



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann**

**Spiller, Philipp**

**Berlin, 1866**

Vierter Abschnitt. Von der Elektrizität.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-73841](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-73841)

Gesamtniederschläge. Es ist zur Beurtheilung der meteorologischen Verhältnisse verschiedener Gegenden nicht unwichtig, die Menge der sämtlichen wässrigen Niederschläge und ihre Vertheilung auf die verschiedenen Zeiten des Jahres kennen zu lernen. Man stellt zu diesem Zwecke Regenmesser im Freien so auf, daß von allen Seiten die Niederschläge sie treffen. Zwischen einem dreifüßigen Gestelle befindet sich ein Metallgefäß, dessen obere Öffnung genau einen pariser Quadratzoll groß ist; seine vier Seitenwände gehen weder gleich lotrecht, noch nach innen zusammenlaufend herab, sondern von den oberen Kanten an sofort nach außen bauchig, damit vom Winde schief getriebener Regen nicht heraus spritze; dann verjüngt sich das Gefäß zu einer engen Öffnung, durch welche der Regen u. s. w. in ein angeschraubtes Sammelgefäß mit einem unten befindlichen Hahne lauft; durch letzteren erfolgt die Messung in einem in ganze und Zehntel Kubikzolle eingetheilten Glaszyylinder.

Weiß man die Menge der Niederschläge in Kubikzollen, welche auf einen Quadratfuß Oberfläche kommen; so läßt sich leicht die Regenhöhe berechnen, d. h. wie hoch die Erdoberfläche bedeckt sein würde, wenn das Wasser weder eingesickert, noch verdunstet wäre. Sie beträgt nach einer langen Beobachtungszeit für Berlin gegen 22, für die ganze Erdoberfläche etwa 30 Zoll.

## Vierter Abschnitt.

### Bon der Elektrizität.

Wir haben früher (Bd. II. S. 19) der allgemeinen Uebersicht wegen nur die wesentlichsten Erscheinungen, welche man elektrische nennt, und auch nur die Reibung, als die eine Methode, sie hervorzurufen, kennen gelernt. In diesem Abschnitte wollen wir der Sache näher treten und außer der Elektrizität durch Reibung auch die durch Atombewegung untersuchen.

#### A. Elektrizität durch Reibung.

Zunächst zeigt die Erfahrung, daß durch Reibung nicht alle Körper elektrisch werden und dann, daß die elektrischen untereinander in einem Gegensatz stehen.

Leitungsfähigkeit. Wird eine in der Hand gehaltene Siegel lackstange (oder eine Glassstange) an einer Stelle mit trockenem wolleinem Zeuge gerieben, so zeigt sie sich nur an der geriebenen Stelle elektrisch, an den anderen aber nicht; reibt man eine Metallstange mit irgend einem Körper, so zeigt sie keine Spur von Elektrizität. Dene ist

also zwar zur Entwicklung der Elektrizität fähig, verbreitet oder leitet sie aber von der geriebenen Stelle nicht weiter fort; diese ist entweder unfähig, an sich die Elektrizität entwickeln zu lassen, oder, wenn es der Fall ist, so leitet sie dieselbe im Augenblicke der Entstehung auch sofort weiter, wozu dann der menschliche Körper auch behilflich sein müßte, um sie in den Erdboden zu führen.

Um die Frage zu entscheiden, mache man sich zwei Kugelchen aus dem Marke der Sonnenrosenstaude, hänge das eine an einen Faden aus Siegellack (Schellack, Glas, Seide), das andere an einen Metallfaden. Nun bringe man sie nach einander mit der geriebenen Stelle der Siegellackstange in Berührung, und es zeigt sich, daß dadurch nur das erste Kugelchen Elektrizität angenommen und behalten hat, das zweite muß sie zwar auch angenommen haben, läßt aber keine Spur davon erkennen, es hat sie also der Metalldraht fortgeführt. Daraus ergibt sich: Siegellack ist ein Nichtleiter, Metall ein Leiter für die Elektrizität; wenn man sie in der Hand hält, so kann an jenem die Elektrizität durch Reibung erzeugt werden, an diesem nicht.

Wenn man an den einen von zwei Seidenfäden (Rokonsäden, wie sie die Seidenraupe spinnt) eine kleine Harzkugel, an den anderen eine Metallkugel hängt und nun diese Kugeln nach einander an einer einzelnen Stelle mit einer Elektrizitätsquelle in unmittelbare Berührung bringt; so zeigt sich die Harzkugel nur an der berührten Stelle, die Metallkugel aber auf ihrer ganzen Oberfläche elektrisch. Neben der Bestätigung der vorigen Behauptung erkennen wir hierbei, daß die Seide ein Nichtleiter ist.

Schließt man das eine Ende einer Glasküvette durch einen feuchten Kork, steckt man durch diesen einen Metalldraht, welchen man eine weite Strecke fortführt und mit einer kleinen Kugel endigen läßt, und reibt man dann die Glasküvette in der Nähe des Verschlusses mit einem Lederfleckchen, auf welchem etwas Amalgam (4 Thle. Quecksilber, 2 Thle. Zinn, 3 Thle. Zink) gestrichen ist; so zeigt sich die Kugel sofort elektrisch. Unterbricht man den Metalldraht durch ein Stück trockene Seidenschnur, so zeigt sie keine Spur von Elektrizität.

Auf eine solche und ähnliche Weise läßt sich die Leitungsfähigkeit der verschiedenen Körper untersuchen. Wird ein elektrischer Leiter von einem anderen und mit dem Erdboden in Verbindung stehenden Leiter berührt, so verliert jener seine ganze Elektrizität; wird aber ein elektrischer Nichtleiter ebenso berührt, so verliert er die Elektrizität nur an der berührten Stelle. Je schneller und vollständiger ein elektrischer Körper bei der Berührung durch einen anderen mit der Erde in Verbindung stehenden seine Elektrizität verliert, desto bessere Leiter sind beide.

Wenn auch unter den verschiedenartigen Körpern in Beziehung auf die Leitungsfähigkeit eine scharfe Grenze nicht gezogen werden kann, so

darf man doch eine gewisse Reihe als gute, eine andere als schlechte Leiter bezeichnen. Die Leitung der Körper für den Schall, das Licht und die Wärme war ja auch sehr verschieden

Zu den Nichtleitern oder sehr schlechten Leitern der Elektrizität gehören außer dem Siegellack alle harzigen Körper, wie Schellack, Kollophonium, Bernstein, Guttapercha, arabisches Gummi, Pech, dann Schwefel, Glas, Porzellan, Seide, trockenes Holz, Elfenbein, Maschinenpapier, Wachs, Phosphor, Federn, Haare, getrocknete Luft; zu den Leitern: Wasser und alle wasserhaltigen Körper, also auch sehr feuchte Luft, alle thierischen und vegetabilischen Flüssigkeiten und somit alle lebenden Thiere und Pflanzen, alle Säuren, die meisten Salze und ihre Lösungen, Kohle, die Erze, besonders aber alle Metalle und der ganze Erdkörper. Sind feste Nichtleiter in den tropfbaren Zustand übergegangen, so sind sie zu Leitern geworden.

Man kann an einem Leiter nur dann die an ihm entwickelte Elektrizität erkennen, wenn er ringsum von Nichtleitern umgeben, d. h. wenn er isolirt ist. Stehen oder sitzen wir auf einem Stuhle, dessen Füße aus Glas bestehen, welches mit einem Firnis überstrichen ist, um es stets trocken zu erhalten und ist die umgebende Luft auch trocken, so sind wir selbst isolirt und fähig, alle elektrischen Erscheinungen an uns entwickeln und erkennen zu lassen. Jener Stuhl heißt ein Isolirstuhl. Statt dessen könnte man sich auf ein Brett stellen, welches in seidenen Schnüren hängt oder auf einem Harzkuchen von hinreichender Stärke.

Wenn nun durch Reibung nicht alle Körper elektrisch sich zeigen, so dürfen wir nach den soeben gemachten Erfahrungen doch noch vermuten, daß sie wohl auch elektrisch werden, aber ihre Elektrizität nicht zeigen können, wenn sie Leiter sind und nicht schon während der Reibung isolirt werden. Und in der That werden zwei Körper, welche irgend eine Verschiedenheit nach Stoff, Mischungsverhältniß, Härte, Politur, Form, Farbe, Temperatur u. s. w. nicht nur beim Reiben aneinander, sondern auch beim Drücken aufeinander, beim Berühren und selbst beim Annähern aneinander elektrisch, wenn auch der Grad ein oft so geringer ist, daß er nur durch besondere Mittel erkannt werden kann.

**Elektrischer Gegensatz.** Bevor wir aber darauf eingehen, müssen wir einen in der Elektrizität selbst liegenden Gegensatz kennenlernen. Hängen wir zwei gleich große Kugelchen von Sonnenrosenmark an Kokonsäden nebeneinander auf und bringen sie mit einer Siegellackstange in Berührung, welche mit Wollenzeug gerieben worden ist, so gehen sie sofort auseinander und bleiben um so länger in größerer Entfernung stehen, je trockener die Luft ist. Haben sie ihre ursprüngliche Entfernung wieder erlangt oder hat man sie durch Berührung mit einem Leiter unelektrisch gemacht, reibt man dann eine Glasschale mit demselben Zunge und berührt man die Kugelchen mit ihr; so gehen

sie wieder, wie vorhin, auseinander und diese Erscheinung bietet gegen die vorige nichts Neues. Wenn man aber das eine Kugelchen mit dem geriebenen Siegellack, das andere mit dem geriebenen Glase berührt hat, so eilen dieselben aneinander und man sieht im Finstern sogar einen Lichtschein, wenn sie recht stark elektrisch sind, und ihre Elektrizität ist verschwunden. Daraus ergibt sich, daß die Elektrizität nicht etwas in sich Uebereinstimmendes ist, sondern daß sie einen Gegensatz oder zwei einander entgegengesetzte Kräfte enthält, welche einander aufzuheben vermögen.

Man nannte früher die eine Glaselektrizität, die andere Harzelektrizität, und wenn andere Körper sich elektrisch zeigten, so konnte man leicht erkennen, ob sie Harz- oder Glaselektrizität besaßen, denn jene muß ein durch Glas, welches mit Wolle gerieben worden, elektrisiertes und isolirtes Kugelchen abstoßen, diese es anziehen. Man kann natürlich die Prüfung auch durch Harzelktrizität vornehmen.

Weitere Untersuchungen ließen aber erkennen, daß an jedem Körper jede Elektrizität entwickelt werden könne und daß man daher eine passendere Benennung für die beiden sich entgegengesetzt äußernden elektrischen Kräfte einführen müsse. Man nennt demnach die an dem Glase mittels eines Wollensleckens hervorgerufene Elektrizität positiv (bezeichnet mit + E), die an dem Siegellack durch einen ebensolchen Flecken erzeugte negativ (bezeichnet mit - E) und bestimmt darnach, ob sich irgendwie zeigende Elektrizität mit jener oder mit dieser übereinstimmend ist. Positive und positive einerseits, negative und negative Elektrizität andererseits sind gleichnamig, negative und positive aber ungleichnamig. Demnach wird das oben aufgefundene Gesetz der Anziehung und Abstoßung jetzt allgemein heißen:

gleichnamige Elektrizitäten stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.

Als Beispiele davon, daß jeder Körper jede Elektrizität annimmt, wollen wir nur anführen: Seide wird gerieben mit Siegellack positiv, mit Glas aber negativ; Harz wird durch ein metallisches Amalgam positiv, durch ein thierisches Fell negativ; glattes Glas wird positiv, mattgeschliffenes negativ, wenn man mit einer trockenen Hand reibt.

Es nimmt also jeder Körper nicht nur jede Elektrizität an, sondern besitzt sie schon und es kommt nur auf die Umstände an, ob die eine oder die andere unmittelbar hervortritt. Es ist in dieser Beziehung ein zweites und durchgreifendes Gesetz festzuhalten:

von zwei aneinander geriebenen oder miteinander zur Berührung kommenden Körpern wird der eine positiv, der andere negativ elektrisch.

Es ist natürlich, daß die Körper isolirt sein müssen, um dieses erkennen zu lassen. Hält man z. B. zwei Scheiben aus verschiedenartigen

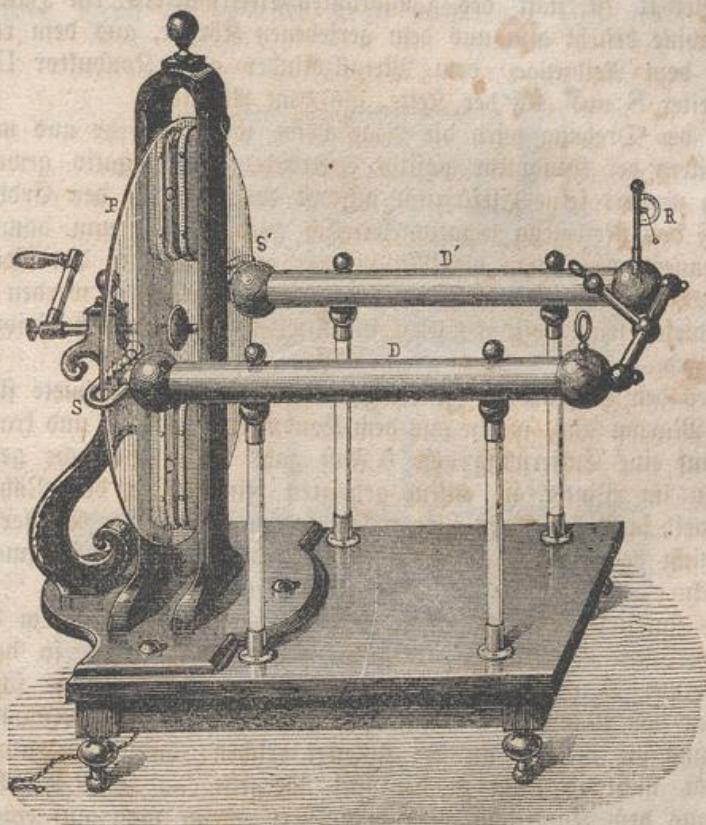
Körpern, eine mit amalgamirtem Leder überzogene Holzscheibe und eine Glasscheibe, an zwei Glasstäben und reibt sie aneinander, so wird die Holzscheibe negativ, die Glasscheibe positiv. — Drückt man eine ebenso gehaltene Metallplatte auf Wachstaffet, so wird sie positiv; der Taffet negativ elektrisch. — Ein erwärmer Papierstreifen wird in Berührung mit rauhem Metalle negativ, mit polirtem positiv. — Reibt von zwei isolirten Personen die eine die andere mit einem behaarten Felle, so wird die eine positiv, die andere negativ elektrisch. — Wird mattgeschliffenes Glas auf polirtem gerieben, so wird jenes negativ, dieses positiv. — Wird weißes Seidenzeug mit schwarzem gerieben, so wird jenes positiv, dieses negativ elektrisch. — Wie eine verschiedene Anordnung der Fasern eine solche Verschiedenheit hervorbringt, zeigt sich, wenn man zwei Stücke desselben Bandes kreuzweise aneinander schleift, denn das nach der Quere geriebene wird negativ, das andere positiv elektrisch. — In der Nähe der Körper: Katzenfell, polirtes Glas, wollenes Zeug, Federn, Holz, Papier, Seide, Schellack, mattes Glas wird einer positiv, wenn er mit einem auf ihm folgenden, und negativ, wenn er mit einem vorhergehenden gerieben wird.

