isolirende Schrift berührt, wird der in der metallischen Berührung geschlossene elektrische Strom der Batterie unterbrochen. So lange nun auf der Empfangsstation der elektrische Stift über das präparirte Papier gleitet, wird dessen Präparat unter Bildung einer Farbe zersetzt, sobald aber der Strom unterbrochen wird und daher die Elektrisirung des Stiftes aufhört, bleibt das von demselben berührte Papier unverändert, so dass also die telegraphirte Copie weiss auf farbigem, z. B. blauem Grunde zum Vorschein kommt.

Um die in ihrer Anlage sehr kostspieligen Telegraphenlinien möglichst auszunutzen und den Bedürfnissen des immer fortwachsenden Verkehrs möglichst zu genügen, hat man die sogenannte Doppeltelegraphie einzuführen gesucht, welche

darin besteht, dass gleichzeitig durch einen und denselben Draht zwei Telegramme gesendet werden. Für den Effect ist es dabei gleichgiltig, ob die Zeichen dabei in derselben oder in entgegengesetzter Richtung abgesendet werden. Die erstere Art des Telegraphirens nennt man das Doppelsprechen, die zweite Art das Gegensprechen. Bis jetzt sind jedoch die mittelst dieser Telegraphirsysteme erreichten Resultate nicht befriedigend ausgefallen, so dass weder das Doppelsprechen, noch das Gegensprechen im Telegraphendienste eine besondere Bedeutung erlangt hat. Immerhin ist es aber möglich, durch die Combination der beiden genannten Telegraphirsysteme sogar ein vielfaches Telegraphiren durch einen und denselben Draht zu erreichen, indem man gleichzeitig zwei Telegramme zwischen zwei Stationen hin- und hersenden kann. Bei diesem Systeme, auf dessen complicirte Durchführung wir nicht näher eingehen können, haben sich grosse Unzuträglichkeiten herausgestellt, welche die noch offenen grösseren Leitungen so sehr beeinträchtigten, dass im Grossen und Ganzen bei den im praktischen Betriebe obwaltenden Verhältnissen eine wirkliche Mehrleistung nur selten erzielt wird, dagegen aber in jedem Falle die Sicherheit und die Schnelligkeit in der Beförderung der einzelnen Depeschen leidet.

Eine sehr wichtige Rolle spielen die elektrischen Telegraphen im Feuerwehrendienste als sogenannte Feuerwehr-Telegraphen.

Die ersten Feuerwehrtelegraphen-Anlagen wurden 1851 von Siemens & Halske in Berlin eingeführt. Sie umfassen die 46 Districts-Polizeibureaux, einige Ministerien und andere öffentliche Gebäude der Stadt. Andere deutsche Städte schritten bald zu ähnlichen Einrichtungen.

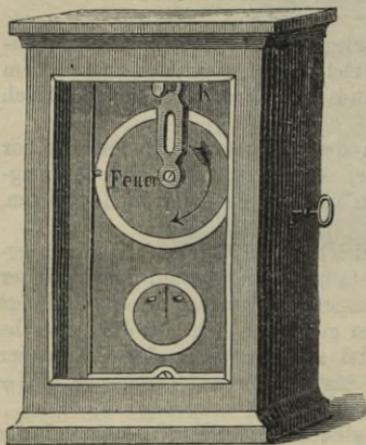
Es ist wohl ohne Weiteres klar, dass eine derartige Anlage, wenn sie nur einigermaassen auf Vollständigkeit Anspruch erheben will, eine verhältnissmässig grosse Anzahl von Stationen umfassen muss, wodurch sich die Kosten für die Einrichtung sehr hoch stellen. Um diese Lasten möglichst zu vermindern, hat man die automatischen Zeichengeber eingeführt, welche durch ein einziges Zeichen der Centralstelle den Ort des Feuers innerhalb mehr oder weniger Grenzen angeben. Entdeckt also irgend eine Person den Ausbruch eines Feuers, so hat dieselbe bloss nöthig, nach dem zunächst befindlichen Meldeapparat zu eilen, dessen Glathür zu öffnen oder zu zerbrechen und das Zeichen in der einfachen vorgeschriebenen Weise durch Niederdrücken einer Taste zu geben.

Ein sehr einfacher Feuermelder von W. E. Fein in Stuttgart ist in Fig. 146 dargestellt. Der Apparat befindet sich in einem Holzschrankchen, das an der Wand befestigt wird und dessen vordere Seite durch eine Glathür verschlossen ist. Die Kurbel *K* ist in der Pfeilrichtung drehbar und bewirkt, dass, nachdem dieselbe an die Inschriften „Kleinf Feuer“, „Mittelfeuer“ oder „Grossfeuer“ (die in der Figur nicht angegeben sind) eingestellt wird, ein im Innern des Schrankes ange-

brachtes Contactrad zwei-, drei- oder viermal rotirt und demgemäss auf der Centralstation das eingestellte Zeichen gibt, wobei auch sofort erkennbar ist, aus welchem Districte das Zeichen gesendet wird.

Als Beispiel einer grösseren modernen Feuertelegraphen-Anlage ist die von E. W. Fein für die Stadt Stuttgart ausgeführte Anlage zu nennen. Die Centralstation, welche für Tag- und Nachtdienst eingerichtet ist, befindet sich auf dem Stadtpolizeiamte. Hier münden die vier Meldelinien, deren jede eine Anzahl Sprechstationen enthält, ein, und stehen mit vier Morse-Apparaten und den zum Betrieb nöthigen Batterien in Verbindung.

Fig. 146.



Sämmtliche Zeichen und Meldungen aus den vier Linien laufen auf den vier Morse-Schreibern ein und sind dieselben mit Selbstausslösung versehen, wobei der abfallende Anker des Elektro-Magnets den Stromkreis eines Weckers schliesst, der fort-dauernde Glockensignale gibt, bis derselbe von dem auf der Centralstation diensthabenden Beamten abgestellt wird und also das Signal auch richtig verstanden worden ist. Durch diese Einrichtung ist ermöglicht, dass die Centralstation von jedem Melder und jeder Sprechstation ohne Weiteres angerufen werden kann. Dagegen werden die Sprechstationen mit Hilfe eines Magnetinductors von der Centralstation angerufen und kann dieser Anruf durch besondere Vorrichtungen an alle Sprechstationen der einzelnen, sowie diejenigen mehrerer oder aller vier Linien zugleich gerichtet werden. Ganz gleich verhält es sich auch mit den von der Centralstation abzugebenden Depeschen.

### Die elektrischen Uhren.\*)

Es ist wohl leicht erklärlich, dass man sehr bald nach der Erfindung des elektrischen Telegraphen auf den Gedanken kommen musste, die Electricität auch auf den Betrieb von Uhren anzuwenden, indem dadurch die Möglichkeit gegeben schien, von einer Normaluhr aus eine mehr oder minder grosse Zahl sehr einfacher Apparate für richtige Zeitangabe herstellen zu können; andererseits glaubte man aber auch mit besonderem Vortheil bei einzelnen Uhrwerken die sonst durch Gewicht oder Feder ausgeübte bewegende Kraft mittelst des elektrischen Stromes erzeugen zu können.

Man kann die bisher construirten elektrischen Uhren in drei Classen unterbringen, indem man unterscheidet:

1. Elektrische Zeigerwerke oder sympathische Uhren, welche unmittelbar und in der Regel ohne Mithilfe einer anderen Kraft als die des elektrischen Stromes die Angaben einer Normaluhr auf einer grösseren Anzahl von Zifferblättern wiedergeben.

2. Zeigerwerke mit selbstständigem Gangwerk, welche nur in bestimmten, meist grösseren Zeitintervallen durch elektromagnetische Wirkung richtig gestellt werden.

3. Elektrische Pendeluhrn, bei denen die Electricität als Motor, d. h. an der Stelle des Gewichtes oder einer Feder wirkt.

Was zunächst die erste Classe anbelangt, so scheint die dadurch zu bewerkstelligende Zeitmittheilung eine sehr bequeme und auf höchst einfache Weise herstellbar zu sein. In der That lässt im Princip die Sache sich derartig einrichten, dass eine Normaluhr in kurzen Zeitintervallen, meistens alle Minuten einen elektrischen Strom schliesst, welcher in den damit verbundenen elektromagnetischen Uhren den an der Achse des Steigrades befestigten Minutenzeiger um einen Theilstrich des Zifferblattes weiter rücken lässt. Hiermit scheint die Möglichkeit vorzuliegen, von einer Centralstelle aus hunderte von einfachen Uhrwerken mit genau übereinstimmender Zeitangabe in Bewegung zu setzen. Leider treten bei dem praktischen Betriebe solcher Uhren aber Umstände ein, welche die Zuverlässigkeit solcher Uhren sehr illusorisch erscheinen lassen, indem der Strom in den Leitungsdrähten durchaus nicht immer in der gehörigen Weise zur Wirkung kommt, theils weil die oberirdisch angelegten Leitungen in den Städten leicht Beschädigungen erleiden, theils weil auch die Luftelectricität ihren Einfluss darauf ausübt.

Die zweite der erwähnten Classen ist in neuerer Zeit ziemlich beliebt geworden, weil dabei die Uebelstände in der Unzuverlässigkeit der elektrischen Leitung weniger hervortreten, indem die Uhr auch ohne die Einwirkung des elektrischen Stromes weiter geht; es kann daher der zur Controle oder Richtigstellung der Uhr benutzte Strom längere Zeit versagen, ohne dass die Uhr dadurch ganz ausser Gang gesetzt wird. Es

\*) Aus Dr. A. Tobler: Die elektrischen Uhren. Wien, Hartleben 1883.

genügt bei derartigen Uhren deshalb auch, wenn der elektrische Strom nach Ablauf jeder Stunde die richtige Einstellung des Zeigers besorgt.