**Elektrizitätsanzeiger.** Um das Vorhandensein auch geringer Grade von Elektrizität zu erkennen und dafür einen relativen Maßstab zu haben, dienen die Elektroskopie und Elektrometer, von denen wir nur je eines anführen wollen.

Das Coulombsche Elektroskop besteht in einem zarten Stäbchen aus Schellack, welches an einem Kokonfaden hängt und an dem einen Ende ein Scheibchen von Mäuschgold trägt. Der Faden ist um ein horizontales Holzstäbchen drehbar, um ihn zu verlängern oder zu verkürzen und ist zum Schutze gegen Luftzug von Glas umgeben. Ist das Scheibchen mit einem elektrischen Körper in Berührung gewesen, so muß es sich dann von ihm entfernen, weil es gleichnamige Elektrizität hat. Weiß man die Art dieser Elektrizität, so kann man leicht bestimmen, ob ein zweiter elektrischer Körper dieselbe oder eine andere Art besitzt, denn im ersten Falle wird das Scheibchen noch abgestoßen, im zweiten aber angezogen.

Das Quadrantenelektrometer besteht in einem lotrecht gestellten und eingetheilten Kreisquadranten, dessen oberer Strahl horizontal liegt; der andere lotrechte Strahl besteht aus einem etwas stärkeren Metalldrahte, welcher ein im Mittelpunkte des zugehörigen Kreises festiges, isolirtes und bis zum Kreisbogen reichendes Pendel trägt. Ist nun der metallene Ständer durch Verbindung mit einem anderen Körper elektrisch, so ist es auch der ihn berührende Pendelkörper und da beide gleichnamig elektrisch sind, so wird letzterer ab und in die Höhe gestoßen. Aus dem von ihm zurückgelegten Winkel kann man bei einem bestimmten Instrumente auf die relative Stärke der Elektrizität aus verschiedenen Quellen schließen.

**Elektrifirmaschinen.** Um Elektrizität in erhöhtem Maße hervorzurufen und damit umfangreichere Versuche anzustellen, hat man verschiedene Maschinen gebaut und als die wirksamsten die Glasscheiben und die hydroelektrischen Maschinen gefunden.



(Fig. 367.)

In Fig. 367 ist eine Scheibenmaschine dargestellt. P ist eine schwache und recht eben geschliffene Glasscheibe, welche mittelst einer durch ihre Mitte gehenden Kurbel drehbar ist; die Kurbelaxe ruht auf zwei Ständern, zwischen welchen die Scheibe sich befindet; die Reibung der Scheibe wird durch zwei Paare von gepolsterten und mit Quecksilberamalgam besirichenen Lederklässen C und C', von denen das eine durch die Ständer oben, das andere unten gehalten und mittelst Federn an die Scheibe gedrückt wird; in gleicher Höhe mit der Kurbelaxe befinden sich zwei hohle Messingzylinder D und D', jeder auf zwei mit Schellack überzogenen Glasfüßen, deren Axyen lotrecht auf der Ebene der Scheibe stehen, also miteinander parallel sind; an der Scheibe trägt jeder einen dieselbe theilweise umfassenden Metallbügel SS' mit Metall-

spitzen, welche dem Glase sich fast bis zur Berührung nähern; an der anderen Seite endigen die Zylinder sich in Kugeln, welche durch ein metallenes Querstück verbunden sind. Von den beiden Lederkissen aus geht noch ein Metallkettchen oder eine Metallspirale bis an den Erdboden. Bei R ist statt des Quadranten-Elektrometers ein Halbkreis. Die Maschine besteht also aus dem geriebenen Körper, aus dem reibenden oder dem Reibzeug, dem Metallzylinder oder Kondensator D mit dem Zuleiter S und aus der Kette, als dem Ableiter.

Bei der Drehung wird die Glasscheibe und von ihr aus mittelst des Zuleiters der Kondensator positiv elektrisch, das negativ gewordene Reibzeug verliert seine Elektrizität mittelst der Kette an den Erdboden.

Dass das Reibzeug negativ elektrisch wird, kann man dann sehr leicht erkennen, wenn man die Maschine so einrichtet, dass das Reibzeug isolirt und der Kondensator mit der Erde leitend verbunden werden kann, wodurch dieser seine positive Elektrizität verliert und die des Reibzeuges erkannt wird.

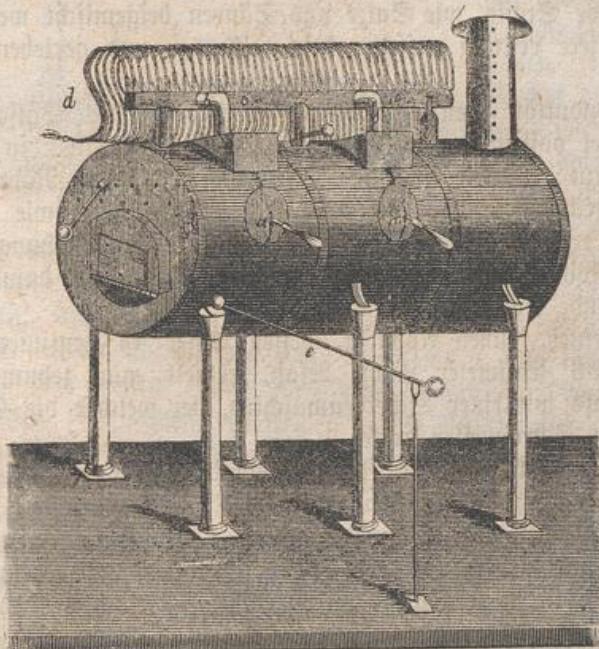
Unter den in früheren Zeiten gebauten Maschinen zeichnete sich die von van Marum aus, welche aus dem Kondensator gewaltige und krachende Funken auf eine Entfernung von 6 Fuß gab. Die Versuche gelingen am besten im Winter in einem geheizten Zimmer in der Nähe des Ofens, weil in dieser Jahreszeit die absolute Menge der Wasserdünste an sich nicht bedeutend ist und die Luft überdies durch die Wärme noch ausgetrocknet wird.

Als Zuleiter wählt man jetzt lieber Ringe von gefirnißtem harten Holze zwar mit Metallspitzen, aber in vertieften Furchen, so dass sie nicht bis über die Holzfläche hervorragen. An die Reibzeuge schließen sich Flecken von Wachstaffet, welche sich beim Drehen an die Glasscheibe anlegen und bis beinahe an die Zuleiter reichen, damit die entwickelte Elektrizität nicht so leicht in die Luft übergehe. — Die Stärke der Funken aus dem Kondensator wird vergrößert, wenn man auf eine größere Messingkugel am Kondensator eine kleine unmittelbar aufsetzt. — Eine weitere höchst auffallende Steigerung der Wirkung tritt ein, wenn man auf einen solchen Kondensator einen Ring von hartem Holze, welches einen Metallsdraht einschließt, glatt und gefirnißt ist, mittelst eines ebenfolchen Stieles von 1 bis 2 Fuß Länge stellt.

Gewöhnlich bringt man noch einen sogen. Funkenzieher neben dem Ende des Kondensators an. Es ist ein starker, horizontal verschiebbarer Metallsdraht auf einem isolirenden Ständer mit zwei Metallkugeln an seinen Enden, einer größeren dem Kondensator zugekehrten und einer kleineren an der anderen Seite. Durch seine Verschiebung hat man es in seiner Gewalt, kürzere oder bis zu einer gewissen Gränze längere Funken aus dem Kondensator zu ziehen.

Gleichwie die Hervorbringung von Tönen durch Reibung nicht an einen bestimmten Aggregatzustand der Körper gebunden war, so ist es

auch mit der Elektrizität. In dieser Beziehung sind die Hydroelektrisirmaschinen interessant, weil sie einen bedeutenden Grad von Elektrizität durch Reibung des Wassers an einem festen (Holz, Glas, Metall) oder flüssigen (Terpentinöl) Körper entwickeln lassen. Das Wasser wird durch die Kondensation von Dämpfen erzeugt, welche selbst durch ihren Druck die reibende Kraft enthalten. Fig. 368 gibt der



(Fig. 368.)

Hauptsache nach eine Darstellung von einer solchen Maschine. Innerhalb eines isolirten Metallzylinders ist der ganzen Länge nach eine Feuerung, welche zu einem beweglichen Schorustein führt, um ihn, wenigstens anfänglich, in einen Kamin zu leiten. Die ganze Feuerung ist bis zu zwei Dritteln der Kesselhöhe von vollkommen reinem Wasser umgeben und erhält die zum Brennen nöthige Luft durch kleine oben angebrachte Öffnungen einer Vorhüre, um vorgewärmt zu werden. Ein Sicherheitsventil gestattet einen Dampfdruck bis zu 6 Atmosphären. Der Dampf geht aus dem Kessel durch Gußeisenrohre, von da durch einen schmalen Sägeausschnitt und ein enges Loch in einem Messingstücke in einem durchbohrten Zylinder von hartem mit reinem Wasser getränktem Holze und strömt endlich gegen ein mit Spitzen versehenes Drahtgitter an einem isolirten Kondensator. Der Kondensator wird positiv, der Kessel negativ elektrisch. Jenachdem man jene oder diese Elektrizität in erhöhtem

Masse erlangen will, muß man beziehungsweise den Kessel oder den Konduktor mit der Erde in leitende Verbindung bringen. Die Zahl der Ausströmungsmündungen erhöht die Wirkung. In ihnen muß sich ein Theil des Dampfes verdichten, wenn überhaupt ein Erfolg entstehen soll; ist nämlich die Erhitzung dieser Röhren so groß, daß nur Dampf ausströmt, so zeigt sich keine Elektrizität; deshalb umgibt man sie auch bisweilen mit kaltem Wasser. Geschwächt wird die Wirkung, wenn dem Wasser leitende Stoffe, wie Salze und Säuren beigemischt werden, weil diese eine bessere Leitung zwischen dem reibenden und geriebenen Körper bewirken.

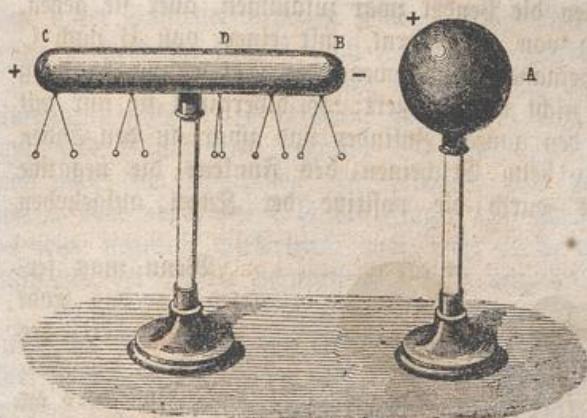
Der Konduktor kann auch durch den Dampf des Wassers negativ und der Kessel positiv werden, wenn nur die Flüssigkeit in der Holzröhre eine dazu geeignete ist, wie Terpentinöl. Ist die Röhre nur mit Terpentin getränkt, so zeigt sich noch keine Wirkung, sowie man dann aber etwas Terpentin hineinläßt, so wird durch seine Reibung am Holze mittelst des Wasserdampfes sowohl dieser, als auch der damit in Verbindung stehende Konduktor negativ.

Durch einen solchen Apparat, dessen Kessel 44 Zentimeter Durchmesser und 96 Zentimeter Länge besaß, erhielt man zehnmal so viel Elektrizität, als mit einer Scheibenmaschine, bei welcher die Glasscheibe 71 Zentimeter Durchmesser hatte.

Man kann die Dämpfe einer Lokomotive oder eines feststehenden Dampfkessels auch zur Entwicklung von Elektrizität benutzen, wenn man sie nur durch einen Ausströmungsapparat nach der oben angegebenen Zusammensetzung gehen und gegen das Drahtnetz an einem seitwärts angebrachten isolirten Konduktor wirken läßt. — Auch bei anderen technischen Verrichtungen entwickelt sich bisweilen ungemein viel Elektrizität. Besonders aufgefallen ist es mir in der Papierfabrik an den Niagarafällen, wo aus dem Papiere, nachdem es über die Trockenzylinder gegangen war, fortwährend eine Unzahl von so kräftigen Funken auf die benachbarte Diele übersprangen, daß man sie am hellen Tage gut erkennen. Vielleicht lassen sich solche elektrische Kräfte noch anderweitig benutzen.

**Vertheilung der Elektrizität.** Um einen klaren Einblick in die verschiedenen elektrischen Erscheinungen und selbst in die Entstehung der Elektrizität an den Maschinen zu erlangen, müssen wir zeigen, was vorgeht, wenn ein Leiter oder Nichtleiter einem elektrischen Körper genähert wird oder mit ihm zur Berührung kommt.

Ist in Fig. 369 A ein isolirter positiv elektrischer Leiter, CB ein gut polirter unelektrischer und auch isolirter Metallzylinder, an welchem mittelst ganz feiner Metalldrähte oder Leinenfäden in verschiedenen Stellen vertheilt Kugelchenpaare aus dem Marke der Sonnenrosenstaude hängen; so gehen diese Pendel bei der Annäherung des Zylinders an den elektrischen Körper bis auf ein gegen die Mitte angehängtes Paar auseinander,



(Fig. 369.)

und zwar um so mehr, je näher sie den beiden Enden sind. Daraus folgt also, daß in jedem Paare dieselbe Elektrizität ist, weil nur gleichnamige Elektrizitäten einander abstoßen. Um nun noch die Art der Elektrizität zu untersuchen, reibt man eine Siegellackstange mit trockenem Wollenzeuge, wodurch

sie negativ wird, nähert sie zuerst den Pendeln bei B und findet, daß diese abgestoßen werden, dann denen bei C und erkennt eine Anziehung. Daraus folgt, daß es eine gegen die Mitte liegende Stelle D des Zylinders gibt, welche unelektrisch oder indifferent (Indifferenzstelle) ist, daß das dem positiv elektrischen Körper genähere Ende des isolirten Leiters negativ, also entgegengesetzt, das abgewandte Ende positiv, also gleichnamig elektrisch geworden ist. — Wäre der Körper A negativ elektrisch gewesen, so würde B positiv und C negativ geworden sein.

Daraus ergibt sich:

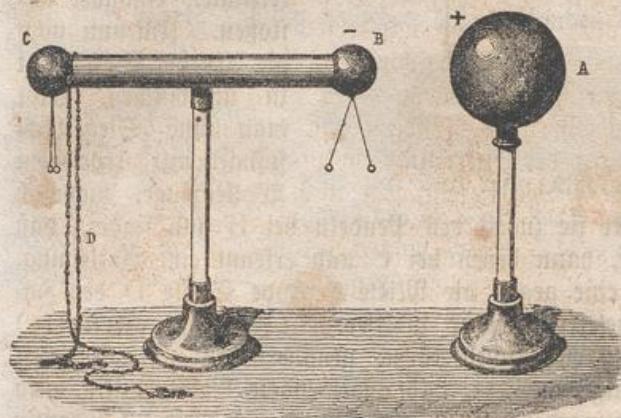
In jedem unelektrischen Körper ist sowohl positive, als auch negative Elektrizität vorhanden. Diese entgegengesetzten Zustände treten aber erst dann getrennt von einander hervor, wenn er einem elektrischen Körper hinreichend genähert wird, wobei die entgegengesetzte Elektrizität an das genähere Ende gezogen, die gleichnamige an das entfernte abgestoßen wird. Entfernt man den Zylinder, ohne irgend etwas mit ihm vorgenommen zu haben, so treten die beiden Elektrizitäten wieder zusammen und er ist unelektrisch, wie er war.

**Der elektrische Funke.** Ist der Zylinder so eingerichtet, daß man seine beiden Hälften isolirt von einander abnehmen kann, thut man dieses, während die beiden elektrischen Zustände an ihm getrennt sich zeigen, und bringt man dann die Enden der beiden Hälften einander gegenüber sehr nahe oder zur Berührung, so zeigt sich ein elektrischer Funken und die Elektrizität ist auf den beiden Theilen verschwunden. Dieses ist ein Beweis davon:

daß der elektrische Funke entsteht, wenn positive und negative Elektrizitäten miteinander sich verbinden.

Wir können diese wichtige Behauptung sofort noch bestätigen. Wenn wir den isolirten Zylinder CB dem positiv elektrischen Körper A hinreichend weit nähern, so springt zwischen ihnen auch ein Funke über.

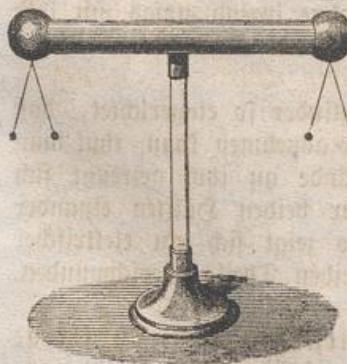
In diesem Augenblicke fallen die Pendel zwar zusammen, aber sie gehen, wenn man CB allmählig von A entfernt, mit einer von B nach C wachsenden Divergenz auseinander, und wenn die Entfernung so groß ist, daß A einen Einfluß nicht mehr äußert; so divergiren sie nur mit positiver Elektrizität über den ganzen Zylinder und zwar an den Enden am meisten. Es ist also beim Erscheinen des Funken die negative Elektrizität des Zylinders durch die positive der Kugel aufgehoben worden.



(Fig. 370.)

nähert dem anderen Ende B einen positiv elektrischen Körper A; so tritt durch den Einfluß des A an dem B zwar auch zufolge der Anziehung negative Elektrizität auf, aber sie kann sich, weil sie eben angezogen wird, nicht nach außen frei äußern.

Wenn man aber bei bleibender Annäherung das Ketten von C oder die Hand wegnimmt und dann erst A von CB entfernt, so zeigt letzteres nur negative Elektrizität, wie es Fig. 371 angibt und zwar auch mit wachsender Stärke nach den beiden Enden.



(Fig. 371.)

unter das Band I. S. 59 angegebene Gesetz statt.

Wenn man während der Vertheilung der Elektrizität auf dem Zylinder sein entfernteres Ende mit einem Leiter berührt, so nimmt man

Wenn man ferner an das Ende C (Fig. 370) des isolirten unelektrischen Zylinders ein Metallketten D bis auf den Erdboden hängen läßt oder dasselbe mit der Hand berührt, es überhaupt also mit dem Erdkörper in leitende Verbindung bringt und man

Wenn man einem kugelförmigen Konduktor einen recht langen nicht isolirten zylindrischen Leiter so weit nähert, daß der Zwischenraum etwa dem 4- bis 5-fachen Durchmesser des Zylinders gleich ist; so findet sich, daß die Stärke der Elektrizität auf ihm so abnimmt, wie die Quadratzahlen der Entfernung vom Mittelpunkte des Konduktors zunehmen. Es findet also auch hier eine Unterordnung

ihm unter Funkenerscheinung seine positive Elektrizität und er ist nach seiner Entfernung von A auch nur noch negativ.

Wenn man, während das Kettchen noch an C hängt, A dem B hinreichend nähert, so erscheint zwischen A und B der Ausgleichungsfunk und B hat seine negative Elektrizität ebenfalls verloren. — Wenn man nach dem Abnehmen des Kettchens und dem Entfernen des C B von A dem negativen CB den Finger hinreichend nähert, so verschwindet seine negative Elektrizität auch, weil sie in dem Finger positive von entsprechender Stärke hervorgerufen und mit derselben sich verbunden hat.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß von einer Mittheilung der Elektrizität von einem Körper an einen zweiten im eigentlichen Wortsinne nicht die Rede sein kann, sondern daß der elektrische Körper zunächst eine Vertheilung der Elektrizität im unelektrischen genäherten Leiter vornimmt, dieser mag isolirt sein oder nicht, daß ferner eine in Funken sich äußernde Aufhebung der hervorgerufenen entgegengesetzten Elektrizität eintritt und daß dann der andere Körper, wenn er isolirt ist, die gleichnamige, wenn er nicht isolirt ist, keine Spur Elektrizität zeigt.

Nur in einem ununterbrochenen Leiter findet eine augenblickliche Fortpflanzung der Elektrizität von Theilchen zu Theilchen statt, welche wir allenfalls eine Mittheilung nennen können, obwohl sie auch eine sich so schnell fortpflanzende Vertheilung ist, wobei jedes Moleköl durch Vertheilung beide Elektrizitäten besitzt, was wir mit der Erscheinung der Indifferenzstelle sehr wohl in Einklang bringen können.

Die Bewirkung der Rückkehr eines elektrischen Körpers in den unelektrischen Zustand heißt seine Entladung.

Auf diese Weise läßt sich leicht einsehen, wie bei der Scheiben-elektrifirmaschine der Kondensator einen gewissen Grad von positiver Elektrizität annehmen muß, wenn an der Scheibe bei der Drehung der gleichen entsteht. Es werden nämlich die ihr am nächsten befindlichen Theile der von dem Kondensator ausgehenden Zuleiter negativ, der Kondensator wohl in seiner ganzen Ausdehnung positiv elektrisch; jene negative wird bei der Erscheinung der kleinen Funken an der Scheibe aufgehoben und die positive bleibt dem Kondensator. Sind Reibzeug und Kondensator beide isolirt, so wird die Bildung der Funken in kurzer Zeit aufhören, weil die positive Elektrizität der Scheibe und die positive des Kondensators gleiche einander abstoßende Kraft haben und die erstere gleichzeitig von der negativen des Reibzeuges angezogen wird. Soll also ein höherer Grad von positiver Elektrizität am Kondensator erscheinen, so muß das Reibzeug mit der Erde, dieser unerschöpflichen Quelle für beide elektrischen Zustände, in leitende Verbindung gebracht werden, damit es seine positive Elektrizität ohne Funkenentladung an die Erde verliere und die negative um so lebhafter den elektrischen Gegensatz an der Scheibe hervorrufe. So nun wird an dem Zuleiter die Funkenbildung rege erhalten, bis endlich der Kondensator den höchsten Grad von Elektrizität hat,

dessen er bei einer gewissen Maschine fähig ist. Da die Glasscheibe die Verbindung, nicht aber die Anziehung der positiven Elektrizität des Konduktors mit der negativen des Reibzeuges verhindert; so wird der Konduktor umso mehr elektrisch werden, je dünner die Scheibe ist; aber allzu-dünn darf sie nicht sein, weil sie sonst die Verbindung dieser entgegengesetzten Elektrizitäten nicht verhindern würde.

Hält man einem positiv elektrischen Körper einen Nichtleiter gegenüber, z. B. eine nicht elektrische Siegellackstange, so bilden sich an ihm schmale elektrische Gürte von abwechselnd positiver und negativer Elektrizität.

Ist der vorgehaltene Körper ein Halbleiter, wie z. B. ein 3—4" langes Stäbchen von Schwefelantimon, so wird er auf einige Zeit in der Art elektrisch, daß jedes Bruchstück an dem einen Ende positiv, an dem anderen negativ ist. Man sagt in diesem Falle: der Körper ist polarelektrisch und seine beiden am meisten wirksamen Enden sind seine Pole.

Ozon. Merkwürdig ist noch der schwefelartige Geruch, welcher in der Nähe einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisirmaschine wahrgenommen wird. In solcher Luft verschwindet die Indigosfarbe plötzlich, die farblose Guajaktinktur wird sofort gefärbt, die Milch wird früher sauer und überhaupt alle Oxydationen, d. h. die Verbindungen der Körper mit Sauerstoff, gehen lebhafter vorstatten. Wenn trockener reiner Sauerstoff elektrisirt wird, so zeigt er dieselbe vergrößerte Neigung zur Verbindung mit anderen Körpern, während der indifferente Sauerstoff sich in ähnlichen Fällen nur sehr langsam verbindet. Wasser ist eine chemische Verbindung von negativ elektrischem Sauerstoffe und positiv elektrischem Wasserstoffe. In der atmosphärischen Luft aber und in dem Zustande, in welchem er sich von einem Körper frei macht, ist er unelektrisch und geruchlos. Er wird also durch die positive Elektrizität der Maschine aus seinem indifferenten Zustande in einen elektrischen Spannungszustand versetzt, in welchem er leichter Verbindungen eingeht, also auch auf unseren Geruch wirkt.

Es ist also nichts Befremdendes, wenn man in neuester Zeit im Sauerstoffe selbst einen elektrischen Gegensatz erkannt hat. Man nennt den durch positive Elektrizität elektrisch gewordenen Sauerstoff Ozon, seinen Gegensatz Antozon. Jenes oxydiert, dieses reduziert oder scheidet Stoffe aus Verbindungen ab. Es bleibt der Zukunft vorbehalten, zu untersuchen, welchen Einfluß das Ozon, wie es auch durch die Luftelektrizität entsteht, auf das Befinden des menschlichen Körpers äußert.

Die Geruchsnerven werden unter dem Einflusse der entgegengesetzten Elektrizitäten für die Empfindung verschieden gestimmt: die Dünste wohlriechender Stoffe sind elektrisch negativ (die Stoffe selbst positiv) und werden an dem Konduktor mit negativer Elektrizität übelriechend, an dem mit positiver seiner wohlriechend; die Dünste übel-

riehender Stoffe sind positiv (die Stoffe selbst negativ) und werden an dem positiven Kondensator wohlriehend, an dem negativen noch mehr übelriehend. Der Blumenduft ist nach der Art der Luftpolelektrizität verschieden stark: ist sie positiv, so ist die Luft reiner, balsamischer und angenehmer. Die Geruchsnerven werden unter einem unmittelbaren und starken Einfluß der Elektrizität, namentlich negativer, abgestumpft; daher duften die Blumen nach Gewittern und abends mehr, als vorher und am Tage. — Die Geschmacknerven werden, wenn man Elektrizität einige Zeit auf die Zunge einwirken läßt, unempfindlich; da sie selbst elektrisch positiv sind, so sind ihnen elektrisch negative Körper angenehm, positive unangenehm.

Wenn in der Nähe eines stark elektrischen Körpers A hintereinander zwei Leiter vorhanden sind, von denen der entferntere C nicht isolirt ist, so wird der nähere und isolirte B durch Bertheilung elektrisch und der entferntere bekommt durch den Einfluß des näheren die entgegengesetzte Elektrizität des A. Ist A positiv, so wird C negativ. Wenn nun zwischen A und B ein elektrischer Funken erscheint, so entsteht er bei hinreichender Nähe des C auch zwischen B und C und dieses nimmt man den elektrischen Rückschlag. Steht man, ohne isolirt zu sein, in der Nähe eines kräftig elektrischen Konduktors und entladet ein Anderer, welcher dazwischen steht, denselben, so kann man auch schon einen Rückschlag empfinden; bei Gewittern ist er bisweilen so gewaltig, daß er einen Menschen tödten kann.

Wesen der Elektrizität. Es ist merkwürdig, daß es leider noch so Viele gibt und grade solche, welche sich berufen fühlen, das Volk im weiteren Sinne zu belehren, denen eine durchaus falsche Vorstellung von dem Wesen der Elektrizität ganz geläufig ist. Sie sprechen von einer elektrischen Materie, welche sich an manchen Stellen ansammelt, ja sogar anhäuft, welche um die Oberflächen der Körper eine Schicht von größerer oder geringerer Dichtigkeit und Mächtigkeit bildet, welche zu und abströmt und dieses mit einer Geschwindigkeit von etwa 62000 Meilen in 1 Sekunde (Bd. II. S. 36). Wäre dieser Stoff auch noch so zart, so müßte er, wenn er z. B. auf einem Telegraphendrahte hinschrönte, alles daran und darauf Besindliche mit sich fortreissen, aber wir sehen u. a. wie im Herbste die Schwäbchen, und sonst auch andere Vögel, zu Hunderten sich daraussetzen, ohne durch das Telegraphiren sich stören zu lassen. Reißt doch die ziemlich zarte atmosphärische Luft im Orkane schon bei einer Geschwindigkeit von etwa 140 Fuß in 1 Sekunde Alles mit unwiderstehlicher Gewalt fort; um wie viel größer müßte die Gewalt des elektrischen Stromes sein! Innerhalb der Stofftheile des Drahtes aber kann die angebliche elektrische Materie noch weniger strömen, weil sie daselbst einen absolut unüberwindlichen Widerstand vorfindet.

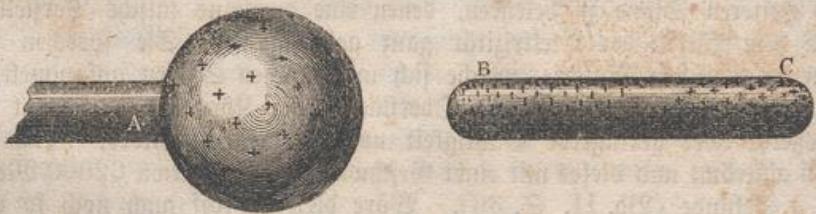
Es ist unbegreiflich, wie man glauben kann, daß durch die Bewegung eines Körpers an einem anderen ein neuer Stoff hervorgezaubert

werden soll, ohne daß die beiden aneinander geriebenen Körper nur im geringsten ihre stoffliche Beschaffenheit ändern und ohne daß sie eine chemische Verbindung eingehen.

Es kann durch eine solche Bewegung, wie sie zur Hervorbringung elektrischer Erscheinungen angewendet wurde, nur der Gleichgewichtszustand der Molekeln geändert werden. Ist ein Körper in einem elektrisch indifferenten Zustande, d. h. zeigt er gar keine Elektrizität, so haben die Molekeln eines Körpers eine Lage gegeneinander, wie sie ihrer Gestalt am besten entspricht, um mit dem betreffenden Stoffe den möglich kleinste Raum einzunehmen; ist der Körper elektrisch geworden, so haben alle Molekeln durch den ganzen und auf dem ganzen Körper eine erzwungene Lage, welche er auch in jedem benachbarten, selbst von ihm getrennten Körper hervorrufen will, um eine Uebereinstimmung oder Harmonie zu erzielen.

Diese Veränderung der Gleichgewichtslage, über deren Art wir später noch Aufschluß zu erhalten hoffen dürfen, nennt man die elektrische Spannung und je mehr die Molekeln aus ihrer natürlichen Lage gebracht worden sind, desto größer ist die Spannung.

Aus dieser Annahme wird sich nicht nur die auffallende Erscheinung der Indifferenzstelle, sondern auch die Thatache erklären lassen, daß die Elektrizität nur an der Oberfläche der Körper wirksam hervortritt; daß ihre Stärke um so mehr wächst, je kleiner die von einer bestimmten Fläche umschlossene Masse ist, also an den Kanten und Spitzen kräftiger ist, als an anderen Stellen.



(Fig. 372.)