Die dritte Classe der elektrischen Uhren wird zwar vielfach als eine bloss Spielerei betrachtet, es kann jedoch eine elektrische Pendeluhr immerhin auch eine nutzbare Verwendung finden, indem dieselbe als Regulator für sympathische Zeigerwerke benutzt wird. Ferner lassen sich aber auch diese elektrischen Pendeluhren vorthellhaft für astronomische Zwecke benutzen, indem man damit sehr leicht chronographische Apparate verbinden kann. Indessen ist hierbei noch zu bemerken, dass die Gewichts-Pendeluhren mit Quecksilber-Compensation eine so hohe Vollkommenheit erreicht haben, dass ihre übrig bleibenden Unregelmässigkeiten theilweise durch die Unsicherheit in der Zeitbestimmung selbst verdeckt werden. Es ist daher zweifelhaft, ob die elektrischen Uhren genauere Resultate ergeben. Immerhin haben aber die von Hipp construirten elektrischen Pendel sich bei der Ausführung geodätischer Arbeiten auf das Beste bewährt und sind dieselben auch auf Sternwarten vielfach eingeführt.

Wie es scheint, war Steinheil der Erste, welcher die Bewegung eines Zeigerwerkes durch elektromagnetische Wirkung herstellte; es war dies im Jahre 1839. Fast gleichzeitig benutzte auch Wheatstone den von ihm in Gemeinschaft mit Cooke construirten Zeigertelegraphen zur Zeitangabe, indem er denselben mit einer Normaluhr verband, auf deren Steigradachse eine mit 30 Contactstellen versehene Scheibe befestigt war, welche bei ihrer Umdrehung 30 Stromunterbrechungen hervorrief und somit alle Secunden einen Stromschluss herstellte.

Eine vollkommener elektrische Uhr wurde von E. Stöhrer in Leipzig 1848 construirt, wobei derselbe, wie Steinheil, Wechselströme zum Betrieb benutzte.

Die Haupttheile dieses Apparates sind in Fig. 147 dargestellt und es stimmen dieselben mit dem früher beschriebenen Mechanismus der Zeigertelegraphen überein.

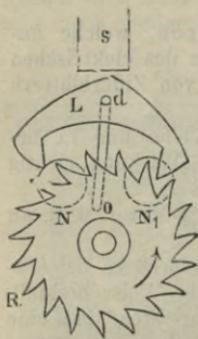


Fig. 147.

$NN^1$  sind die Pole des Elektro-Magnets, zwischen welchen der aus weichem Eisen gefertigte, um  $d$  drehbare plattenförmige Anker  $O$  oscillirt, wobei derselbe von dem darüber angebrachten Magnetstabe  $S$  polarisirt wird. Da nun die Pole  $NN^1$  bei der Anwendung von Wechselströmen in den Drahtwindungen des Elektromagnets fortwährend wechseln, so wird  $O$  abwechselnd von dem einen Pole angezogen und vom andern abgestossen. Der Doppelhaken  $L$ , welcher mit dem Anker  $O$  auf einer Achse  $d$  sitzt, wird dadurch ebenfalls in Oscillation versetzt und wirkt dabei auf das Steigrad  $R$  in der Weise ein, dass dasselbe in schrittweise Umdrehung versetzt wird. Die Stöhrer'schen Uhren wurden 1849 in grösserem Maassstabe in Leipzig ausgeführt; sie befriedigten jedoch nicht, indem ihr Gang durchaus kein zuverlässiger war, weil die Leitungen öfter versagten, daher kamen sie nach einigen Jahren wieder ausser Betrieb.

Wenn, wie bei dem Stöhrer'schen und anderen elektrischen Zeigerwerken, die Anziehung des Ankers zur Fortbewegung des Steigrades benutzt wird, so erhält dasselbe bei jedem Stromschluss einen beträchtlichen Stoss, wodurch mit der Zeit eine nachtheilige Wirkung auf den Mechanismus der Uhr ausgeübt wird. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, haben verschiedene Constructeure die Ankeranziehung des Elektromagnets nur zum Spannen einer Feder benutzt, welche letztere beim Rückgange des Ankers das Vorrücken des Steigrades vermittelt. Bekanntlich wächst die Anziehungskraft eines Elektro-Magnets sehr rasch, wenn der Anker sich demselben nähert, während der vom Anker zu überwindende Widerstand zu Anfang der Bewegung am grössten ist. Um nun die Bewegung gleichförmig zu machen, benutzt R. Houdin die in Fig. 148 dargestellte Hebelconstruction, dessen Wirkungsweise wohl ohne weitere Erläuterung klar sein dürfte. Nach diesem Princip waren auch die älteren Hipp'schen Zeigerwerke construirt, die 1861 in Genf in grossem Maassstabe ausgeführt wurden; dass dieselben nicht befriedigten, lag weniger an ihrem Mechanismus, als vielmehr an den Störungen, welche durch atmosphärische Elektricität und durch die Mangelhaftigkeit der Leitungen

entstanden. In der That befindet sich eine Anzahl dieser Uhren noch heutigen Tages im Bundespalaste zu Bern in ungestörtem Betriebe.

Von den modernen Constructionen elektrischer Uhren haben die von M. Hipp die weiteste Verbreitung gefunden, weshalb wir auf eine etwas ausführlichere Beschreibung derselben eingehen.

Der Indicator (Fig. 149 und 150) wird durch Wechselströme betrieben. Das Verbindungsstück  $P$  der Elektromagnetkerne  $mm'$  ist mit dem Nordpol eines kräftigen Stahlmagnets  $M$  verbunden; der Südpol von  $M$  bildet das eine Lager für den um die Achse drehbaren Anker  $A$  (Fig. 150). Die Kerne  $mm'$  werden daher beide, wenn kein Strom durch den Elektro-Magnet geht, gleich stark nordmagnetisch, der Eisenanker  $A$  wird dagegen süd magnetisch.

Die Art und Weise, in welcher der Eingriff der Hemmung stattfindet, ist in Fig. 149 zu ersehen. Die eigenthümliche Form des Ankers (Fig. 150) bezweckt, selbst mit einem verhältnissmässig schwachen Strome eine bedeutende Wirkung hervorzubringen; der grosse Weg von circa  $60^\circ$  des Kreisbogens, den

Fig. 148.

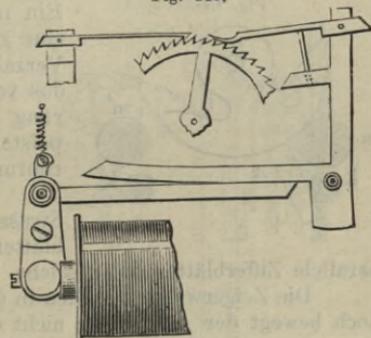
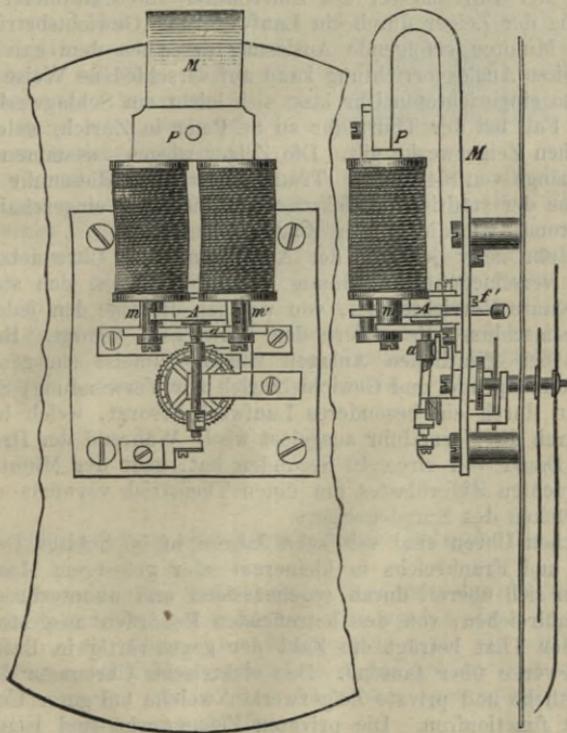


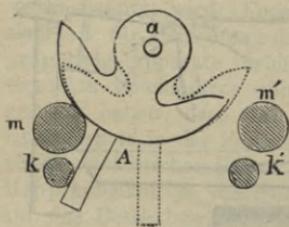
Fig. 149.



der Anker bei jeder Stromwirkung zurücklegt, ermöglicht einen sicheren Eingriff in das Steigrad und macht Erschütterungen und schwächere Inductionsströme wirkungslos. Geht nun ein Strom von bestimmter Richtung nach dem Elektro-Magnet, so wird in  $m$  der vorhandene Nordmagnetismus geschwächt, in  $m'$  verstärkt; der süd magnetische

Anker bewegt sich daher nach  $m'$  hin, wobei der obere Klotz der Spindel das Steigrad um einen Zahn vorwärts schiebt. Kehrt man die Richtung des Stromes um, so legt sich der Anker  $A$  wieder an  $m$  an und es findet ein abermaliges Vorschieben des

Fig. 150.



Rades, diesmal aber mittelst des unteren Klotzes statt. Ein in der Figur nicht sichtbarer Sperrhaken greift in eine zweite, auf der Peripherie des Steigrades befindliche Verzahnung ein und verhindert eine rückgängige Drehung; das verschiebbare Gegengewicht  $f'$  dient zur Aequilibrirung des Ankers, während die kleinen, mit Tuch gepolsterten Anschlagsäulen  $k$  (Fig. 150) eine directe Berührung zwischen  $A$  und  $mm'$  verhindern.

Uhren, welche für die Perrons von Bahnhöfen, für Strassen u. s. w. bestimmt sind, erhalten oft zwei Zifferblätter; je nach den örtlichen Verhältnissen wählt man parallele Zifferblätter, oder solche, die mit einander einen bestimmten Winkel bilden.

Die Zeigerwerke bestehen in diesem Falle aus denselben Organen, wie in Fig. 149, doch bewegt der Anker hier nicht direct das Steigrad, sondern er überträgt die Bewegung zunächst auf eine verticale Achse, welche letztere mittelst conischer Räder die Achsen der beiden Zeigerwerke in Umdrehung versetzt. Das Innere des Uhrgehäuses enthält ferner einen oder zwei Gasbrenner, welche das aus Milchglas bestehende Zifferblatt zur Nachtzeit erhellen.

Uebersteigt der Durchmesser des Zifferblattes 120 Centimeter, so zieht Hipp vor, die Bewegung der Zeiger durch ein Laufwerk mit Gewichtsbetrieb zu bewirken und nur die alle Minuten erfolgende Auslösung desselben dem galvanischen Strome zu übertragen. Diese Auslösvorrichtung kann auf verschiedene Weise bewirkt werden.

Mit einer so eingerichteten Uhr lässt sich leicht ein Schlagwerk verbinden. Es ist dies z. B. der Fall bei der Thurmuhre zu St. Peter in Zürich, welche als eines der grössten elektrischen Zeigerwerke gilt. Die Zeiger wiegen zusammen 700 Kilogramm und haben eine Länge von 8,4 Meter. Trotzdem ist diese Riesenuhr auf die gewöhnliche Weise in eine der städtischen elektrischen Leitungen eingeschaltet und arbeitet mit demselben Strom, wie die kleinen Zeigerwerke.

Die Normaluhr zeigt je nach der Ausdehnung des Uhrennetzes, das sie betreiben soll, eine verschiedene Anordnung. Jedoch befinden sich stets an ihr zwei von einander getrennte Vorrichtungen, von welchen die eine den jede Minute stattfindenden Stromschluss, die andere den Polwechsel besorgt. Bei ausgedehnten und insbesondere bei öffentlichen Anlagen kommt zumeist ein genau gearbeiteter Regulator mit Secundenpendel und Gewichtsbetrieb zur Verwendung; Stromschluss und Polwechsel werden durch ein besonderes Laufwerk besorgt, welches letzteres in jeder Minute einmal durch die Normaluhr ausgelöst wird. Während der Drehung des Laufwerkes, die eine Dauer von circa 10 Secunden hat, geht der Minutenzeiger des an demselben angebrachten Zifferblattes um einen Theilstrich vorwärts und bewirkt das gleichzeitige Vorrücken des Stundenzeigers.

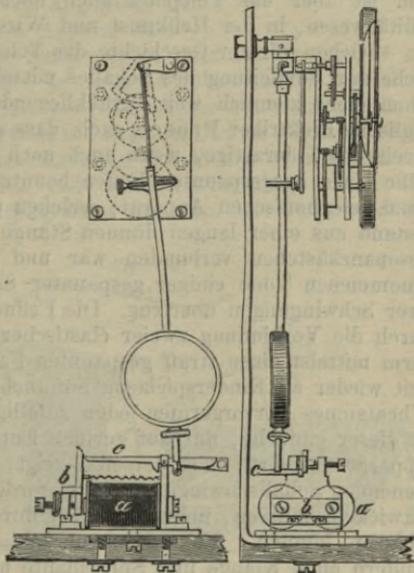
Die Hipp'schen Uhren sind seit zehn Jahren in 56 Städten Deutschlands, der Schweiz, Italiens und Frankreichs in kleinerem oder grösserem Maassstabe angelegt worden und haben sich überall durch regelmässigen und ununterbrochenen Gang bewährt, wie aus zahlreichen, von den betreffenden Behörden ausgestellten Zeugnissen hervorgeht. In der That beträgt die Zahl der gegenwärtig in Betrieb befindlichen Hipp'schen Zeigerwerke über tausend. Das elektrische Uhrennetz der Stadt Zürich umfasst 145 öffentliche und private Zeigerwerke, welche bei guter Ueberwachung mit grosser Sicherheit functioniren. Die privaten Zeigerwerke sind Eigenthum der betreffenden Abonnenten und werden in der Regel mit 85 Francs bezahlt. Die städtische Bauverwaltung übernimmt die Anlage und den Unterhalt der Leitung, wofür ein Jahresbeitrag von 20 Francs für eine Uhr, von 10 Francs für jede weitere zu entrichten ist.

Die Uhren sind auf acht Linien vertheilt und werden durch drei Regulatoren

betrieben. Als Batterien werden Leclanché-Elemente neuen Modells mit depolarisirenden Platten benutzt. Pro Regulator genügen in der Regel 7 Elemente von 21 Centimeter Höhe und dieselben können, wenn neu, zwei bis drei Monate ohne Aufsicht stehen. Die Leitungen sind sämtlich oberirdisch geführt und werden mit 3 bis 3,5 mm dickem verzinneten Eisendraht, der durch Porzellanlocken isolirt ist, hergestellt. Als Rückleitung wird vorzugsweise das Röhrennetz der städtischen Wasserleitung benutzt; Gasröhren einzuschalten ist nicht zu empfehlen, weil dieselben häufig keine sichere Leitung darbieten. Die Störungen, von welchen das Züricher Uhrennetz bis jetzt heimgesucht wurde, hatten stets ihren Grund in einer Beschädigung der Leitungen. Am häufigsten kommen Erdableitungen, namentlich bei Neubauten, über welche eine Leitung führt, vor.

Wenn es sich darum handelt, bloss in grösseren Zeitintervallen, vielleicht nur einmal täglich, Zeitsignale abzugeben, so wendet Hipp die in Fig. 151 dargestellte sogenannte Coincidenzuhr an. Das Pendel dieser Uhr schlägt in der Minute 61 Secunden, ist jedoch für gewöhnlich arretirt. Zieht aber der Elektro-Magnet seinen Anker an, so lässt der Haken *b* den Hebel *c* los, der rechts befindliche, mit einem Gewicht beschwerte Arm desselben senkt sich und hierauf kann das Pendel an der halbdurchschnittenen Achse von *c* durchpassiren. Diese Einrichtung empfiehlt sich in allen Fällen, wo es sich darum handelt, einen Regulator mit einer entfernter stehenden astronomischen Uhr zu vergleichen. Es ist dann an letzterer eine Contactvorrichtung anzubringen, welche den Strom täglich ein- oder zweimal in die Coincidenzuhr sendet. Das Pendel der letzteren bildet alsdann mit demjenigen des zu vergleichenden Regulators einen Nonius, welcher den einundsechzigsten Theil einer Secunde noch zu beobachten erlaubt. In dieser Weise findet von der Sternwarte in Neuchatel eine tägliche Zeitmittheilung nach den Uhrenfabrikations-Centren Chaux de Fonds, Locle, Ponts, Saint Croix statt.

Fig. 151.



## Die Fernsprechkunst oder Telephonie.

Durch die Anwendung der Telephonie ist das Gebiet der elektrischen Telegraphie nach verschiedenen Seiten hin bedeutend erweitert worden, denn zu dem grossen telegraphischen Verkehr, wie solcher der Welthandel, sowie die wirtschaftlichen und politischen Beziehungen der Völker jetzt erfordert, hat sich der bequemste Kleinverkehr durch das Telephon gesellt, wie solcher für unsere complicirten gewerblichen und socialen Verhältnisse höchst erwünscht ist.

Die Telephonie ermöglicht den elektrischen Verkehr ohne besondere Uebung in bequemster und zweckentsprechendster Weise, während die elektrische Telegraphie besonders eingübter Beamter bedarf. Anstatt der künstlich zusammengesetzten, in ihrer Wirkungsweise und Verständigungsform für den Laien sehr schwierig zu benutzenden Apparate, wie solche die Telegraphie gebraucht, benutzt die Telephonie

höchst einfache, in ihrer Anwendung keine besondere Uebung erfordernde Instrumente, welche ohne Weiteres die directe sprachliche Mittheilung in die Ferne gestatten. Es wird somit durch das Telephon den Bedürfnissen des Verkehrs in einer Weise genügt, wie sie gar nicht bequemer und zweckentsprechender gedacht werden kann. Ausserdem ist aber das Telephon auch noch zu mancherlei Zwecken im Gewerbe- und Militärwesen, in der Heilkunst und Wissenschaft zu benutzen.

Gehen wir zur Geschichte des Telephons über, so ist zu erwähnen, dass die Versuche zur Fortleitung des Schalles mittelst geeigneter Uebertragung der Schallwellen schon einer ziemlich weit zurückliegenden Vergangenheit angehören. So weist der englische Elektriker Preece nach, dass sein Landsmann, der Physiker Robert Hooke, bereits 1667 derartige, wenn auch noch ziemlich rohe Versuche anstellte, indem derselbe einen ausgespannten Faden benutzte. Im Jahre 1819 construirte Wheatstone einen telephonischen Apparat; welchen er als „magische Lyra“ bezeichnete; derselbe bestand aus einer langen dünnen Stange aus Tannenholz, welche an beiden Enden mit Resonanzkästchen verbunden war und auf diese Art die an dem einen Ende aufgenommenen Töne einiger gespannter Saiten nach dem andern Ende infolge molekularer Schwingungen übertrug. Die Erfindung des eigentlichen Fadentelephons, welches durch die Verbindung zweier elastischer Membranen z. B. ausgespanntem Schweinsdarm mittelst eines straff gespannten Fadens hergestellt wird, und welches vor einiger Zeit wieder als Kinderspielzeug auftauchte, ist vielleicht durch die erwähnte Erfindung Wheatstones hervorgerufen oder zufällig schon früher gemacht worden. Interessant ist dieser einfache, nur auf geringe Entfernungen, etwa bis zu 100 Meter, wirksame Apparat insofern, als derselbe zeigt, dass die zur Hervorbringung von Worten dienenden Schallschwingungen ausserordentlich klein sind und eine bedeutende Energie entwickeln müssen, indem sie sich durch einen bis 100 Meter langen Faden fortpflanzen können. Es war damit die Möglichkeit nachgewiesen, nicht nur Töne, sondern auch Klänge und Sprachlaute bis auf grössere Entfernungen hin zu reproduciren. Die Erklärung dieser wunderbaren Erscheinung gab später der berühmte deutsche Physiker Helmholtz auf Grund seiner epochemachenden Untersuchungen. Derselbe zeigte, dass Klänge und Laute nur dadurch von den reinen Tönen sich unterscheiden, dass die letzteren aus einfachen, die ersteren aus mehrfach übereinander gelagerten Wellenzügen der Luft oder eines anderen den Schall vermittelnden Mediums bestehen. Da nun der Sprachschall ebenfalls auf Schwingungen beruht, so ist die Möglichkeit der Wiedergabe von Tönen, Klängen und Sprachlauten an einem von der Erzeugungsquelle derselben mehr oder minder entfernten Orte hauptsächlich davon abhängig, dass man einen Apparat herstellt, welcher die verschiedenartigen Schwingungen möglichst getreu wiederholt. Diese Fähigkeit ist elastischen Platten und ausgespannten trommelfellartigen Membranen in hohem Grade eigen.