Was in Fig. 372 dargestellt ist, tritt allerdings in die äußere Erscheinung: nämlich auf der Kugel bei A ist die Elektrizität, z. B. die positive, überallgleich vertheilt, freilich nur so lange, als die Kugel ganz allein vorhanden ist; auf dem ihr vorgehaltenen leitenden Zylinder wächst ringsum die negative von der Mitte nach dem Ende B, die positive nach dem Ende C. Die Erklärung aber liegt in Folgendem. Wenn man von dem Zylinder BC, welcher viel kürzer sein kann, nach rechts hin noch eine ganze Reihe von solchen Zylindern sich denkt, so wird jeder, wie der erste, an seiner linken Seite negativ, an der rechten positiv elektrisch sein. Denken wir uns nun einen zusammenhängenden

Körper aus Reihen außerordentlich kleiner und gleicher Stofftheile zusammengesetzt, von denen alle nach der einen Richtung positiv, nach der entgegengesetzten negativ sind, so läßt sich untersuchen, welches der Gesammtfolg der anziehenden und abstoßenden Kraft von der einen und von der anderen Seite ist.

In Fig. 373 sei eine Reihe solcher Theilchen, deren linke hell gezeichnete Hälfte negativ, die rechte dunkel gezeichnete positiv elektrisch sei. + E. des s und — E. des a ziehen einander so an, daß eine Wirksamkeit nach außen nicht mehr hervortritt; — E. des s wirkt auf + E. des a zwar auch anziehend, aber es kann dasselbe wegen seiner Entfernung von ihm nicht aufheben, so daß ein gewisser Anteil von ihm noch frei und nach außen wirksam bleibt und diesen Theil können wir mit + 1 E. bezeichnen. Wenn + E. des a von dem s die einfache Entfernung besitzt, so haben die positiven Elektrizitäten der Theile c, r, e, n nach der Ordnung die 2-, 3-, 4-, 5-fache Entfernung von ihm, so daß der Einfluß von — E. des s auf sie nur  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{9}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{25}$  von dem auf + E. des a ist und somit der frei wirkende positive Anteil von ihnen 4, 9, 16, 25 mal größer ist, als für a; dieses deutet die darunter gesetzte erste Zahlenreihe an.

s	a	c	r	e	n
—	+	—	—	—	—
+ 1	+ 4	+ 9	+ 16	+ 25	
+ 1	+ 4	+ 9	+ 16		
+ 1	+ 4	+ 9			
+ 1	+ 4				
+ 1					
<hr/>					
+ 1	+ 5	+ 14	+ 30	+ 55	
<hr/>					
—	25	— 16	— 9	— 4	— 1
—	16	— 9	— 4	— 1	
—	9	— 4	— 1		
—	4	— 1			
—	1				
—	55	— 30	— 14	— 5	— 1

(Fig. 373.)

noch folgenden Theile haben werden und darunter stehenden Zahlenreihen als die frei bleibenden Wirkungen.

Addirt man die zu den einzelnen Theilen gehörigen Zahlen aus den erhaltenen Reihen, so bekommt man als Ausdruck der nach rechts wirkenden positiven Elektrizität die Reihe + 1, + 5, + 14, + 30, + 55.

Ganz in derselben Weise läßt sich der Erfolg der Anziehung des + E. von n, e, c, r, a für jeden dieser Theile auf alle in den einzelnen Fällen nach links liegenden — E. bestimmen, was die darunter angegebenen Zahlenreihen angeben. Die Summierung dieser Reihen gibt

So wie die Wirkung des — E. von s auf das + E. aller ihm zur Rechten liegenden Theilchen betrachtet und die noch frei nach außen wirkamen Anteile gefunden worden sind, ebenso läßt sich untersuchen, welchen Einfluß das — E. von dem zweiten Theile a, das — E. von dem dritten c u. s. w. auf die positiven Elektrizitäten aller daraus ergeben sich die dar-

als Ausdruck der nach links wirkenden negativen Elektrizität —55,  
—30, —14, —5, —1.

Wenn man nun die beiden erhaltenen einander entgegengesetzten Reihen addirt, so erhält man als das in die Erscheinung tretende Gesamtresultat

$$-54, -25, \mp 0, +25, +54,$$

in der That also in der Mitte des durch Vertheilung elektrisch gewordenen Leiters eine Stelle ohne Elektrizität und von da aus nach den beiden Enden entgegengesetzte mit wachsender Stärke. Hätten wir eine ungrade Anzahl von Theilchen gewählt, so würden in der Mitte zwei benachbarte entgegengesetzte Elektrizität von gleicher Kraft haben, so daß dort ebenfalls 0 E. entstünde. Es ist klar, daß man jeden Körper in lauter außerordentlich zarte Stäbchen mit solchen Theilen zerlegt denken kann, und denselben Vorgang in jedem derselben erhalten wird, weshalb der ganze Körper dieser Betrachtung entspricht.

Elektrisiert man eine isolirte hohle Metallkugel, welche eine runde Öffnung hat und senkt man in die Kugel durch diese Öffnung an einem Seidenfaden ein Scheibchen von Raufschgold bis zur Berührung der inneren Kugelfläche hinab, so zeigt das isolirt herausgenommene Probeschreibchen keine Elektrizität, wenn man dem Rande der Öffnung nicht zu nahe gekommen ist. Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch in anderen Fällen, so daß die Behauptung gilt:

die Elektrizität zeigt sich nur an den Oberflächen  
der Körper.

Der Grund davon ist ein ähnlicher, wie er bei der Entstehung der Indifferenzstelle angegeben worden ist: nach der Mitte der Körper heben entgegengesetzte Elektrizitäten einander mehr und mehr auf.

Wichtig ist endlich noch die Thatsache, daß sich die Elektrizität am stärksten an den Kanten, spitz zulaufenden Enden oder Spitzen und überhaupt an solchen Stellen zeigt, wo viele Oberfläche bei verhältnismäßig wenigem Stoffe ist, denn in diesen Fällen findet in einem geringeren Maße die Aufhebung der elektrischen Gegensätze benachbarter Theilchen statt, so daß die Wirkung nach außen vergrößert wird.

Nur an einer isolirten und entfernt von anderen Körpern angebrachten Kugel ist die elektrische Vertheilung eine ganz gleichmäßige. Nähert man der Kugel einen Leiter, so ist die Elektrizität an der näheren Stelle bedeutender, als an den entfernteren, weil der Leiter an der der Kugel zugewendeten Seite entgegengesetzte Elektrizität erhält, welche von der Kugel einen Theil anzieht und bindet, so daß sich zur Herstellung des Gleichgewichtes auf ihr dort aufs neue Elektrizität entwickelt.

Weil an den Spitzen eines Körpers die elektrische Kraft am größten ist, entwickelt sie auch in der Umgebung den Gegensatz am stärksten. Obwohl die trockene Luft ein ziemlich schlechter Leiter ist, so

wird sie mittelst einer elektrischen Spize doch schnell elektrisiert, und geräth dabei in Bewegung: elektrischer Wind. Ist die Spize positiv elektrisch, so wird das angränzende Lufttheilchen durch Vertheilung in der an der Spize liegenden Hälfte negativ, an der abgewendeten positiv; die negative wird durch die positive der Spize aufgehoben und die positive ist nun allein der Spize gegenüber. Da nun gleichnamige Elektrizitäten einander abstößen, so wird die positive Luft abgestoßen und macht einem anderen, noch unelektrischen Lufttheilchen Platz, so daß der selbe Vorgang sich so lange wiederholt, als die Spize noch elektrisch ist und zwar nicht blos in einem von der Spize ausgehenden Luftstrahle, sondern in einer ganzen Menge ringsum, so daß bei den hier auch erscheinenden kleinen Abgleichungspunkten von der Spize im Dunkeln ein Strahlenbüschel auszugehen scheint.

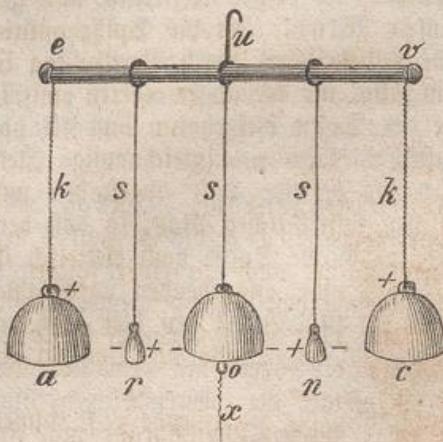
Auf diese Weise wird durch Spizen die umgebende Luft schnell elektrisch und in diesem Falle ozonisiert. Ist der Kondensator negativ elektrisch und hält man ihm eine mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehende Metallspize entgegen, so zeigt sich auch an ihr diese Erscheinung. Ist aber die Spize am negativen Körper, so ist an ihr nur ein leuchtender Punkt zu erkennen.

Aus dem Angeführten ist erklärlich, warum an den Kondensatoren alle scharfen Kanten und Spizen vermieden werden müssen. Wo sie an einem elektrischen Körper sind, zeigt sich ein Glimmlicht von längerer Dauer.

Durch die Elektrisirung der Luft mittelst Spizen lassen sich auch Bewegungen hervorbringen. Hat man ein kleines und leicht bewegliches Schaufelrad, welches an einer in einer Landschaft als Staffage angebrachten Mühle drehbar ist, und hält man die elektrische Spize gegen die Schaufeln, so dreht es sich (die elektrische Mühle). — Hat man auf einem elektrischen Kondensator ein um seine Mitte leicht horizontal drehbares und in Spizen auslaufendes S aus Metall gesetzt, so dreht es sich wie eine Turbine (Bd. I. S. 435), man hat also eine elektrische Turbine. — Geht eine Axe fest durch das S und legt man ihre beiden Theile auf zwei parallele und gegen den Horizont schief geneigte dünne Metallschienen, so dreht es sich auf dieser schiefen Ebene aufwärts, wenn man die Schienen mit dem Kondensator einer in Thätigkeit gesetzten Maschine leitend verbindet. Dies ist die elektrische schiefe Ebene. — Durch diese Bewegung der elektrischen Luft oder durch diesen elektrischen Wind kann man auch eine Kerzenflamme ausblasen.

Auf dem Gesetze der Vertheilung und dem der Anziehung und Abstoßung beruhen eine Menge von Erscheinungen, welche man, namentlich in früheren Zeiten, zur Überraschung und Belustigung erfunden hat.

Wie man jetzt elektrische Glockensignale zu praktisch nützlichen Zwecken nicht nur auf den Stationen der Eisenbahnen, sondern auch in

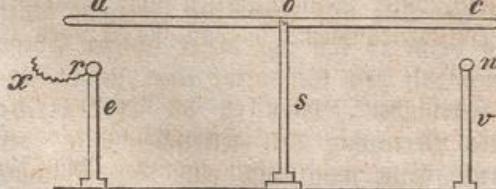


(Fig. 374.)

fäden s, s, s hängt eine dritte Glocke o, deren Klöppel durch den Draht x mit der Erde in leitender Verbindung steht, an den beiden anderen hängen Metallklöppel r und n in gleicher Höhe mit den Glocken.

Da die Glocken a und c mit dem Kondensator in unmittelbar leitender Verbindung stehen, so sind sie positiv elektrisch. Jede bringt in dem benachbarten Klöppel eine Vertheilung hervor, zieht demnach den Klöppel an, wobei die negative Elektrizität verschwindet und stößt ihn dann ab, weil er nun auch nur positive Elektrizität hat. Diese positive Elektrizität der Klöppel bringt bei der Annäherung an die Glocke o in dieser ebenfalls eine Vertheilung hervor, so daß ihre negative Elektrizität eine Verührung mit den Klöppeln hervorbringt, diese ihre Elektrizität verlieren, der ursprüngliche Zustand wieder eintritt und dasselbe Spiel sich wiederholt.

**Die elektrische Schaukel.** Fig. 375 ist mehr ein überraschendes Spielwerk. ac ist ein leichter Stab aus einem leitenden Stoffe, welcher sich um eine durch seine Mitte o gehende Axe auf einem isolirenden Ständer s leicht drehen läßt und auf seinen Enden allenfalls kleine leichte Figuren trägt; auf dem leitenden Ständer v ist ein Metallknopf n, auf dem isolirenden e ein anderer



(Fig. 375.)

r, welcher mit dem positiven Kondensator der Maschine durch den Leiter x in Verbindung steht.

Beim Gebrauche wird r positiv, das genäherte Ende a des Stabes negativ, das entferntere c positiv; a wird also von r angezogen und

größeren Gebäuden eingerichtet hat, so benützte man die durch Reibung erhaltenen Elektrizität, um zur Spielerei mehre harmonisch gestimmte Glöckchen selbst in größerer Entfernung von der Maschine tönen zu lassen. In Fig. 374 ist ev ein Metallstab mit kugelförmigen Enden, welcher mittelst eines Metalldrahtes u mit einem positiv elektrischen Kondensator in Verbindung ist; an seinen Enden e und v hängen mittelst Metalldrähten kk die Glocken a und c; an dem mittelsten von den drei Seiden-

verliert dadurch die negative Elektrizität, so daß der Stab nur noch positiv ist und von  $r$  abgestoßen wird. Dadurch kommt das positive  $c$  dem  $n$  näher und erregt daselbst negative Elektrizität, wodurch jene Bewegung unterstützt wird, eine Berührung von  $c$  und  $n$  eintritt und der Stab seine ganze Elektrizität verliert, so daß derselbe, ein Schaufeln des Balkens a.c darstellende Vorgang sich wiederholt.

**Der elektrische Kugel- oder Puppentanz.** Ein an beiden Enden offener niedriger Glaszylinder von etwa 3 bis 4 Zoll Durchmesser wird auf eine Metallplatte gestellt und auch mit einer solchen bedeckt; in den Zylinder kommen eine Menge von Kugelchen aus Sonnenrosenmark oder auch Puppen daraus mit oder ohne Gelenke; die untere Platte wird leitend mit dem Erdboden, die obere mit dem Kondensator einer Elektrisirmaschine verbunden. — Statt der oberen bloßen Platte kann man von ihrer Mitte aus einen starken Metalldraht mit einer Kugel am Ende in den Zylinder etwas herabgehen lassen.

Wird die Maschine in Thätigkeit gesetzt, so gerathen die Kugelchen in eine wilde Bewegung, indem sie theils abwechselnd an die beiden Platten, bald unterwegs aneinander anschlagen, ohne die andere Platte zu erreichen. Der Vorgang läßt sich nach dem bereits Angeführten leicht erklären. Wenn die durch die obere Platte positiv gewordenen Kugelchen von ihr abgestoßen werden und zugleich wegen ihres Gewichtes nach der unteren sich bewegen, so kann es sein, daß sie anderen herauftauchenden, welche auf ihrer oberen Seite negativ sind, allzunahme kommen und es gleichen zwei solche Kugelchen ihre entgegengesetzten Elektrizitäten ab und das erstere erreicht dann den Boden nicht, sondern wird aufs neue angezogen.

So unscheinbar dieser Vorgang ist, so spielt er doch, wie wir sehen werden, bei der Erklärung des Hagels eine bedeutende Rolle.

Einen recht angenehmen Anblick gewähren die sogen. **Blixtröhren** oder **Aronstäbe**. Um Glaskröpfchen von verschiedener Farbe, deren Enden mit Metallfassungen versehen sind, klebt man spiralförmig von einer Fassung bis zur anderen schmale Staniolstreifen von der Form eines Rhomboids mit kleinen Zwischenräumen, so daß die Spalten benachbarter einander gegenüberstehen.