Als Grundlage der Erfindung des elektrischen Telephons dient ausser den oben erwähnten Thatsachen die Entdeckung des sogenannten galvanischen Tönens oder der galvanischen Musik durch die amerikanischen Physiker Page und Henry im Jahre 1837. Die Genannten beobachteten nämlich, dass ein in einer aus isolirtem Kupferdrahte gebildeten Spirale befindlicher Eisenstab durch rasches Magnetisiren und Entmagnetisiren mittelst eines durch Drahtwindungen geleiteten und im rasch wiederholten Wechsel unterbrochenen galvanischen Stromes zum Tönen gebracht werden kann.

Auf Grund dieser Thatsachen construirte der am 14. Januar 1874 verstorbene Physiker Philipp Reis in Friedrichsdorf bei Frankfurt am Main das erste elektrische Telephon, welches derselbe am 26. October 1861 dem physikalischen Vereine in Frankfurt am Main vorzeigte.

Dieser, von Reis mit dem von ihm selbst erfundenen Worte „Telephon“ bezeichnete Apparat übertrug musikalische Töne und Melodien, ferner aber auch Worte, wenn schon nur in etwas unvollkommener Weise, auf ziemlich weite Entfernungen.

Wie bei jedem telegraphischen Apparat muss auch bei einer telephonischen Anlage ein Sender und ein Empfänger vorhanden sein, obschon die beiden durch diese Bezeichnungen unterschiedenen Instrumente öfter ganz gleichartig construiert sind und

in ihren Rollen abwechseln, indem beide sich zum Sprechen und Hören benutzen lassen; ebenso oft sind aber auch die beiden zu einer telephonischen Anlage combinirten Instrumente, die man als Sender und Empfänger unterscheidet, in ihrer Construction principiell von einander unterschieden, indem jeder derselben der besonderen von ihm verlangten Function, d. i. der Aufnahme der Schallwellen, oder der Wiedergabe derselben in möglichst vortheilhafter Weise angepasst ist.

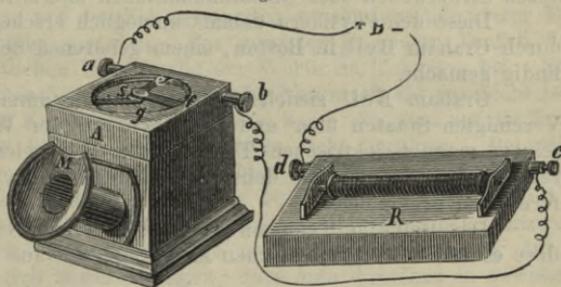
Fig. 152 stellt den von Reis construirten Apparat dar.

Der in der Abbildung links befindliche Zeichengeber oder Sender besteht aus einem würfelförmigen Holzkästchen *A*, in dessen kreisrund durchbrochenen Deckel die Membrane aus Schweinsblase *S* ausgespannt ist, während an der Seite ein Schallrohr mit dem Mundstück *M* einmündet. Auf der Membrane liegt ein dünner Platinstreifen *g*, der in der Mitte der Membrane mit einem kreisförmigen Scheibchen *s* endet und an seinem am Kästchen befestigten anderen Ende mit der Klemmschraube *a* in Verbindung steht, mit welcher der positive Leitungsdraht des von der Batterie *B* erzeugten galvanischen Stromes verbunden ist. Ueber dem Platinplättchen *s* befindet sich ein kleiner Platinstift, der im Scheitel eines aus Messingblech bestehenden Winkels sitzt, welcher bei *e* einfach am Kästchen befestigt ist, bei *f* aber mit der Klemme *b* in Verbindung steht.

Von dieser Klemme *b* geht der Leitungsdraht nach dem Empfangs- oder Hörapparate *R*, nach dessen Klemme *c*, während der negative Leitungsdraht der Batterie *B* nach der zweiten Klemme *d* des Hörapparates führt. Dieser Apparat besteht aus einem etwa 20 Centimeter langen dünnen Eisenstäbchen, das mit einer Pappöhre umgeben, auf welcher dünner, mit Seide übersponnener Kupferdraht vielfach aufgewunden ist. Die Enden dieses Drahtes stehen mit den Klemmen *c* und *d* in Verbindung und der so gebildete stabförmige Elektromagnet ruht auf einem flachen Kästchen, das den Resonanzboden bildet. Wird durch den Schalltrichter *M* in den Sender hineingesungen oder gesprochen, so geräth die Membrane *L* in entsprechende Vibrationen und schlägt unter dem Impulse jeder Schallwelle mit ihrem Platinscheibchen gegen den Platinstift, wodurch jedesmal ein momentaner, stossartig wirkender elektrischer Strom den Leitungsdraht durchläuft. Unter der Einwirkung dieses Stromes erhält der Eisenstab des Empfangsapparates einen magnetischen Impuls, so dass derselbe durch seine auf diese Weise erregten, aus rasch aufeinander folgenden Verlängerungen und Verkürzungen bestehenden Längsschwingungen den in den Sender hineingesungenen Ton wiedergibt.

Die Töne des Reis'schen Telephons waren von sehr dürrer Klangfarbe; in der That bestehen dieselben aus elektrischen Stößen, welche von den Berührungen des Platinstiftchens und des Platinscheibchens auf der Membrane des Senders herrühren und welche den einzelnen Wellenbergen der Schwingungen dieser Membrane entsprechen. Infolge dessen war die Wiedergabe der Töne schnarrend und hart; auch konnten nur einzelne besonders dazu geeignete Worte mit diesem Telephon deutlich wiedergegeben werden. Das Ganze wurde überhaupt von den Physikern nur als eine Curiosität, nicht aber als ein praktisch wichtiger Apparat betrachtet und auch Reis selbst hatte denselben von vornherein nur für Unterrichtszwecke bestimmt, um seinen Schülern die Wirkungsweise des Gehörorgans deutlich zu machen. So kam es denn, dass der deutsche Erfinder und sein Instrument nach kurzer Aufmerksamkeit wieder vergessen wurden, obschon dadurch die Grundlagen des heutzutage zu so grosser Wichtigkeit gelangten Telephons zu Tage traten. Nur in Amerika liess man die Sache

Fig. 152.



nicht ganz ruhen und schliesslich wurde auch von dorthier die Welt mit einem praktischen Telephon beschenkt.

Im Jahre 1868 construirte ein gewisser van der Weyde ein verbessertes Reis'sches Telephon, welches er im polytechnischen Club zu Philadelphia vorführte. Der Apparat soll deutlich, wenn auch nur schwach und mit näselndem Klange, hineingesprochene Worte übertragen haben. Van der Weyde setzte seine Versuche fort und seinen Bestrebungen schloss sich Elisha Gray in Chicago an, während in England Cecil und Lenardo Wray 1876 einen dem Reis'schen Telephon ähnlichen Apparat vor die Oeffentlichkeit brachten und 1877 Cromwell Varley mit einem auf Anwendung des elektrischen Condensators beruhenden Telephon hervortrat.

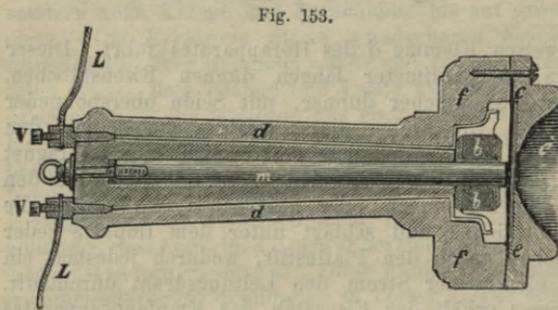
Alle diese Telephone eigneten sich jedoch in der Hauptsache nur zur Uebertragung musikalischer Töne, nicht aber für articulirten Schall, das ist für die Wiedergabe der Sprache. Die Unvollkommenheit dieser Apparate liegt darin, dass dieselben die Schallwellen durch mechanisch erregte Unterbrechungen des elektrischen Stromes, also durch harte Stromstöße, nicht aber, der Natur der Schallwellen entsprechend, durch Stromwellen oder Stromundulationen übermitteln.

Diese den Physikern damals unmöglich erscheinende Lösung der Aufgabe wurde durch Graham Bell in Boston, einem geborenen Schotten, in sinnreicher Weise ausfindig gemacht.

Graham Bell siedelte 1868 als Taubstummenlehrer von Edinburg nach den Vereinigten Staaten über und trat 1876 auf der Weltausstellung in Philadelphia mit seinem magnet-elektrischen Telephon hervor, welches die grösste Bewunderung erregte, indem dasselbe die deutliche Wiedergabe der Sprache bis auf meilenweite Entfernungen ermöglichte.

Das Bell'sche Telephon unterscheidet sich vom Reis'schen wesentlich dadurch, dass es mit einer magnetischen Membrane, die aus einem sehr dünnen Eisenplättchen

besteht, versehen ist, und dass diese Membrane sich vor den Polen eines Elektro-Magnets befindet. Diese Membrane wird durch die Schallwellen in Oscillationen versetzt und erregt dadurch nach dem Gesetz der magnetischen Induction in den Drahtwindungen des Elektro-Magnets vibrirende elektrische Ströme, durch welche in dem am anderen Ende der Leitung angebrachten ganz gleich construirten Empfänger



vibrirende elektrische Ströme infolge der hervorgerufenen entsprechenden magnetischen Vibrationen, die Eisenmembrane in identische Schwingungen versetzt wird. Auf diese Weise werden in dem Empfänger genau eben solche Schallwellen erzeugt, wie die, welche auf den Sender durch das Hineinsprechen übertragen wurden.