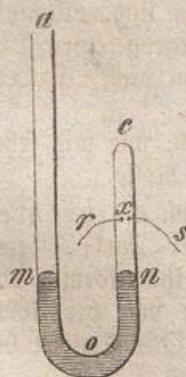
Ist nun die eine Fassung mit dem Kondensator der thätigen Maschine, die andere mit dem Erdboden in leitender Verbindung, so entstehen an allen Zwischenräumen fortwährend hintereinander Funken, welche durch die verschiedenen Farben der Gläser ein angenehmes Farbenspiel geben.

In ähnlicher Weise lassen sich auf ebenen Glastafeln aus Staniolstreifen verschiedene Figuren oder Buchstaben zusammensetzen und durch elektrische Funken im Finstern sichtbar machen; wir können also elektrische Schrift bilden. — Reihet man Metallperlen so auf Seiden-

schnüre, daß sie einen kleinen unveränderlichen Abstand haben, so zeigt sich dieselbe Erscheinung.

Befindet sich ein Mensch auf einem Isolirstuhle und ist er mit dem Konduktor in leitender Verbindung, so kann man aus allen Theilen seines Körpers Funken ziehen, wie aus dem Konduktor selbst; seine Haare gehen auseinander und sträuben sich, weil sie alle gleichnamig elektrisch sind und einander abstoßen; hält ein Anderer die flache Hand vor das Gesicht desselben, so scheint es ihm, als ob er in ein Spinnen gewebe gerathen wäre, weil eine elektrische unbedeutende Abgleichung in vielen Punkten zugleich stattfindet und in kurzer Zeit fühlt er sich in Schweiß versetzt, weshalb man auch sagt: er befindet sich in einem elektrischen Bade, was unter Umständen von wohlthätigen Wirkungen sein kann. Bei solchen Personen, deren Nerven sehr reizbar sind, findet sich ein sanftes Zittern über den ganzen Körper ein. Bei mir z. B. finden sich diese Erscheinungen schon ein, wenn ich einige Zeit an der Maschine nur Versuche angestellt habe.

Ueberall sucht die Elektrizität die beweglichen Theile eines Körpers, welche gleichnamige Elektrizität besitzen, auseinander zu treiben, daher bläht sich ein Büschel Baumwolle, welches mittelst eines Drahtes an den Konduktor gehängt ist, auf; der aus einem ebenso angehängten Trichter ausfließende feine Wasserstrahl zertheilt sich; ein Büschel von dünnen Hölzchen, Fäden u. dergl. breitet sich aus u. s. w.



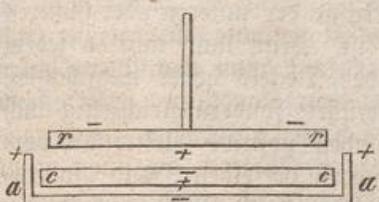
(Fig. 376.)

Wichtig ist, daß durch den elektrischen Schlag die Luft ausgedehnt wird. Man nimmt (Fig. 376) eine zweischentlige Glasröhre *aoc*, von welcher der eine Schenkel *oc* geschlossen ist; füllt dieselbe theilweise so mit Wasser, daß es in den beiden Schenkeln bei *m* und *n* gleich hoch steht; läßt durch den Theil des geschlossenen Schenkels, welcher sich über dem Wasser befindet, einen eingeschmolzenen Draht *rs* mit einer kleinen Unterbrechung *x* innerhalb der Röhre gehen.

Es ist klar, daß die in dem Raume *nc* abgesperrte Luft dieselbe Dichtigkeit und Druckkraft hat, wie die auf dem offenen Schenkel befindliche. Leitet man nun durch den Draht *rs* Elektrizität, so wird beim Erscheinen des Funken bei *x* das Wasser von *m* aus in die Höhe getrieben, weil die Luft in *nc* ausgedehnt wird. — Auch diese Erscheinung ist für die Entstehung des Hagels eine nothwendige Bedingung.

**Der Elektrophor.** Die an dem Konduktor einer Elektrismaschine vorhandene Elektrizität verschwindet sehr bald, selbst bei trockner Luft, nachdem die Erregung an der Scheibe aufgehört hat. Es gibt aber ein Mittel, die erregte Elektrizität durch Wochen und unter

günstigen Umständen selbst Monate zu erhalten und zu benutzen und zwar mittels eines Elektrizitätsträgers oder Eletrophors.



(Fig. 377.)

Er besteht aus einem Nichtleiter zwischen zwei Leitern. Der Nichtleiter (Fig. 377) ist ein dünner Harzkuchen *cc* von verschiedener Zusammensetzung: 8 Theile Colophonium, 1 Thl. Schellack, 1 Thl. venetianischer Terpentin oder auch 10 Gummilack, 3 Harz, 2 venetianischer Terpentin,

2 Wachs,  $\frac{1}{2}$  Pech; man gießt die warme Mischung in eine warme meist kreisförmige flache Metallsform als Basis *aa* und sorgt dafür, daß die Oberfläche beim Erstarren nicht bläsig, sondern ganz glatt wird; außerdem ist aber eine ebenso geformte, aber etwas kleinere Scheibe *rr* von Metall oder der Leichtigkeit wegen von Papptablett mit einem glatten metallischen Ueberzuge nothwendig, welche durch eine mit Schellack überzogene Glasstange oder durch drei angebundene Seidenschnüre isolirt werden kann und Deckel genannt wird. Von dem Rande der Basis aus geht ein schmaler Staniolstreifen so weit auf die Oberfläche des Kuchens hinein, daß der aufgesetzte Deckel ihn berührt. — Statt des Harzkuchens kann man auch eine Tafel aus Glas oder vulkanisiertem Gutta-percha verwenden.

Hat man den Harzkuchen mit einem warmen Katzenfelle gerieben oder mit einem Fuchsschwanz gepeitscht, so ist er auf seiner oberen Fläche negativ und dann nur auf der unteren positiv elektrisch, wenn er sehr dünn, etwa 2 Linien stark ist. Bei den weiteren Versuchen kann man annehmen, daß die Basis entweder isolirt, oder mit dem Erdboden in leitender Verbindung ist.

Setzt man den Deckel auf die Basis, so geschieht in jedem der beiden Fälle in ihm eine Vertheilung: seine untere Fläche wird durch den Harzkuchen positiv, die obere negativ elektrisch. Hebt man ihn, ohne daß er mit dem Staniolstreifen oder einem anderen leitenden Körper in Berührung kam, in die Höhe; so zeigt er sich wieder unelektrisch wie er war, indem die beiden entgegengesetzten Elektrizitäten auf ihm, als einem Leiter, ohne Zeichen verschwanden. Wenn man aber den aufgesetzten Deckel an seiner oberen Fläche oder in deren Nähe (am Rande) leitend, z. B. mit einem Finger berührt, so verschwindet unter Funkenerscheinung seine negative Elektrizität und er hat nur noch die positive, welche aber vorläufig noch durch die negative des Kuchens angezogen wird, so daß sie nach außen unwirksam ist. Wird aber der Deckel aufgehoben und aus dem Bereiche der Wirksamkeit des Kuchens gebracht, so bekommt man von ihm durch seine positive Elektrizität einen Funken.

Der Kuchen bringt aber auch in der Basis eine elektrische Vertheilung hervor. Ist er nur negativ, so ist die ihm zunächst gelegene

Fläche der Basis positiv, die entferntere negativ; ist er aber auf seiner unteren Fläche, wenn auch schwächer, positiv, so ist die Vertheilung umgekehrt. Bedenfalls verschwindet die Elektrizität der unteren oder äusseren Fläche, wenn der Elektrophor nicht isolirt ist. Man kann nun in jedem der beiden Fälle die negative Elektrizität des Deckels besser wegschaffen, wenn man nicht blos seine obere Fläche berührt, sondern gleichzeitig auch die Basis, in welcher unter allen Umständen positive Elektrizität vorhanden ist. Thut man dies mit zwei Fingern derselben Hand, so empfindet man in ihr eine oft nicht ganz unbedeutende und unangenehme Erschütterung. Um sie zu vermeiden, ist der Staniolstreifen angebracht, an welchem der Ausgleichungsfunk entsteht. Diese Ausgleichung und Vertilgung der negativen Elektrizität des Deckels ist aber wirksamer, wenn die Basis nicht isolirt ist, weil dann eine unerschöpfliche Quelle positiver Elektrizität die Vertilgung der in beschränktem Maße vorhandenen negativen gründlicher bewirkt.

Weil der Harzkuchen in sich selbst den elektrischen Gegensatz fortwährend zu erregen sucht, so ist das Instrument auch bei öfterer Wiederholung des Verfahrens eine lange andauernde Quelle der Elektrizität. — Hat man den Deckel aufgesetzt und ihm seine negative Elektrizität genommen, so beschäftigt die positive durch ihre Anziehung die negative des Kuchens so, daß eine Abgleichung nach außen selbst bei feuchter Luft nicht leicht eintritt, weil Harz zu Wasser keine grosse Anziehung zeigt. In dieser Beziehung stehen die Glaselektrophore im Nachtheile.

Man wendete früher kleine Elektrophore an, um das Wasserstoffgas der in den Haushaltungen gebräuchlichen Feuerzeuge zu entzünden. Durch den Druck auf einen kleinen Hebel wurde der positiv elektrische Deckel bis an einen Metallknopf gehoben, der mit einem an der Ausströmungsmündung des Gases unterbrochenen Leitungsdrahte verbunden war, so daß dort auch ein Funken entstand, welches zündete.

Man kann sich sehr leicht eine Art Elektrophor herstellen durch ein Quartblatt Maschinenpapier, ein metallenes blankes Kaffeebrett und ein leeres ganz trockenes Trinkglas. Man legt das Blatt Papier an den warmen Kachelofen, reibt es mit der trocknen Hand nach einerlei Richtung und an allen Stellen, und legt es, indem man es mit beiden Händen auf entgegengesetzten Seiten anfaßt, auf das Metallbrett. Das elektrisch gewordene Papier bringt in ihm eine elektrische Vertheilung hervor; berührt man die untere Seite desselben, so bleibt ihm nur die ungleichnamige Elektrizität; hebt man dann das Papier in paralleler Lage eine Strecke empor, so kann man aus dem Brette einen Funken erhalten und dasselbe Verfahren ziemlich oft wiederholen.

Die Verstärkungstafel. Wenn man sehr große Elektrisirmaschinen und Elektrophore anwendet, so kann man allerdings wohl schon ziemlich bedeutende Erfolge erzielen, um die Wirkungen der Elektrizität näher zu untersuchen; aber abgesehen von der Kostenfreiheit

solcher Apparate ist ihre Handhabung sehr unbequem. Schon der berühmte Amerikaner Franklin kam auf den Gedanken, die Eigenschaft der Elektrizität, in ihrer Nachbarschaft den Gegensatz hervorzurufen, zu ihrer eigenen Verstärkung anzuwenden, was aber nur dann gelingen kann, wenn man diese Neigung fortwährend rege erhält, ohne daß eine Verbindung mit der entgegengesetzten Elektrizität eintritt.

Man nimmt eine reine blasenfreie Glästafel (Fig. 378) von beliebiger Gestalt, etwa quadratisch von 1 Fuß Seite, belegt dieselbe auf beiden Seiten, a und c, mit recht glattem Staniol (gewalztem Zinn), wobei man ringsum einen etwa 3 Zoll freien Rand läßt, welcher zur besseren Isolirung mit Schellackfirniß überstrichen wird und hängt über die Kante o zwei isolirte Pendel v und x.

Bringt man die Belegung a in unmittelbar leitende Verbindung oder in Berührung mit dem positiv elektrischen Kondensator oder läßt man von diesem einen Funken überspringen, so ist oder wird sie positiv elektrisch. Durch Vertheilung entsteht nun auf der Belegung c zunächst an a negative und an der Außenfläche positive Elektrizität. Die negative von c kann wegen der durch das Glas bewirkten Entfernung nicht dieselbe Stärke wie die positive des a haben, sondern muß eine etwas geringere besitzen.

Ist die Tafel isolirt, so bestreben die entgegengesetzten Elektrizitäten auf dem Leiter c einander anzuziehen und zu binden, wodurch die positive Elektrizität auf der Belegung a frei ist, abstoßend auf die der Elektrizitätsquelle wirkt und somit für die Annahme eines höheren Grades positiver Elektrizität unempfänglich ist.

Wenn aber die Tafel nicht isolirt ist, sondern die Belegung c mit dem Erdboden in leitende Verbindung gebracht wird; so verschwindet ihre positive Elektrizität, ihre negative zieht die positive von a an und bindet oder beschäftigt sie zum größten Theile, und sie kann von der positiven Quelle wieder positive Elektrizität annehmen, wenn auch weniger, als das erstmal, weil sie noch einen Rest positiver Elektrizität besitzt. Es tritt nun sofort auf der Belegung c eine neue Vertheilung ein und wenn man die freie positive von ihr durch Leitung wieder entfernt, so ist a befähigt, wieder noch positive anzunehmen, wenn auch weniger, als das zweitemal.

Derselbe Vorgang findet statt, wenn man, statt auf a einzelne Funken überspringen zu lassen und dabei c gleichzeitig ableitend zu berühren, a fortlaufend mit der Elektrizitätsquelle und c gleichzeitig mit dem Erdboden in leitende Verbindung setzt. — Es ist in beiden Fällen die positive Elektrizität des a etwas stärker als die negative des c und wenn der Überschuss des a der Stärke der Elektrizität des mit ihm in Verbindung stehenden oder gebrachten Konduktors entspricht, so hört die



(Fig. 378.)

Tafel auf, einen höheren Grad von Elektrizität anzunehmen, oder sie ist, wie man sagt, vollständig geladen mit entgegengesetzten Elektrizitäten auf den beiden Belegungen, wenn man die Leitung aufhebt. Dieses Verfahren kann also nun so lange fortgesetzt werden, bis die Spannung der überschüssigen positiven Elektrizität auf a der Spannung am Kondensator gleich ist.

Ebenso allmählig, als die Tafel geladen wurde, kann sie auch entladen werden. Die Entladung ist aber nichts weiter, als die Rückkehr der Molekel aus der erzwungenen Spannungslage in die natürliche Gleichgewichtslage.

Hängen die isolirten Pendel über die Tafel herab, so wird in unserem Falle der Überschuß der freien positiven Elektrizität der Belegung a das Pendel v mit derselben Elektrizität abstoßen. Berührt man a mit dem Finger, so nimmt man ihm nicht nur diesen Überschuß, sondern sogar etwas mehr, weil die negative Elektrizität der Belegung c wegen der durch das Glas bewirkten Entfernung von a nicht ebenso viele positive anziehen und binden kann, sondern weniger. Die Folge davon ist, daß jetzt die Belegung c einen Überschuß von negativer Elektrizität hat und dieses auch durch eine größere Erhebung des Pendels zeigt. — Berührt man jetzt c ableitend, so nimmt man ihm mehr als diesen Überschuß, und nun hat a einen Überschuß, der ihm auch genommen werden kann.

So nun kann durch abwechselnde Berührung der beiden Belegungen die Tafel allmählig von ihrer Elektrizität befreit oder sie kann entladen werden, indem der allmählig immer kleiner werdende Überschuß endlich verschwindend klein geworden ist.

Die Stärke der Ladung hängt von der Dicke und der isolirenden Beschaffenheit des Glases, von der Kraft der Elektrizitätsquelle und von der Größe der Belegungen ab.

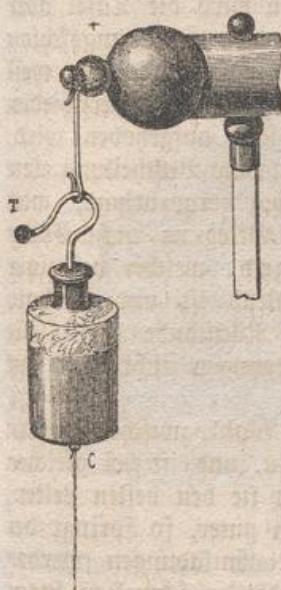
Abgesehen davon, daß nicht alle Glassorten gleich gut isoliren, wird eine dünnere Glastafel eine stärkere elektrische Spannung zulassen, als eine dicke; denn die mit der Quelle der Elektrizität in Verbindung stehende Belegung kann in jenem Falle auf der anderen Belegung die entgegengesetzte Elektrizität kräftiger binden und wird nach der ableitenden Berührung ihrerseits auch kräftiger zurückwirken, als in diesem Falle, so daß die erste Belegung zu einer verstärkten Annahme neuer Elektrizität befähigt ist. — Ist freilich das Glas zu dünn oder hat es blasige Stellen, so ist eher eine mit einer Durchbohrung verbundene Vereinigung beider Elektrizitäten zu besorgen, als bei dem dicken Glase.

Der Kondensator einer jeden bestimmten Elektrisirmaschine nimmt bei einem bestimmten Feuchtigkeitszustande der atmosphärischen Luft einen bestimmten Grad von Elektrizität an und dieser bedingt auch die erreichbare Stärke der Ladung einer bestimmten Tafel; denn ist die Tafel isolirt und die eine Belegung a mit dem Kondensator in leitender Verbin-

dung, so ist die Stärke  $s$  ihrer freien Elektrizität die des Konduktors und die Tafel kann nicht geladen werden, weil der Verbindung der elektrischen Gegensätze auf dem Leiter  $c$  nach dem Entfernen der Tafel vom Kondktor nichts im Wege steht. — Ist die Belegung  $c$  nicht isolirt, so kann ihre Elektrizität, wenn ihre Stärke auch das  $n$  fache von  $s$  geworden ist, höchstens nur ebensoviel von der auf  $a$  binden und es bleibt auf diesem immer noch derselbe Ueberschuss. Je größer  $s$  ist, desto größer ist natürlich auch  $n$ .

Endlich ist die Stärke der Ladung abhängig von der Flächenausdehnung der beiden Belegungen, weil auf jedem ununterbrochenen Leiter von gleichmäßiger Dicke alle Flächenantheile ein gleiches Recht auf den elektrischen Zustand haben.

Die Verstärkungsflasche. Die Tafelform zur Darstellung eines elektrischen Verstärkungsapparates ist für die Handhabung unbequem. Da es nur darauf ankommt, zwei Leiter durch einen möglichst dünnen Nichtleiter, dessen Theile nicht leicht verschiebbar oder geeignet sind, die Elektrizität durch ihre Bewegung fortzuführen, wie etwa die Luft, zu trennen; so hat man entweder zylindrische Gläser mit einem Boden oder Flaschen genommen, dieselben von innen und von außen mit metallischen Belegungen bis zu einer gewissen Höhe versehen und nur noch dafür gesorgt, daß man zu der inneren Belegung leicht gelangen kann. Zu dem letzteren Zwecke geht von dem auch mit Metall belegten Boden ein bis über den Rand oder den Hals des Glases hervorragender Metallstab oder dicker, entweder grader oder gebogener Draht mit einem fugelförmigen Knopfe  $T$ , wie es Fig. 379 darstellt.



(Fig. 379.)

Man kann nun, um eine solche Kleiflasche oder leidener Flasche zu laden, ihre innere Belegung durch einen Leiter an den Kondotor hängen und von der äußeren ein Drahtkettchen  $O$  oder einen Spiraldraht bis auf den Erdboden gehen lassen oder man hält die Flasche mit der Hand so, daß der Knopf den Kondotor der in Thätigkeit gesetzten Maschine entweder berührt oder daß Funken überspringen. Letzteres gibt auch im Körper jedesmal eine kleine Erschütterung, was auf die Dauer unangenehm werden kann. — Ist der Kondotor positiv elektrisch, so erhält die innere Belegung auch positive Elektrizität und man sagt: die Flasche ist positiv geladen. Brächte man die äußere Belegung mit dem Kondotor, die innere mit der Erde in leitende Verbindung, so würde sie negativ geladen.

Auch durch einen Elektrophor läßt sich die Flasche positiv oder negativ laden. Um sie positiv zu laden, kann man die freigewordene positive des von der Basis abgehobenen Deckels zur Entstehung des Funken auf der inneren Belegung der nicht isolirten Flasche verwenden oder man kann die Flasche auf den Deckel stellen, wodurch ihre äußere Belegung eine Fortsetzung der oberen Fläche derselben und somit durch die vom Luchen bewirkte Vertheilung auch negativ wird; die negative der äußeren Belegung bringt in der inneren eine Vertheilung hervor, so daß der Knopf freie negative Elektrizität hat, die ihm durch Berührung mit dem Finger entzogen wird, wodurch die innere Belegung nur noch positiv ist. Hebt man den Deckel mit der Flasche isolirt ab und nimmt man dem ersten die von der negativen Elektrizität der Basis angezogene positive, so ist er und die äußere Belegung nur noch negativ und die Flasche somit im Ladungszustande.

Die Entladung der Tafel oder Flasche geschieht dadurch, daß man die beiden Belegungen durch einen Leiter mit einander verbindet. Das zu diesem Zwecke geeignete Mittel ist der Auslader. Er besteht aus zwei bogenförmig gekrümmten starken Messingdrähten, welche an dem einen Ende mittels Charnieren in ein Messingstück an einem Glasstäbe beweglich befestigt sind und an dem anderen Ende zwei kleine Kugeln tragen. Die Kugeln können einander also nach Belieben genähert werden.

Hält man den Auslader am Glasstäbe, bringt man die eine Kugel an die äußere, die andere an die innere Belegung (bei der Flasche an den Knopf), gleichgiltig, was man zuerst thut; so wird die Tafel oder Flasche fast vollständig entladen, ohne daß man den Entladungsschlag empfindet. — Die gänzliche Entladung ist auf einmal unmöglich, weil die Stärke der Elektrizität in den beiden Belegungen etwas verschieden ist und bei der Abgleichung nur die schwächere ganz aufgehoben wird, während der Überfluß von der stärkeren sofort durch Vertheilung eine neue, freilich verhältnismäßig sehr schwache Ladung hervorbringt, was um so leichter geschehen kann, wenn die andere Belegung nicht isolirt ist. Diese neue Ladung nennt man den Rückstand, welcher bei einer starken ursprünglichen Ladung nicht ganz unbedeutend ist und deshalb sogar noch neue immer unbedeutender werdende Rückstände hat. Die Rückstände sind auch dann stärker, wenn die Belegungen nicht ganz gut ableiten.

Hat die Elektrizität bei der Entladung die Wahl zwischen Leitern von verschiedener Länge, so wählt sie den kürzesten, und ist bei gleichen Längen die Leitungsfähigkeit verschieden, so wählt sie den besten Leiter; ist neben einem schlechten und zu dünnen Leiter ein guter, so springt der Funke wohl auf den guten über. Bei starken Entladungen werden dicke Metalldrähte nur warm, aber dünne glühend oder schmelzen sogar und die zu Kugelchen geschmolzenen Theile sind hohl.

Der elektrische Zustand der Ladungssflasche läßt sich näher untersuchen, wenn man die beiden Belegungen abnehmen kann. Zu diesem Zwecke hat man einen Becher von glattem Messingbleche, in diesen paßt genau ein Glasbecher, dessen Rand etwa 2 Zoll überragt und in diesen ein Metallbecher mit einem Knopfe an einem vom Boden aufsteigenden Drahte. Hat man diese drei Theile in dieser Ordnung zusammengesetzt, so bilden sie eine Verstärkungsflasche mit beweglichen Belegungen. Nun ladet man die Flasche, stellt sie auf einen Harzluchen, nimmt zuerst die innere Belegung heraus, wobei man wegen der überschüssigen Elektrizität der inneren Belegung einen kleinen Funken erhält, dann den Glasbecher, greift endlich auch die äußere Belegung an und bringt sie sogar mit der inneren in unmittelbare Berührung; so zeigt sich doch hierbei keine Spur von Elektrizität. Setzt man nun die Flasche schnell wieder zusammen, so zeigt sie wieder fast ihre volle frühere Ladung.

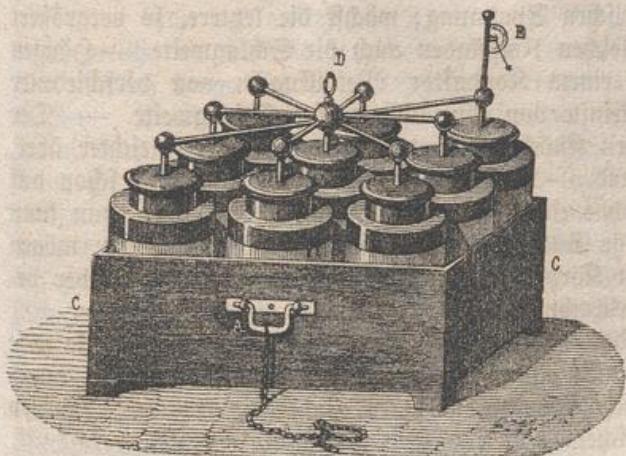
Da man die beiden Belegungen sowohl einzeln mit der leitenden Hand, als auch mit einander zur Berührung gebracht hat, so ist an ihnen die Elektrizität nicht vorhanden, sondern an den beiden Glassäulen, von denen sie an das Metall abgegeben wird, wenn man den Apparat zusammensetzt.

Batterie. Flaschen mit größeren Oberflächen werden übrigens unter gleichen Umständen zwar eine stärkere Ladung gestatten, als kleinere, aber allzgroße Flaschen lassen sich weniger leicht fehlerfrei herstellen und sind auch für den Gebrauch unbequem. Deshalb hat man eine beliebige Anzahl kleinerer Flaschen (Fig. 380) zu einer gemeinschaftlichen Wirkung zusammengefügt, daß

von ihnen sowohl alle inneren Belegungen, als auch alle äußeren für sich durch eine gute Leitung verbunden sind. Die äußeren Belegungen bekommen dadurch eine gemeinschaftliche Leitung, daß man sie in einen auf der Innenfläche mit Staniol belegten Kasten stellt, dessen

(Fig. 380.)

Handhabe A mit dem Staniol in metallischer Verbindung steht; die Knöpfe der inneren Belegungen sind von der mittelsten Flasche aus, deren Knopf einen Ring D tragen kann, durch starke Metalldrähte unter-



einander verbunden. Ueberdies lässt sich auf einem der Knöpfe noch ein Quadrantenelektrometer E anbringen, um den Grad der elektrischen Spannung beim Laden zu erkennen. Diese Vorrichtung wird eine elektrische Batterie genannt.

Beim Laden wird D mit dem Kondensator und A mit dem Erdboden durch Leitung verbunden. Nimmt man nach geschehener Ladung diese Leitungen ab, so wird die Entladung durch den allgemeinen Auslader bewirkt, indem man A als Repräsentant der äusseren und irgend einen Knopf als Repräsentanten der inneren Belegungen berührt.

Bei grösseren Batterien sind nicht nur die ersten Entladungsschläge, sondern selbst die Rückstände so bedeutend, daß die grösste Vorsicht nothwendig ist, um die Entladung nicht durch den eigenen Körper gehen zu lassen, was geschehen würde, wenn man mit der einen Hand die äussere, mit der anderen die innere Belegung berühren oder ihnen auch nur zu nahe kommen wollte.

Es gibt nämlich für jeden Grad der Elektrizität eines Körpers von bestimmter Gestalt und für jeden ihm genäherten Leiter von einer gewissen Leitungsfähigkeit und Form eine bestimmte Entfernung beider Körper, bei welcher, als der grössten, soeben die Entladung geschieht und diese Entfernung heißt die Schlagweite. Verdichtung der Luft vermindert die Schlagweite, weil dichtere Luft besser isolirt, als dünnere bei demselben Feuchtigkeitszustande. Je kleiner die Oberflächen, sowohl des elektrischen, als auch des unelektrischen genäherten Theiles zweier Körper sind und je besser der letztere leitet oder je leichter er eine Vertheilung an sich hervorbringen lässt, desto grösser ist die Schlagweite bei einer bestimmten elektrischen Spannung; wächst die letztere, so vergrößert sich unter übrigens gleichen Umständen auch die Schlagweite. — Hängen mittelst Drähten an einem Kondensator Metallkugeln von verschiedener Größe, so hat die kleinste von ihnen die grösste Schlagweite. — Der Funke springt auf den Knöchel des gekrümmten Fingers leichter über, als auf die flache Hand. — Bei Spitzen tritt der Lichtschein schon auf grosse Entfernungen ohne einen eigentlichen Schlag ein, und man kann durch sie eine allmähliche Entladung ohne Erschütterung vornehmen, mögen sie an dem elektrischen Körper selbst, oder an den ihnen gegenüber befindlichen Leitern angebracht sein.

Durch die Entladungsschläge einer Verstärkungslasche oder Batterie lassen sich die durch einen einfachen Funken der Maschine bereits angeführten Wirkungen nicht nur mit grösserer Sicherheit erhalten, sondern auch noch andere erreichen.

Schießbaumwolle, Schwefeläther, Kolophoniumpulver auf Baumwolle u. a. Körper lassen sich mit Leichtigkeit an jeder unterbrochenen Stelle des Leitungsdrahtes, wo auch nur ein Fünkchen entsteht, anzünden. Ebenso Knallgas oder selbst nur ein Gemenge aus Wasserstoffgas (Bd. II., S. 136) und atmosphärischer Luft mit ihrem Antheile von

Sauerstoff, was man zu einer sogen. elektrischen Pistole verwendet. In der Nähe des Bodens eines Pistolenrohres aus dünnem Blech ist der durch die Wände isolirt gehende Leitungsdraht etwas unterbrochen; in das mit der Mündung nach unten gehaltene Rohr läßt man Wasserstoff steigen, sorgt aber dafür, daß etwas atmosphärische Luft darin bleibe oder nachträglich hineingelassen werde; dann verschließt man die Mündung mit einem gut passenden Kork und sowie der Entladungsfunk entsteht, springt der Kork mit einem ziemlich starken Knalle heraus.

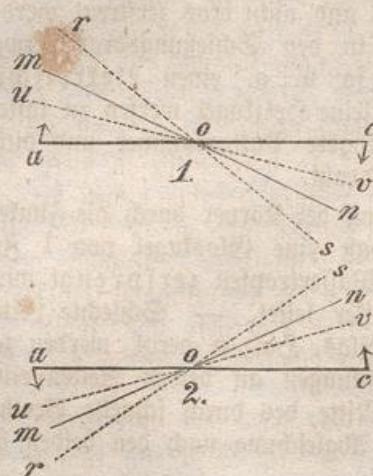
Schießpulver verlangt schon einen stärkeren Funken und eine etwas verzögerte Entladung, wenn es entzündet und nicht blos zerstreut werden soll. Zu diesem Zwecke schaltet man in den Schießungsdraht etwas feuchten Bindfaden ein. Man kann so u. a. einen elektrischen Mörser herstellen, um aus ihm eine kleine Holzkugel werfen zu lassen. Im Hintergrunde des Rohres ist die engere Pulverkammer und durch sie geht der dort unterbrochene Leitungsdraht.