Fig. 153 stellt die Construction des auf diesen Principien beruhenden Bell'schen Telephons im Längsdurchschnitt dar. Der ganze Apparat ist in ein kleines, bequem zu handhabendes Gehäuse aus Holz und Ebonit eingeschlossen, welches vorn in eine kreisrunde Büchse *f* endet, vor deren Oeffnung sich die dünne Eisenmembrane *c* angebracht befindet, und auf welche mittelst Schrauben der Schalltrichter *e* aufgesetzt ist. Innerhalb des stiel förmigen Theiles des Gehäuses befindet sich der cylindrische Magnetstab *m*, der am hinteren Ende mit einer Schraube versehen ist, mittelst welcher man das vordere, den wirksamen Pol bildende Ende des Stabes der Membrane *c* bis auf die passendste Distanz nähern kann. Auf dem vorderen freien Ende des Magnetstabes *m* sitzt die Drahtrolle *b*, auf welcher ein circa 60 Meter langer, mit Seide überspannener feiner Kupferdraht gewickelt ist. Die Enden dieses Drahtes sind mit zwei durch das Gehäuse hindurchgehenden Kupferstäben *dd* verbunden, welche am

hinteren Ende mit den Klemmschrauben *vv* in Verbindung stehen, in denen die Leitungsdrähte *LL* befestigt sind.

Um das gewöhnliche Bell'sche Telephon zu benutzen, ist es nöthig, recht deutlich accentuirt vor dem Schalltrichter des Senders zu sprechen, während der Hörer an der anderen Station sein Ohr dicht an den Schalltrichter des Empfängers anlegt. Diese beiden Apparate, Sender und Empfänger, bilden mit den sie vereinigenden Drähten einen geschlossenen Stromkreis. Es genügt jedoch wie bei den elektrischen Telegraphen auch schon ein einziger Draht, wenn dafür gesorgt ist, dass die beiden Apparate leitend mit der Erde verbunden sind, indem alsdann die Rückleitung des Stromes oder der elektrische Ausgleich durch den Erdboden hindurch erfolgt.

In der Praxis ist es zu empfehlen, an jeder Station zwei Telephone zur Verfügung zu haben, damit gleichzeitig das eine an das Ohr angelegt und in das andere gesprochen werden kann. Auch hört man viel besser, wenn man an jedes Ohr ein Telephon hält.

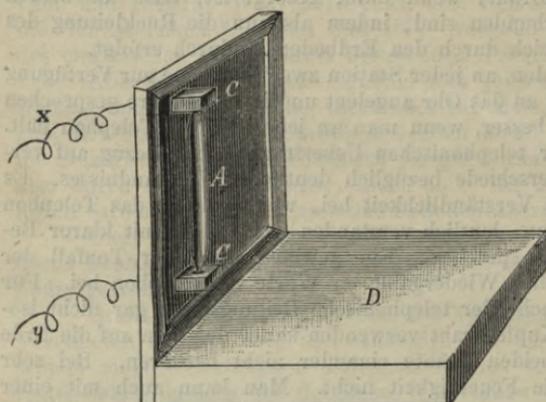
Uebrigens zeigen sich in der telephonischen Uebertragung mit Bezug auf verschiedene Stimmen bedeutende Unterschiede bezüglich deutlichen Verständnisses. Es trägt durchaus nicht zur grösseren Verständlichkeit bei, wenn man in das Telephon hineinschreit, sondern man muss, um deutlich verstanden zu werden, mit klarer Betonung und bestimmter Aussprache sprechen. Ein gewisser singender Tonfall der Stimme trägt besonders zur deutlichen Wiedergabe der Worte im Telephon bei. Für nicht zu grosse Entfernungen braucht der telephonische Leitungsdraht gar nicht isolirt zu sein, so dass man nackten Kupferdraht verwenden kann, den man auf die Erde auflegt. Nur dürfen hierbei die beiden Drähte einander nicht berühren. Bei sehr kurzen Leitungen schadet sogar die Feuchtigkeit nicht. Man kann auch mit einer Drahtleitung mehrere telephonische Empfänger durch kurze Zweigdrähte verbinden und so bewirken, dass fünf bis sechs Personen gleichzeitig die von einem einzigen Sender ausgehenden Worte hören. Die gleichzeitige mehrfache Uebertragung durch Telephone kann man auch dadurch bewerkstelligen, dass man dieselben in gewissen Zwischenräumen mit einem Leitungsdrahte verbindet. Versuche haben gezeigt, dass auf diese Weise durch fünf in verschiedenen Punkten eines Leitungsdrahtes eingeschaltete Telephone gesprochen werden konnte. Bei anderen Versuchen hatte man mit einer 12 Kilometer langen Leitung in verschiedenen Distanzen Telephone verbunden und liess drei oder vier Personen durch dieselben mit einander eine Unterredung anknüpfen. Hierbei konnte jede dieser Personen hören, was die Uebrigen sprachen und die sich durchkreuzenden Fragen und Antworten waren gut vernehmbar. Selbst dann, wenn man ein Telephon mit einem anderen 10 Kilometer langen Drahte verbindet, der in 5 Centimeter Entfernung auf 2 Kilometer seiner ganzen Länge mit dem ersten parallel läuft, kann man die durch den ersten Draht stattfindende Conversation hören und auch noch sehr gut die Stimmen an der Klangsorte unterscheiden. Es sind dies sehr bewundernswerthe Leistungen. Hierzu gehört auch noch, dass man mit dem Telephon im Stande ist, die sprachliche Mittheilung bis gegen 300 Kilometer weit und unter besonders günstigen Umständen noch weiter zu übermitteln, obschon man unter gewöhnlichen regelmässigen Verhältnissen das Telephon mit Sicherheit nicht weiter als bis auf 50 bis 60 Kilometer Distanz zu benutzen pflegt, weil dasselbe ein ausserordentlich empfindliches Instrument ist und in der Stromleitung leicht Störungen verschiedener Art sich geltend machen.

Seit der Einführung des Telephons haben viele Erfinder sich damit beschäftigt, ein Telephon in der Weise herzustellen, dass dessen Reproduktionen an den verschiedenen Stellen eines grossen Saales gehört werden können. Schon Bell hatte dieses Resultat mit einem besonders für diesen Zweck construirten Telephon erreicht, aber seitdem hat man den telephonischen Apparat noch weiter vervollkommenet, und will noch bessere Resultate erhalten haben. So viel ist wenigstens sicher, dass man mittelst grosser, den Schall aufnehmender Membranen und akustischer Röhren die telephonische Wirkung so zu erhöhen vermag, dass musikalische Töne in einem grösseren Raume überall hörbar sind.

Durch die Auffindung geeigneter Mittel zur möglichst vollständigen Umsetzung

der Schallwellen in elektrische Ströme gelang es, die telephonische Wirkung bedeutend zu erhöhen und überhaupt das Telephon für die praktische Verwendung im Verkehr noch bequemer zu machen. In dieser Richtung wurde von Professor Hughes, dem Erfinder des Typendruck-Telegraphen, entdeckt, dass gewisse Substanzen, insbesondere harte Kohle, bei der Einschaltung in den Stromkreis einer galvanischen Batterie in ausgezeichneter Weise Schallschwingungen in elektrische Ströme umzusetzen vermögen. Hierdurch

Fig. 154.

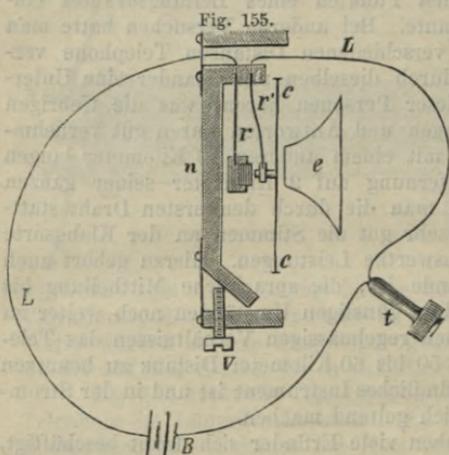


wurde es möglich, nicht nur Töne und Worte, sondern auch an und für sich vollständig unhörbare Vibrationen so zu verstärken, dass dieselben mittelst eines in den Stromkreis in grosser Entfernung als Empfänger eingeschalteten Bell'schen Telephons deutlich hörbar gemacht werden konnten. Da hier noch ein nach diesem System construirter Apparat im Gebrauche für das Gehör eine analoge Rolle übernehmen kann, wie dies durch das Mikroskop für das Auge geschieht, so hat Hughes diesen Apparat, der sich in sonst unzählbar verschiedenen

Anordnungen und Combinationen ausführen lässt, ein Mikrophon genannt.

Eine der ersten von Hughes erfundenen Anordnungen des Mikrophons ist in Fig. 154 dargestellt. Ein kleines Stäbchen aus Hartkohle *A* ruht mit seinen zugespitzten Enden in den Höhlungen zweier Kohlenspitzen *CC*<sub>1</sub>, welche an einem

verticalen dünnen Brettchen befestigt sind, das mit einem Resonanzkasten *D* verbunden ist. Mit den Kohlenstückchen *CC* stehen die Drähte *xy* einer galvanischen Batterie in Verbindung, in deren Stromkreis ein Telephon eingeschaltet ist. Wird gegen das locker eingespannte Kohlenstäbchen gesungen oder gesprochen, so gibt das Telephon die Töne und Laute deutlich wieder, aber auch schon die leiseste Berührung des Resonanzbodens, z. B. das Bestreichen mit einem Haarpinsel, bringt das Telephon zum Tönen.