Wie stark die Kraft der Ausdehnung der Körper durch die Funkenentladung ist, zeigt sich u. a. darin, daß eine Glaskugel von 1 Zoll Wandstärke mit einem eingeschlossenen Wassertropfen zersprengt wird, wenn man den Schlag durch das Wasser leitet. — Schlechte Leiter, wie Papier, Pappdeckel (Spielsachen), Glas, Holz u. dergl. werden zerissen oder durchbohrt, wobei die Öffnungen an beiden Seiten einen exhabenen Rand zeigen, weil von der Mitte des durch schnelle Vertheilung elektrisch gewordenen Körpers die Abgleichung nach den beiden äußeren Gegenseitzen stattfindet.

Das Licht des elektrischen Funkens ist fähig, in anderen Körpern, durch welche die Elektrizität geleitet wird, ebenfalls Licht und sogar auf eine ziemlich lange Dauer zu erzeugen oder sie phosphoresziren zu machen. Dahin gehören: Kreide, Pfeifenthon, Bimstein, Zucker, Flußspat, Bergkristall, Bogeleier, manche Früchte, wie Zitronen, Apfel, kleine Melonen. — Der Entladungsfunk ist um so intensiver und glänzender, je dichter und trockener die Luft ist, welche er durchbricht. Wenn man daher die Luft in einer Glasmöbel verdünnt und in ihr den Funken will erscheinen lassen, so breitet sich das Licht um so mehr aus, je weniger dicht die Luft ist und zeigt sich namentlich im luftleeren Raum ganz ausgebreitet mit einer röthlichen und violetten Färbung und dunklen Querstreifen. Man kann in den Raum die Dämpfe flüchtiger Oele bringen und bekommt dadurch verschiedene Farben, wie auch schon der überspringende Funke verschieden gefärbt ist nach den Metallen, aus denen der Leitungsdraht besteht, denn es werden von diesen kleine Theilchen in glühendem Zustande mit fortgerissen.

Wenn man bei einem guten Barometer das Quecksilber in der horizontischen Leere hin und her gehen läßt, so leuchtet sie im Dunkeln auch wegen der durch diese Reibung daselbst entwickelten Elektrizität.

Wesen der Elektrizität. Es ist gewiß vernünftig, wenn wir uns auch in Betreff der geheimsten und verwickeltesten Erscheinungen eine möglichst klare und alle Umstände aufhellende Vorstellung von dem eigentlichen Vorgange derselben zu machen suchen. Obwohl erst der ganze Zusammenhang der elektrischen mit anderen, noch erst anzuführenden Erscheinungen uns in den Stand setzen wird, eine in jeder Beziehung hoffentlich klare Einsicht zu erlangen, so will ich es doch hier schon versuchen, meine Ansicht kurz zu entwickeln.



(Fig. 381.)

Denken wir uns, daß in Fig. 381 (1)  $ac$  die Gleichgewichtslage eines zu einem unelektrischen Körper gehörigen Molekels und  $o$  sein Schwerpunkt sei. Wenn irgend eine Kraft es zwingt, sich in die Lage  $mn$  zu begeben, so wird es immerfort nach seiner früheren Ruhelage, in welcher es mit den anderen Molekülen von derselben Lage den ganzen Körper bildete, zurückkehren wollen. Es ist also die  $mn$  die Spannungslage und wenn es in die Lage  $ac$  zurückkehrt, so ist es entladen. Je weiter es aus seiner Ruhelage gebracht wird, oder je größer der Drehsungswinkel ist, desto stärker ist die Ladung und auch die Entladung:  $uv$  bedeutet die schwächere und  $rs$  die stärkere Ladung.

In jedem einzelnen Moleköl liegen somit zwei einander entgegengesetzte Kräfte, denn die Richtung der Bewegung während der Schwingung ist von  $oa$  entgegengesetzt der von  $oc$ . Aber auch  $oa$  selbst kann eine der vorigen entgegengesetzte Kraft zeigen, nämlich wenn die Richtung seiner Bewegung selbst eine entgegengesetzte ist, wie es in Fig. (2) dargestellt ist. Das ist nichts anderes, als was in der früheren Behauptung aufgestellt wurde: jeder Körper kann jede Elektrizität annehmen.

Somit ist also die durch Reibung erhaltenen Elektrizität eine Schwingungsscheinung der Moleküle um ihre Gleichgewichtspunkte vorläufig innerhalb solcher Gränzen, daß dadurch der Zusammenhang nicht unterbrochen wird. Aber diese in Spannung erhaltene Elektrizität besteht nicht in einer fortdauernden Schwingung, sondern in einer einseitig festgehaltenen.

Man kann den Vorgang durch einen ganz einfachen Versuch veranschaulichen. Man bringt auf den Kondensator einer in Thätigkeit versetzten Elektrifiziermaschine einen Tropfen heißen Siegellackes und verlängert denselben durch Wegziehen mittelst einer Siegellackstange zu einem ganz

dünnen Fäden. Untersucht man die feinsten dieser Fäden mit einem Mikroskop, so zeigen sie hohle Spiralen, welche auf dem positiven Konduktör eine Windung nach rechts, auf dem negativen eine nach links haben. Sind die Fäden dicker, so sind sie nicht hohl, zeigen aber die Spiralen äußerlich und zwar auf dem positiven Konduktör breitere eingedrückte, auf dem negativen breitere erhabene Windungen.

Diese Spiralen sind die natürlichen Folgen der von allen Molekülen während des Ausziehens des Fadens rings um ihn nach derselben Richtung ausgeführten einseitigen Schwingungen. Wenn die oben gegebene Darstellung festgehalten wird, so ist es auch erklärlich, weshalb die Spiralen der negativen Elektrizität eine entgegengesetzte Windung von denen der positiven haben, denn die Bewegungsrichtungen von *o a* sind in den beiden Fällen einander entgegengesetzt.

Wenn diese Schwingungen schnell hintereinander wiederkehren und auf eine ruhende Flüssigkeit wirken könnten, so würden sie in dieser eine Bewegung verursachen, welche bei einem runden Drahte wegen der von allen seinen an dem Umfange liegenden Molekülen nach derselben Richtung ausgeübten Stöße eine drehende Bewegung der Flüssigkeit werden müßte. In der That werden wir in späteren Betrachtungen diese von Elektrizität hervorgebrachte Erscheinung kennen lernen und somit eine neue Stütze für die obige Ansicht, welche dann noch weiter begründet werden soll, erhalten.

Die übrigen durch die Elektrizität hervorgebrachten Wirkungen werden wir später besprechen, wenn wir zu den Wechselwirkungen der schwingenden Bewegungen und dabei auch auf das Wesen des elektrischen Spannungszustandes kommen werden. Wir wollen jetzt nur noch eine hierher gehörige imposante Erscheinung besprechen, nämlich:

**Das Gewitter.** Die Luft ist still, schwül und wenig klar, aber ohne bedeutende Wolken, wir fühlen in uns eine drückende Gluth, Mattigkeit ergreift den Einen, eine fiebrhafte Nervenerregung den Anderen, wir atmen mit Unlust die glühende Luft, die Thiere suchen ängstlich sich Schlupfwinkel auf, um sich zu schützen und zu verbergen, als drohe allem Leben eine große Gefahr, die ganze Natur erwartet mit ängstlichem Schweigen ein mächtiges Ereigniß. Da ziehen sich schnell Wolken mit gelbröthlicher Färbung zusammen; man erkennt in ihnen ein unsicheres Wogen und Schwanken der Dünste, sie ballen sich bald zu mächtigen finsternen Haufen, ein wirbelnder, staubaufregender Sturmwind erhebt sich, der Tag verwandelt sich fast in Nacht, ein bläulicher im Zickzack hinfahrender Blitz durchzuckt die Finsterniß und erleuchtet auf einen Augenblick die wunderbar gefärbte Landschaft, ein gewaltiges Krachen und ein rollender Donner folgt, von welchem der Erdboden erzittert und der schwache Mensch fühlt sich unmächtig gegenüber den Gewalten der Natur. Blitz folgt auf Blitz, Donner auf Donner; es fällt ein kühnender Regen in gewaltigen Tropfen, bisweilen untermischt mit

Schlossen, der Sturm hat nachgelassen, während noch Blitze und Donner mit folgenden Regenschauern oder einem länger anhaltenden sanften Regen fortduern und die Wolken ihren Reichthum auf die schmachtende Erde ausschlitten; die Luft wird heiter, die Sonne lacht wieder über die erwachende Natur, der Wurm selbst kriecht wieder aus der Tiefe des Erdhodens, der Vogel singt wieder fröhlich sein Lied und der Mensch fühlt sich wieder erleichtert und athmet frei von der Angst die balsamische Luft. Wir hatten ein Gewitter und wohl uns, wenn der Blitz nicht zündete und die Habe des Armen wie des Reichen vernichtete oder das theure Leben von Menschen zerstörte oder lähmte!

Erst zu Anfang des vorigen Jahrhunderts wurde erkannt, daß das Gewitter eine elektrische Erscheinung sei. Im Jahre 1708 verglich Wall den elektrischen Funken zwar schon mit dem Blitz, aber erst Franklin, einer der gediegensten und edelsten Menschen, die je die Erde getragen, stellte als gemeinschaftliche Eigenschaften auf:

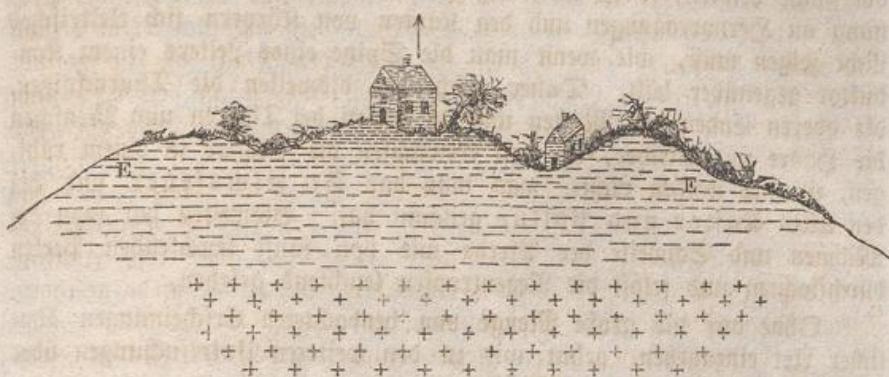
beide leuchten, haben gleiche Farbe, gehen im Zickzack, verschwinden augenblicklich, lassen sich durch Metalle leicht ableiten, verursachen ein Knallen oder Krachen im Augenblicke der Entstehung, durchschlagen die Körper, durch welche sie ihren Weg nehmen, tödten Thiere oder Menschen, schmelzen Metalle, zünden brennbare Stoffe an und verbreiten einen schweflichen Geruch.

Er erkannte ferner, daß die Elektrizität durch Spitzen angezogen werde und daß dieses ein Mittel sei, zu untersuchen, ob in den Gewitterwolken Elektrizität wirke, und sie unschädlich abzuleiten. Dalibard zu Marly-la-Ville stellte später eine runde, oben zugespitzte und unten isolirte Metallstange auf und konnte, als eine Gewitterwolke darüber stand, starke glänzende Funken von dem unteren Ende erhalten; Franklin selbst ließ während eines Gewitters einen kleineren Drachen steigen und fand das untere Ende der Schnur elektrisch; aber Romas führte in Frankreich den Versuch im Großen aus, indem er in die Schnur Metalldrähte einslocht und erhielt die großartigsten Wirkungen, denn aus dem unteren Ende der Leitung entwickelten sich Funken von 9 bis 10 Fuß Länge, welche ein Krachen wie von einem PistolenSchusse erzeugten. Richmann hatte sich vom Dache aus in seine Studirstube eine Leitung gemacht, um die Luftelektrizität zu untersuchen; er wurde aber am 6. August 1753 ein Opfer seiner Forschungen, indem ihn ein Schlag augenblicklich tödete.

Wenn nun auch unwiderleglich feststand, daß das Gewitter eine elektrische Naturerscheinung ist; so blieben doch für die Erforschung ihrer Quelle und des ganzen Verlaufes noch viele Fragen zu beantworten.

Durch unmittelbare Beobachtung an etwa 30 Fuß langen gut isolirten und an hohen freien Punkten aufgestellte Metallstangen, deren unteres Ende mit Elektroskopen in Verbindung gesetzt wurde, ist nach-

gewiesen worden, daß die Atmosphäre jederzeit in einer gewissen elektrischen Spannung sich befindet. Bei heiterem Himmel ist die Luft positiv elektrisch und zwar je höher, desto stärker. Ist nun die Luft an der Erdoberfläche trocken, so bringt sie in derselben, wie es Fig. 382 an-



(Fig. 382.)

deutet, eine elektrische Vertheilung hervor: die näheren und oberen Orte werden negativ elektrisch, die entfernteren und tieferen positiv. Diese positive Elektrizität ist aber wegen der so großen Ausdehnung des Erdkörpers nicht nachweisbar, wohl aber die negative, denn z. B. die Wassertropfen eines Springbrunnens zeigen sich negativ; indeß ist die Luft in einer Höhe von einigen Fußen meist indifferent. Wegen der großen Ländermassen in der nördlichen Halbkugel ist die negative Elektrizität des Erdkörpers hier bedeutender, als in der südlichen.

Die berühmten Physiker Biot und Gay-Lussac ließen bei ihrer Luftfahrt aus der Gondel einen 15 Meter langen Metalldraht herab, welcher durch eine Kugel gespannt wurde und fanden ihn oben stets negativ. Dieses bestätigt die durch andere Naturforscher auf hohen Bergen unmittelbar erhaltene Thatssache, daß höhere Schichten der Atmosphäre stärker positiv elektrisch sind, als tiefere. Der Metalldraht wird nämlich an seinem oberen Ende durch die stärkere positive Elektrizität auch stärker negativ, als das untere es wird durch die schwächere positive, also muß die Gesammtwirkung in der That sich als negative Elektrizität geltend machen.

Ist die Luft nicht heiter, sondern mit Dünsten erfüllt, so wird die positive Elektrizität der Atmosphäre an die Erdoberfläche abgeleitet. Daher ist es erklärlich, daß die elektrische Spannung täglich zweimal ihren größten Werth erreicht, nämlich nach Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang und auch zweimal den kleinsten, nämlich nachmittags und gegen Ende der Nacht, und daß sie jährlich im Dezember oder Januar am größten, im Mai und Juni am kleinsten ist, weil die feuchte

Luft die Elektrizität aus der Atmosphäre besser an die Erdoberfläche leitet, als die trockene, jene aber bei einem niedrigen, diese bei einem höheren Stande der Sonne stattfindet.