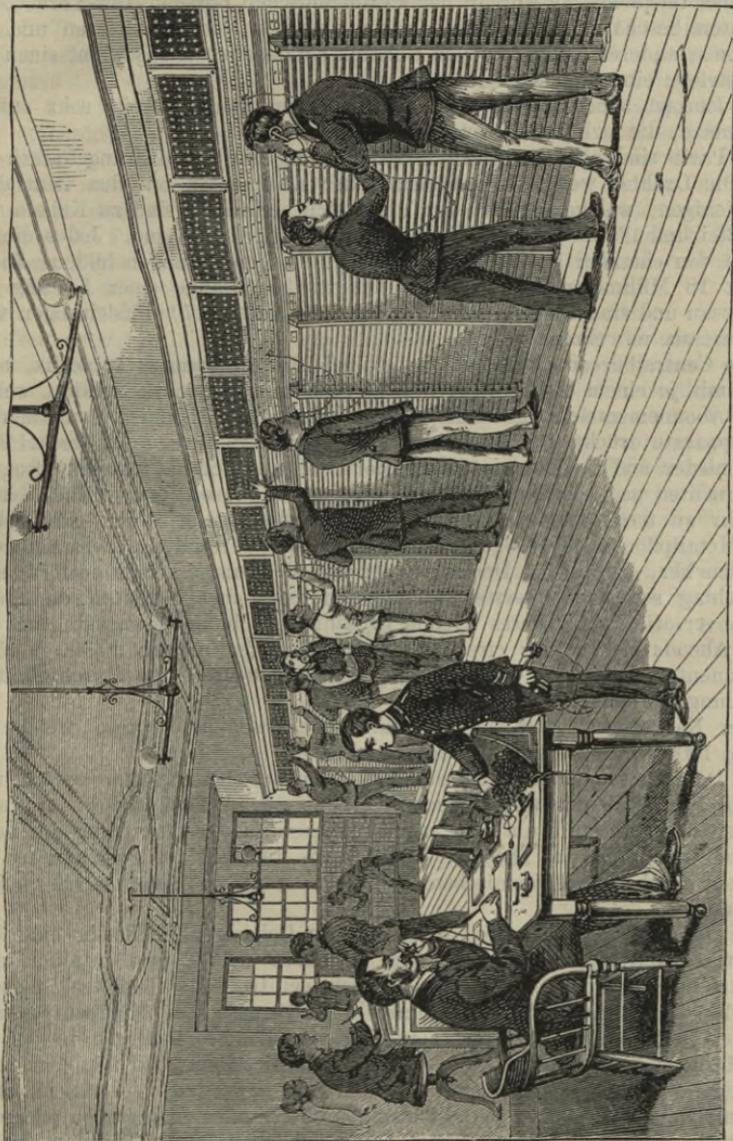


stückchen, welche von zwei leicht biegsamen Federn *r* und *r*<sup>1</sup>, die als Leiter für den Strom der Batterie *B* dienen, getragen und mit sanftem Drucke gegen einander gepresst werden. Die beiden Federn sind an einem Metallstück *n* befestigt, das mittelst der Stellschraube *v* gehoben oder gesenkt und dabei zugleich etwas seitlich bewegt werden kann, indem diese Stellschraube sich gegen eine an *n* angebrachte schiefe Ebene stützt; auf diese Weise können die Kohlenstücke in mehr oder minder innige Berührung mit der Membrane *cc* gebracht werden, vor welcher sich der Schalltrichter *e* befindet.

Nach diesem Princip sind verschiedenartige mikrophonisch-telephonische Apparate construiert worden. Von einfacher, leicht übersichtlicher Einrichtung ist z. B. Blake's Mikrophon Fig. 155; dasselbe besteht in der Hauptsache aus zwei Kohlen-

Die heutigen Telephonanlagen bestehen in der Regel aus der Verbindung des mikrophonischen Senders mit dem telephonischen Empfänger, der im Princip ein Bell'sches Telephon ist. Erst durch diese Combination des Telephons mit dem Mikrophon

Fig. 156.



hat die Telephonie die Vollkommenheit und Bequemlichkeit erreicht, welche sie heutzutage zu einem unschätzbaren Verkehrsmittel stempelt.

In Amerika kam man zuerst zu der Einsicht, dass im städtischen und überhaupt im Localverkehr anstatt der elektrischen Telegraphen das Telephon sich mit Vortheil benutzen lasse. Mit dem Eifer, der den Amerikaner in der Ausführung praktischer

Dinge auszeichnet, ging man alsbald daran, vorläufig in den grössten Städten telephonische Bureaux anzulegen, mittelst welcher die verschiedenen einzelnen Abonnenten dieser Anstalten miteinander beliebig in telephonischen Verkehr treten konnten. Es handelte sich dabei um ziemlich complicirte Einrichtungen. Die Abbildung Fig. 156 illustriert das telephonische Bureau der kaufmännischen Börse in New-York. Man sieht die Beamten beschäftigt, die Verbindungen zwischen den Abonnenten und mit den verschiedenen anderen telephonischen Bureaux herzustellen und gewinnt einen Einblick in das Getriebe einer solchen Anstalt.

In Europa haben gegenwärtig alle grösseren Städte bereits sehr ausgedehnte Telephonnetze, die sich immer mehr vergrössern.

In Paris sind alle Leitungen mit Benutzung der Kanalisierung unterirdisch angelegt. Die Drähte, welche die Apparate der Abonnenten mit den Centralbureaux, sowie diejenigen, welche die Bureaux unter sich verbinden, sind zu Kabeln vereinigt, die mit Blei umhüllt und in den Kanalgewölben aufgehängt sind. Jedes dieser Kabel enthält 14 von einander isolirte Drähte, welche 7 Doppelleitungen bilden. Ein solches Kabel hat 18 Millimeter Durchmesser. Die mittlere Länge einer Leitung zwischen einem Bureau und einem Abonnenten beträgt 1146 Meter: 170 Hilfsleitungen verbinden die 11 Bureaux mit einander.

Die Centralbureaux bestehen aus einer Reihe sogenannter Tableaux, von denen jedes 25 mit je einem beweglichen Deckel versehene Nummern enthält, welche eben so vielen Abonnementsleitungen entsprechen. Wenn ein Abonnent den Ruferknopf an seinem Apparate drückt, so fällt im betreffenden Centralbureau der Deckel von seiner Nummer nieder und der Beamte weiss sofort, wer gerufen hat; derselbe fragt alsdann den Abonnenten nach der Nummer der betreffenden Person, mit welcher der Letztere in Verkehr zu treten wünscht, stellt dann mittelst zweier durch eine Schnur vereiniger Metallpföcke oder sogenannter Stöpsel die Verbindung zwischen den beiden Abonnenten her, klappt den Deckel wieder auf die Nummer und entfernt sich. Ein Glockenschlag seitens des ersten Abonnenten zeigt dem Beamten die Beendigung dieser Conversation an. Dieses System ist sehr einfach und gestattet, dass von früh acht bis Abends sieben Uhr circa 100 junge Mädchen nahezu 20,000 Verbindungen der Abonnenten besorgen, wobei auf jeden Abonnenten im Durchschnitt täglich 8 Mittheilungen kommen.

Der Nachtdienst wird von 35 männlichen Beamten besorgt, welche in jeder Nacht bei 1000 Verbindungen zu vermitteln haben.

In Deutschland ging Berlin mit den telephonischen Anlagen voran, und zwar wurde daselbst 1881 der telephonische Verkehr mit 87 Theilnehmern eröffnet. Sehr bald nahm aber das Publicum sehr reges Interesse an der Benutzung des neuen Verkehrsmittels und schon im nächsten Jahre wuchs die Zahl der zwischen den einzelnen Abonnenten geführten telephonischen Gespräche in jedem Monat durchschnittlich um sechstausend.

Im Jahre 1882 hatten die telephonischen Leitungen in Berlin eine Gesamtlänge von 1554 Kilometer erreicht und es waren drei Centralstationen oder Vermittlungsstellen vorhanden, die sich in reichseigenen Gebäuden befinden. Beispielsweise sind in der Centralstation in der Französischen Strasse vier Klappensysteme mit je 50 Klappen aufgestellt. Drei und zeitweilig vier Beamte besorgen in der Zeit von 8 Uhr Morgens bis 9 Uhr Abends den Dienst; dieselben sind mit den bezüglichen Gewohnheiten der Abonnenten bald ganz vertraut geworden; sie wissen, zu welchen Zeiten, mit wem und wie lange die Einzelnen miteinander zu sprechen pflegen. Durch diese Uebung wird das Dienstgeschäft wesentlich erleichtert. Bei den drei Berliner Centralstationen sind in den Tagen vom 1. bis 21. December 1881 im Ganzen 34,530 einzelne Drahtverbindungen ausgeführt worden; es entfallen somit auf den Tag rund 1650 Verbindungen, oder, wenn man die schwächer benutzten drei Sonntage mit 728,540 und beziehentlich 333 Verbindungen in Abzug bringt, 1830 Verbindungen auf den Wochentag. Am stärksten sind die Vermittlungs-Beamten in der Zeit von 12 bis 1 Uhr Mittags während der Börse in Anspruch genommen. In dieser Stunde werden

allein im Centralamte der Französischen Strasse durchschnittlich 158 Verbindungen hergestellt. Von 3 bis 4 Uhr tritt eine kleine Pause ein, während der Verkehr in der Zeit von 5 bis 7 Uhr Abends sich wieder bedeutend steigert.

Von besonderem Interesse sind die Fernsprecheinrichtungen an der Berliner Börse. Die Sprechzellen sind hier so eingerichtet, dass das in den Apparat gesprochene Wort nicht hinaus dringen kann und dass die Sprechenden durch Geräusch von aussershalb nicht belästigt werden. Zu dem Zwecke sind die Zellen mit doppelten Wänden versehen und die Zwischenräume mit schlechten Schalleitern (Asche, Sägespänen u. s. w.) ausgefüllt. Der innere Raum ist zunächst mit dünner Pappe bekleidet, darüber ist auf Leisten gespannter, mit Baumwollstoff überzogener Filz und erst auf diesem ist die Tapete befestigt. Die nun auf diese Weise eingerichteten Sprechzellen der Berliner Börse werden stark benutzt. Auch die öffentlichen Fernsprechstellen haben bei dem Publicum eine günstige Aufnahme gefunden. Durch sie kann Jedermann gegen Entrichtung von 50 Pfennigen Gebühr für je 5 Minuten Sprechzeit nach Belieben mit jeder anderen Person sprechen, deren Wohnung oder Geschäftslocal in das allgemeine Fernsprechnetzt eingeschlossen ist.

Die Construction der jetzt gebräuchlichen Telephone ist bis zur äussersten Bequemlichkeit getrieben. Telephon und Signalapparat sind bei den besten Einrichtungen so auf einer Platte angebracht, dass bei dem Wegnehmen des Telephons von seinem Platze am Apparat sofort die Verbindung zwischen den beiden Stationen sich von selbst herstellt, während durch Hinstellen, respective Hinhängen des Telephons an seinen Platz die beiden Weckapparate in Verbindung gesetzt werden und also zur Benutzung bereit sind. Die Centralstation wird durch einen Weck- und Nummer-Apparat benachrichtigt, wann und mit wem man sich in telephonische Verbindung zu setzen wünscht, und diese Verbindung wird hergestellt, indem der betreffende Beamte an der Centralstation einen metallenen Pflock oder sogenannten Stöpsel an der geeigneten Stelle einsteckt; nach der durch ein Signal angezeigten Beendigung der Unterhaltung wird der Stöpsel wieder entfernt und damit auch die nun nicht mehr nöthige Verbindung unterbrochen.



# Alphabetisches Register.

	Seite		Seite
<b>A</b> bstossung, elektrische . . . . .	8	Element, Daniell- . . . . .	37
Accumulator . . . . .	44	— Faure- . . . . .	45
Aluminiumwerke . . . . .	29	— Leclanché . . . . .	37
Ampère . . . . .	18	— Maiche- . . . . .	36
Ampère'sches Gestell . . . . .	26	— Meidinger- . . . . .	38
Ampère's Regel über die Ablenkung der Magnet- nadel . . . . .	23	— Planté- . . . . .	45
Anziehung, elektrische . . . . .	8	— Tyer- . . . . .	35
<b>B</b> atterie, galvanische . . . . .	15	— Upward- . . . . .	42
— Leydner . . . . .	13	— Volta- . . . . .	34
Batterieschaltung . . . . .	16	— Wollaston- . . . . .	35
Beleuchtung, elektrische . . . . .	84	Extrastrom . . . . .	28
— des Anhalter Bahnhofes in Berlin . . . . .	99	<b>F</b> euermelder . . . . .	142
— des Hafens von Havre . . . . .	101	— Fein's . . . . .	142
— der Wiener Ausstellung . . . . .	103	Feuerwehrtelegraph . . . . .	142
Bleichung mit Electricität . . . . .	130	<b>G</b> alvanismus . . . . .	14
Bogenlicht . . . . .	91	Galvanoplastik . . . . .	110
— im Dienste der Schifffahrt . . . . .	101	— Anwendung derselben im Buch- und Kunstdruck . . . . .	116
Boot, elektrische . . . . .	76	— Apparate . . . . .	113 u. ff.
Bunsen'sche Kohle . . . . .	36	— Begriff und Zweck . . . . .	112
<b>C</b> entralversorgung von Städten etc. mit Elek- tricität . . . . .	104	Galvanoskop . . . . .	23
— Edison's . . . . .	103	Gegensprechen . . . . .	142
Collector . . . . .	62	Gleichstrom . . . . .	55
Commutator . . . . .	52	Gleichstrom-Maschinen . . . . .	61
Contact-Electricität . . . . .	33	— mit Blättermagnet . . . . .	61
Contact-Glühlampen . . . . .	91	— Edison . . . . .	69
— Reynier's . . . . .	91	— Gramme . . . . .	61
Copir-Telegraphen . . . . .	141	— Gülicher . . . . .	64
— Bain's . . . . .	141	— Siemens und Halske . . . . .	65
Cylinderinductor von Siemens . . . . .	54	— Trommel . . . . .	65
<b>D</b> eprez' Versuche in München . . . . .	79	Glühlampen . . . . .	85
Dichtigkeit der Electricität . . . . .	16	— Edison's . . . . .	85
Differentiallampen . . . . .	94	Glühlichtbeleuchtung, Anwendung der . . . . .	88
— von v. Hofner-Alteneck . . . . .	94	Grenet-Jarriant-Batterie . . . . .	40
Doppeltelegraphie . . . . .	141	Griscom-Batterie . . . . .	41
Drehstrom . . . . .	61, 82	Grubenbahn in Zauckerode . . . . .	79
Dynamomaschinen . . . . .	54	<b>H</b> auptstrom . . . . .	27
<b>E</b> isenbahn, elektrische . . . . .	77	<b>I</b> nduction . . . . .	27
Elektrisirmaschine . . . . .	12	Inductor, Ruhmkorff'scher . . . . .	27
Electricität . . . . .	8	Influenz . . . . .	10
Elektro-Dynamik . . . . .	25	Intensität, s. o. Stromstärke . . . . .	16
Elektrolyse . . . . .	20, 106	Joule's Gesetz . . . . .	19
— Analytische Anwendung derselben . . . . .	109	Isolation . . . . .	10
— Secundäre Vorgänge bei derselben . . . . .	108	Isolator . . . . .	10
— Theorie derselben . . . . .	107	<b>K</b> erzen, elektrische . . . . .	92
Elektrolyt . . . . .	106	— Jablochhoff- . . . . .	92
— Widerstand desselben . . . . .	106	Kraftübertragung, elektrische . . . . .	73
Elektrolytische Erscheinungen . . . . .	107	— Gesetz der . . . . .	74
Elektro-Magnet . . . . .	25	— Verluste bei derselben . . . . .	75
Elektro-Magnetismus . . . . .	25	— auf grosse Entfernungen . . . . .	75
Elektrometallurgie . . . . .	126	Kupferüberzüge, galvanische . . . . .	81
Elektromotorische Kraft . . . . .	17	<b>L</b> ampen für Bogenlicht . . . . .	92
Elektrothermometer . . . . .	19	— Brush- . . . . .	93
Element, galvanisches . . . . .	34	— Locomotiv- . . . . .	101
— Bunsen . . . . .	37	— Serrin- . . . . .	92
— Chrom- . . . . .	39	Leydner Flasche . . . . .	12
— constantes . . . . .	36		

Leydner Batterie . . . . .	Seite 13	Spiegelablesung . . . . .	Seite 24
Leiter . . . . .	10	Spiegelgalvanometer . . . . .	24
Leitung, elektrische . . . . .	10	Statendarstellung durch Galvanoplastik . . . . .	110
Leitungsfähigkeit . . . . .	10	Strassenbahn, elektrische . . . . .	77
Licht, elektrisches, seine Eigenschaften und Entstehung . . . . .	84	Strassenbeleuchtung, elektrische . . . . .	101
Locomotive, elektrische . . . . .	47	Strom, galvanischer . . . . .	14
Magnetinduction . . . . .	29	— primärer . . . . .	27
Magnetmaschinen . . . . .	51	— secundärer . . . . .	27
— Pixii . . . . .	51	Stromregulirung . . . . .	98
— Siemens und Halske . . . . .	52	— für Glühlampen . . . . .	39
— Trommel . . . . .	65	Stromstärke . . . . .	16
— Wilde . . . . .	54	Stromtheilung . . . . .	98
Metallfärbung durch Galvanismus . . . . .	126	— Edison's . . . . .	81
Metallgewinnung aus Verbindungen . . . . .	127	Tafel, Franklin'sche . . . . .	13
Mikrophon . . . . .	152	Telegraph . . . . .	131
— Hughes- . . . . .	152	— chemischer . . . . .	141
— Blake- . . . . .	152	— Sömmering . . . . .	132
Molecularströme der Magnete . . . . .	26	— elektrostatischer . . . . .	131
Montirung für Bogenlichtlampen . . . . .	95	— Nadel- . . . . .	133
— von Glühlampen . . . . .	88	— Schreib- . . . . .	139
Motor, Froment's . . . . .	75	— transatlantischer . . . . .	136
— Trouvé's . . . . .	76	— Typendruck- . . . . .	137
Multiplicator . . . . .	23	— Zeiger- . . . . .	136
Nadeltelegraph . . . . .	134	Telephon . . . . .	147
— Ritchie . . . . .	133	— Reis . . . . .	148
— Schilling . . . . .	133	— Bell . . . . .	150
— Wheatstone . . . . .	133	Telephonanlagen . . . . .	153
Naturkräfte, ungenutzte . . . . .	74	Thermo-Electricität . . . . .	49
Naturselbstdruck . . . . .	116	Thermosäulen . . . . .	49
Nebenschlusslampen . . . . .	93	— Clamond . . . . .	50
Negative Electricität . . . . .	9	— Noé . . . . .	70
Nichtleiter . . . . .	9	Transformator . . . . .	70
Nobili'sche Farbenringe . . . . .	126	Trommelinductor . . . . .	65
Oersted's Versuch . . . . .	22	Typendruck-Telegraph . . . . .	137
Oeltransformator . . . . .	72	— Hughes- . . . . .	138
Ohm . . . . .	18	Uhr, elektrische . . . . .	143
Ohm'sches Gesetz . . . . .	18	— sympathische . . . . .	143
Parallele Ströme, Anziehung und Abstossung derselben . . . . .	25	— Hipp . . . . .	144
Pendel, elektrisches . . . . .	8	— Houdin . . . . .	144
Platinüberzüge . . . . .	119	— Stöhrer . . . . .	144
Pol . . . . .	15	Vertheilung, elektrische . . . . .	10
Polarisation . . . . .	35	Verbleien . . . . .	118
Positive Electricität . . . . .	9	Vergolden . . . . .	125
Princip, dynamoelekt. . . . .	29	Vernickeln . . . . .	123
Pulvermacher's Kette . . . . .	36	Versilbern . . . . .	119
Quantität . . . . .	16	Verzinken . . . . .	118
— Schaltung auf . . . . .	16	Verzinnen . . . . .	118
Reibungselectricität . . . . .	8	Volt . . . . .	18
Reinmetallgewinnung . . . . .	128	Voltmeter . . . . .	21
Relais . . . . .	140	Volta'scher Lichtbogen . . . . .	20, 90
Ring, Gramme's . . . . .	61	Volta'sche Säule . . . . .	34
— Pacinotti's . . . . .	53	Wärme-Entwicklung des galvanischen Stromes . . . . .	19
Schreibtelegraph . . . . .	139	Wasszersetzung . . . . .	20
— Morse . . . . .	139	— Apparat . . . . .	21
Schweissung, elektrische . . . . .	20	Wechselstrom . . . . .	29
Secundärbatterie . . . . .	44	Wechselstrom-Maschine . . . . .	55
Silbergalvanoplastik . . . . .	119	— Alliance . . . . .	56
Solenoid . . . . .	26	— Brush . . . . .	60
Spannung . . . . .	16	— Ganz . . . . .	59
— Differenz . . . . .	16	— Gramme . . . . .	57
— Reihe . . . . .	33	Widerstand . . . . .	16
		Zeigertelegraph . . . . .	136
		— Siemens und Halske . . . . .	137
		— Stöhrer . . . . .	137
		Zustand, elektrischer . . . . .	8

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

DIE

# ELEKTRICITÄT IM DIENSTE DER MENSCHHEIT.

Eine populäre Darstellung der magnetischen und elektrischen Naturkräfte  
und ihrer praktischen Anwendungen.

Nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft bearbeitet

von **Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky.**

Mit 830 Illustrationen. 70 Bogen. Gross-Octav. Geheftet 6 fl. = 10 Mark 80 Pf.  
In Original-Prachtband 7 fl. 20 kr. = 13 Mark.

# DIE ELEKTRICITÄT DES HIMMELS UND DER ERDE

von **Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky.**

Mit 400 Illustr. und Farbentafeln. 61 Bog. Gross-Octav. Geh. 6 fl. = 10 M. 80 Pf.  
In eleg. Original-Prachtband 7 fl. 20 kr. = 13 Mark.

## Die physikalischen Grundsätze

der

# ELEKTRISCHEN KRAFTÜBERTRAGUNG.

Eine Einleitung in das Studium der Elektrotechnik.

Von **Joseph Popper.**

Mit einer Figurentafel. 4 Bogen. Gross-Octav. Geheftet 80 Kr. = 1 M. 50 Pf.

**Elektrische Erscheinungen und Theorien.** Kurzer Abriss eines Courses von sieben Vorlesungen, abgehalten in der Royal Institution of Great Britain von John Tyndall. Mit des Autors Bewilligung in das Deutsche übertragen von Joseph v. Rosthorn. 7 Bogen. Octav. Gebunden 1 fl. = 1 Mark 80 Pf.

**Das elektrische Potential oder Grundzüge der Elektrostatik.** Von A. Serpieri, Professor der Physik an der Universität u. d. Lyceum zu Urbino. Aus dem Italienischen in das Deutsche übertragen von Dr. R. v. Reichenbach. Autorisirte Ausgabe. Mit 44 Abbildungen. 16 Bogen. Octav. Geheftet Preis 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

**Vorträge über Electricität.** Von John Tyndall. Mit des Autors Erlaubniss in das Deutsche übertragen von Joseph v. Rosthorn. Mit 58 Abbildungen. 10 Bogen. Octav. Elegant gebunden Preis 1 fl. 20 kr. = 2 Mark 25 Pf.

**Die atmosphärische Electricität.** Von Luigi Palmieri. Mit Zustimmung des Verfassers aus dem Italienischen übersetzt von Heinr. Discher, k. k. Telegraphen-Official. Mit 8 Abbildungen. 4 Bogen. Octav. Geheftet Preis 50 Kr. = 1 Mark.

**Die mechanischen, elektrostatischen und elektromagnetischen absoluten Masse, mit Anwendung auf mehrfache Aufgaben.** Elementar abgehandelt von Prof. A. Serpieri. Deutsch von Dr. R. v. Reichenbach. Autorisirte Ausgabe. 10 Bogen. Octav. Geheftet Preis 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

# DIE ELEKTRICITÄT.

Eine kurze und verständliche Darstellung der Grundsätze, sowie der Anwendungen der Electricität zur Kraftübertragung, Beleuchtung, Galvanoplastik, Telegraphie und Telephonie.

Für Jedermann geschildert von

**Th. Schwartz, E. Japing u. A. Wilke.**

Vierte Auflage. Mit 156 Abbildungen.

10 Bogen Octav. Eleg. geb. 80 Kr. = 1 M. 50 Pf.

## Die Fortentwicklung der elektrischen

# EISENBAHN - EINRICHTUNGEN

VON

**L. Kohlfürst,**

Eisenbahn-Oberingenieur a. D.

Mit 106 Abbildungen. 20 Bogen. Oktav.

Geh. 2 fl. 75 kr. = 5 Mark.

Elegant geb. 3 fl. 30 kr. = 6 Mark.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

**Kleines  
Handwörterbuch**  
enthaltend das Wichtigste aus der Lehre der  
**ELEKTRICITÄT.**

Von  
Wilhelm Biscan.

Mit 70 Abbildungen. 6 Bogen. Klein-Octav.  
Handlich gebunden 80 Kr. = 1 M. 50 Pf.

**Der Druck-Telegraph Hughes.**

Seine Behandlung und Bedienung.

Speciell für Telegraphen-Beamte.

Von J. Sack,

kaiserlicher Telegraphen-Inspector.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 48 Abbildungen. 10 Bogen. Octav. Geheftet  
Preis 1 fl. 20 kr. = 2 M. 25 Pf.

Die volkswirthschaftliche Bedeutung  
der  
**ELEKTRICITÄT**  
und das Elektromonopol.

Von  
Arthur Wilke.

8 Bogen. Octav. Geheftet 80 Kr. = 1 M. 50 Pf.

Die chemische Theorie

der  
**Secundären Batterien**

(Accumulatoren) nach Planté u. Faure.

Von  
J. H. Gladstone und Alfred Tribe.

Aus dem Englischen von Dr. R. von Reichenbach.  
Autorisirte Uebersetzung.

5 Bogen. Octav. Geh. 55 Kr. = 1 Mark.

A. Hartleben's mechanisch-technische Bibliothek.

I. BAND.

**CONSTRUCTION UND BETRIEB DER LOCOMOBILEN.**

Handbuch für Machinisten, Besitzer und Wärter von Locomobilen,  
Landwirthschafts- und Fabriksbeamte, angehende Techniker, sowie für  
Locomobilenwärter-Lehrurse.

Von Otto v. Taborsky,

Director des königlich ungarischen technologischen Gewerbe-Museums in Budapest.

Mit 306 Abbildungen. Octav. 32 Bogen.

Geh. 5 fl. = 9 Mark, geb. 5 fl. 80 kr. = 10 M. 50 Pf.

II. BAND.

Die

**Uhrmacherskunst und die Behandlung der Präcisionsuhren.**

Handbuch für Uhrmacher, Hydrographen, Nautiker, Techniker, angehende Astronomen,  
reisende Geographen und Naturforscher, sowie für Besitzer von Präcisionsuhren (Besitzer von  
Zeitwarten, meteorologischen Beobachtungsstationen u. s. w.)

Von Eugen Gelcich.

Director der k. k. nautischen Schule in Lussinpiccolo.

Mit 249 Abbildungen. 41 Bogen. Gross-Octav. Geheftet 5 fl. 50 kr. = 10 Mark.

Eleg. und dauerh. geb. 6 fl. 60 kr. = 12 Mark.

Illustriertes Hand- und Hilfsbuch  
für den

**PRAKTISCHEN METALLARBEITER.**

Ein Vademecum

für Metallarbeiter aller Branchen, für Maschinenbauer, Metallgiesser, Dreher,  
Klempner, Gürtler, Galvanoplastiker, Bronzeure etc. etc.

Bearbeitet von H. Schubert.

Mit 300 Text-Illustrationen und 15 in Farben- und Tondruck ausgeführten Tafeln.

46 Bogen. Gross-Octav. Geheftet 4 fl. 50 kr. = 8 M. 10 Pf., in Original-Prachtband 5 fl. 50 kr. = 10 Mark.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

# A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrierten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs  
= 1 R. 80 Kop., elegant gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Francs 35 Cents  
= 2 R. 40 Kop.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

## Inhalt der Sammlung:

I. Band. Die Construction der magnet-elektrischen und dynamo-elektrischen Maschinen. Von Gustav Glaser-De Cew. 5. Auflage, bearbeitet von Dr. F. Auerbach. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 3. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren, Thermoäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartz. 3. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reimmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektrizität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Auflage. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. 2. Auflage. — XV. Band. Die Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn, bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Levandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektrizität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektrizität und des Magnetismus, 1860–1888. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartz. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektrizität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektrizität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabrikmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Joseph Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik. Von August Neumayer. — XXXIV. Band. Elektrizität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus und Hypnotismus. Von G. Gessmann. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Elektrizität bei registrirenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektrizität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Höh. — XXXVIII. Band. Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen. Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. Materialien für Kostenvoranschläge elektrischer Lichtanlagen. Von Etienne de Fodor. — XL. Band. Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen. Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. Die Glühlampe, ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias. — XLIII. Band. Die elektrischen Verbrauchsmesser. Von Etienne de Fodor. — XLIV. Band. Die elektrische Schweißung und Löthung. Von Etienne de Fodor — u. s. w. u. s. w.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.



S. 67



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

5498

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299122