Weil die Elektrizität der Atmosphäre eine Vertheilung an der Erdoberfläche bewirkt, so ist klar, daß bei einem höheren Grade von Spannung an Hervorragungen und den Kanten von Körpern sich elektrisches Licht zeigen muß, wie wenn man die Spitze eines Leiters einem Kondensator gegenüber hält. Daher erscheinen bisweilen die Thurm spitzen, die oberen Enden der Masten und im Freien bei Thieren und Menschen die Haare und Kleider, an den Gewächsen die Blätter in einem ruhigen, ziemlich weißen Lichte, was man das St. Elmsfeuer und bei den Alten Castor und Pollux genannt hat. Bisweilen hat man die Mähnen und Schweife der Pferde wie von saust leuchtenden Perlen durchflochten und selbst die Regentropfen leuchtend gesehen.

Ohne auf die große Menge von beobachteten Erscheinungen ähnlicher Art einzugehen, gehen wir zu den weiteren Untersuchungen über die atmosphärische Elektrizität über.

Wenn die auch in der heiteren Atmosphäre vorhandenen Dämpfe zu Dünsten sich verdichten und die Dunstflügelchen sich mehr und mehr einander nähern und Wolken bilden, so muß die positive Elektrizität der Luft auch diesen angehören und sie schweben in der verhältnismäßig trockenen Luft der Umgebung wie ein isolirter Kondensator, welcher an der Oberfläche die stärkste elektrische Spannung hat. — Eine solche höher gelegene positiv elektrische Wolke muß nun auf eine unter ihr liegende schwächer positive vertheilend wirken und ihre negative Elektrizität nach oben anziehen, die positive nach unten abstoßen; letztere aber kann durch die unter ihr befindliche feuchte Luft nach dem Erdboden abgeleitet werden und somit ist eine Wolke mit negativer Elektrizität vorhanden. Wenn also auch die atmosphärische Luft positiv elektrisch ist, so können Wolken selbst über ganz freien Ebenen entweder positiv oder negativ elektrisch sein. — Dass sie aber auch an Gebirgen negativ sind, ergibt sich aus ihrer unmittelbaren Verührung mit negativen Theilen der Erdoberfläche. Ebenso sind die aus Gewässern aufsteigenden Nebel negativ.

Wenn zwei benachbarte Dunstbläschen entgegengesetzte Elektrizität haben, so entsteht zwischen ihnen ein außerordentlich kleines und für sich nicht wahrnehmbares Ausgleichsfünkchen, wenn aber außerordentlich viele Paare einander gegenüberstehen, so wird die gleichzeitig oder fast gleichzeitig erfolgende Abgleichung einen sichtbaren Lichtschein geben, welcher in seiner ganzen Ausdehnung dieselbe Lichtstärke zeigt, wenn die zwei Dunstschichten in sich eine gleichmäßige Vertheilung der Dunstbläschen besitzen.

Dieses führt mich auf eine, wie mir scheint, bis jetzt viel zu wenig beachtete Erscheinung, welche uns Aufschlüsse über die Grundursachen zur

Entstehung der Gewitter zu geben geeignet ist, nämlich auf ein elektrisches Horizontlicht, welches sich bald nach dem Untergange und vor dem Aufgänge der Sonne zeigt, wenn die Luft längere Zeit vorher sehr heiter gewesen ist. Ich habe in den Jahren 1858 und 1859 von einem hochgelegenen Standpunkte aus mit vieler Ausdauer und Aufmerksamkeit eine große Menge von Beobachtungen darüber angestellt.

Ist die Sonne nach heiteren heißen Tagen unter den Horizont gesunken, so ist unmittelbar darauf bei vollkommener Windstille der Erdboden wärmer, als die Luft darüber, weil in jenem eine größere Wärme erregt worden ist, als in dieser, und dort länger festgehalten wird, als hier. Geht aber die Sonne auf, so erwärmt sie bereits die Luft über dem Erdboden, während dieser die Nacht über sich oft nicht unbedeutend abgekühlt hat. In beiden Fällen sind ungleich warme Luftsichten, ohne daß zwischen ihnen eine scharfe Gränze, aber eine mit Bewegung verbundene Neigung zu gegenseitiger Aussgleichung der Temperaturen vorhanden ist. Es zeigt sich nun bald nach Sonnenuntergang am östlichen und nordöstlichen Horizonte, nicht blos über dem flachen Festlande, sondern selbst über dem Meere, wie ich selbst es über der Ostsee gesehen habe, in einem schmalen Streifen ein weisses in kurzen Pausen von wenigen Sekunden bis zu mehreren Minuten phosphoreszierend dahinfliegendes Licht. Gewöhnlich entsteht nach einiger Zeit bei übrigens sternenhellem Himmel ein zarter Wolkenstreifen, wenn er nicht etwa schon anfangs vorhanden ist, zum Zeichen, daß eine Vermischung zweier ungleich warmen Luftsichten mit der elektrischen Abgleichung stattgefunden hat. — Die Erscheinung ist sehr selten auf einige Stunden sichtbar; im Hochsommer habe ich sie wiederholt vor Sonnenaufgang bemerkt.

Diese Horizontlichter hatten selten eine Länge bis zu 60 Graden und höchstens eine Erhebung bis zu 10 Graden. Der Dunstsaum wurde während der Erleuchtung oft unkenntlich, trat aber nachher wieder hervor. — Die längste Dauer der Erscheinung beobachtete ich in der Nacht vom 11. zum 12. Juni 1859, wo sie gegen  $2\frac{1}{2}$  Uhr durch die Morgendämmerung wohl nicht unterbrochen, sondern nur unkenntlich gemacht wurde, nachdem sie  $9\frac{1}{2}$  Uhr abends begonnen hatte. Auffallend war hierbei die noch vor 2 Uhr eintretende doppelte Färbung: der untere Theil war hellblau, der obere hellrot; Farben, wie sie sich an den beiden Enden (Polen) des elektrischen Eies wahrnehmen lassen.

Solche blassen, schnell über weite Strecken dahin fliegende elektrische Streifenlichter habe ich sehr oft auch in höheren Stellen über dem Horizonte beobachtet und gefunden, daß sie von den Stauungen zweier sehr sanften einander entgegenkommenden Windströme mit verschiedener Temperatur entstanden; es bildeten sich nämlich zarte Streifenwolken, auf denen die Windrichtung lotrecht stand, welche verschwanden, wenn der warme Wind, und sich bildeten, wenn der kalte siegte. Bei der einen

Beobachtung zählte ich sieben solcher stehengebliebener Streifen, in denen sich ganz dieselbe Lichterscheinung wiederholt zeigte.

Eines Tages bemerkte ich nach 10 Uhr abends bei völlig mit dichten schwarzen Wolken bedecktem Himmel unterhalb der Wolken in bedeutender Höhe einen wogenden Lichtschein, der viel schneller nach Nordnordost hinslog, als der allerdings auch schnell gehende Wind. Oft bildeten sich mitten in großen lichten Strecken dunkle Partien mit derselben fortschreitenden Bewegung, welche sich mehr und mehr verkleinerten, indem der Lichtnebel von dem Umfange der dunklen Stelle aus, vorzüglich aber von der Windrichtung her, in sie wogte, um dann von neuem abgelöscht zu werden. Während der ganzen langen Zeit bemerkte ich nur einmal im entferntesten Norden ein schwaches Wetterleuchten.

Wenn bei diesen Streifenerscheinungen die herrschenden Windrichtungen nicht senkrecht auf ihnen sind, so sind sie nur von kürzerer Dauer und verdanken ihre Entstehung vorübergehenden örtlichen Strömen, wie sich z. B. am 10. Juli 1848 bei und nach einem Gewitterregen, ohne daß ein Gewitter ausgebrochen wäre, drei kurze Streifen im Norden zeigten, welche bei Ostwind von Ost nach West gingen und nach 5 Minuten verschwanden. Ebenso zeigten sich am 12ten bei Nordwest zwei breite lebhaft wechselnde Lichtstreifen im Nordnordost. Dagegen hielt sich am 24. März 1859 in etwa  $45^{\circ}$  Höhe ein breiter von Nord nach Süd gehender Streifen bei Ostnordostwind in seinem wechselnden Lichte länger, obwohl er bisweilen ganz verschwand. Ich führe diese Thatsachen nur an, um zu zeigen, daß ich diesen und den ähnlichen Erscheinungen ein lebhaftes Interesse gewidmet habe, weil man sie bisher noch zu wenig beachtet hatte.

In nicht geringes Erstaunen versetzte mich eine andere elektrische Lichterscheinung, welche sich an dem Ziegeldache eines einzelnen meiner Wohnung gegenüberstehenden Hauses an mehreren Abenden nach heißen trockenen Tagen entwickelte. Obwohl die Dachfläche ihren Abfall fast genau nach Norden hatte, so mußten die Steine doch eine hohe Temperatur angenommen haben, denn ich fand sie an anderen Stellen des rohen Mauerwerkes um 12 Uhr das einmal  $37^{\circ}$  R. Nach Sonnenuntergang wehte ein schwacher, ziemlich kalter Nordwest oder Nordnordwest, welcher also das Dach schräge traf und da dampfte das Dach förmlich in einem mattrothen Lichtscheine mit wechselnder Stärke und in kurzen Zwischenzeiten, namentlich an der mir sichtbaren Ostkante, welcher bisweilen über diese hinaus bis zu 6 und 8 Fuß flog und recht hell war. Dieser elektrische Lichtnebel kann wohl kaum aus Wasserdunstbläschen bestanden haben, weil ja die etwa von dem kalten Winde mitgeführten Dünste an dem warmen Dache sich noch mehr auflösen mußten, sondern wird wohl aus elektrisch leuchtenden Lufttheilchen bestanden haben.

An diese Erscheinung schließen sich die elektrisch leuchtenden Gewitterwolken, welche bei vollständig ausgebildeten Gewittern nicht nur in wechselndem matten Lichte sich zeigen, sondern häufig auf längere Dauer eine ins Feuerrothe gehende Färbung annehmen, was sich abends und in der Nacht sehr auffallend zeigt. Am schönsten habe ich dieses elektrische Wolkenlicht westlich von New-York gesehen. In der Nähe von St. Louis soll eine solche Wolke von bedeutender Ausdehnung fast während einer Stunde in diesem feuerrothen Lichte geprangt haben und den 5. August 1860 stand zu Cincinnati eine große Wolke ebenso lange mit einer Beleuchtung, als ob ein großes Feuer wäre. Es ist dieses dasselbe Roth, welches sich bei weniger ausgebildeten Nordlichtern sehr oft zeigt und wie ich es in nicht bedeutender Höhe über der Erdoberfläche bei den in Polen und in Nordamerika beobachteten Nordlichtern wiederholt gesehen habe. Diese Erscheinung bildet den Übergang von Gewittern zu Polarlichtern und gewissermaßen die Brücke zum Verständnisse der letzteren.

Wenn nun schon die angeführten Erscheinungen es wahrscheinlich machen, daß zwei Luftströme von verschiedener Richtung und Temperatur die Quelle der Elektrizität auch bei Gewittern sind, so wird dieses durch Beobachtungen, welche sich auf diese Erscheinung selbst beziehen, zur Gewissheit. Wenn man an schwülen Tagen an leichtem Gewölk erkennt, daß die Luft in verschiedenen Höhen nach verschiedenen Richtungen strömt, so kann man mit fast absoluter Gewißheit auf den Ausbruch eines Gewitters nach einigen Stunden schließen und wenn es sich auch nicht über dem Beobachtungsorte selbst entladen sollte. — Aber nicht blos horizontale, sondern auch lotrechte und schräge Strömungen erzeugen Elektrizität und deren Entladung. So der aus und an den Eßen der Vulkane aufsteigende Strom verschiedener Gase und Dämpfe, der an den Bergabhängen während der Nachmittage im Sommer, besonders an der Südseite aufsteigende Strom warmer Luft, neben welchem ein kalter herab sinken muß; ebenso ist es in der Region der Kalmen, wo die aufgestiegene warme Luft positiv, die herabfallende kalte negativ elektrisch ist.

Dass im Winter Gewitter selten sind, liegt daran, daß es an der Doppelströmung in größerem Maßstabe fehlt und überdies die feuchte Luft an der Erdoberfläche die Elektrizität ableitet; wenn aber die warme Südstömung einmal bis in die Winterregion reicht, so kann wohl ein Gewitter mit Schneefall erscheinen, es erfolgt aber in der Regel eine größere Kälte, weil der Nordstrom in der Regel siegreich hereinbricht über den Südwest.

Während in höheren Schichten der Atmosphäre eine doppelte, wenn auch meist ziemlich langsame Luftströmung stattfindet, ist es an der Erdoberfläche windstill und kein Lüftchen fühlt die Gluth. Es ist natürlich, daß die Menge der aus dem erwärmten Erdboden aufsteigenden

Dünste bedeutend sein muß, daß aber auch die Luft eine große Menge von Wasser in Dampfgestalt aufnehmen kann. Dieser hohe Dunstättungsgrad der Luft, welcher unsere eigene Ausdünstung hemmt, die Ruhe der Luft, welche eine Fortführung der etwa entwickelten Ausdüstung nicht bewirkt und letztere also auch noch unterdrückt, in Verbindung mit der elektrischen Spannung, in welcher unser eigener Körper sich befinden muß, macht die Gewitterschwüle so unangenehm.

Die oft sehr schnelle Wolkenbildung meist zu mächtigen Haufenwolken ist nur deshalb möglich, weil die heiße Luft einen sehr hohen Dunstättungsgrad erlangt hat; wirklich vermittelt wird sie durch eine theilweise elektrische Ausgleichung der oberen positiven mit der in den aufsteigenden Dünsten enthaltenen negativen Elektrizität; denn wenn die Dünste durch das bloße Aufsteigen zu Nebel und Wolken würden, so müßten diese sich nur sehr langsam und während des größten Theiles des Tages bilden, was nicht der Fall ist. Das in den Wolken bei ihrer Bildung sichtbare Schwanzen und Wogen röhrt von den theilweisen Entladungen her, weshalb die zu derselben Wolke gehörigen Dunstflügelchen einander näher treten und immer mehr neue sich bilden können, wodurch schnelle Formveränderungen eintreten. Wenn nun auch jedes einzelne Dunstflügelchen einer bestimmten Wolke eine nur geringe elektrische Spannung besitzt, so ist doch die gegen die Außenflächen der ganzen Wolke vorzüglich hervortretende gesammte Spannung oft sehr bedeutend. Ist sie im Ganzen geringe, so können bei der Verdichtung der Wolken warme Gewitterregen entstehen, ohne daß ein wirkliches Gewitter zum Ausbruche kommt; ist sie aber bedeutend, so erhebt sich nach dem oberen abgekühlten Raume die heiße dunstreiche Luft von der Erdoberfläche, trägt zur schnellen Vergrößerung der Wolken bei und bewirkt den Gewittersturm, welcher durch die elektrische Anziehung nach der Wolke hin unterstützt wird.

Nach den obigen Betrachtungen werden die oberen Wolken meist positiv elektrisch sein und werden auf darunter befindliche in der Art vertheilend wirken, daß ihre unteren Flächen auch positiv sind, wodurch die Erdoberfläche zunächst negativ wird. Treten nun Funkenentladungen ein, so können sie entweder blos zwischen den beiden Wolken stattfinden und dann sind die Blitze als sogen. kalte Schläge gefahrlos oder bei einer ziemlich großen Annäherung der unteren Wolke an die Erdoberfläche gleichzeitig auch eine zweite Entladung nach der Erde, welches ein elektrischer Rückschlag oft von außerordentlicher Hestigkeit ist oder endlich nur zwischen der unteren Wolke und der Erdoberfläche, wobei es immer, wie man sagt, einschlägt. — Ich habe einmal grade über meinem Scheitel ein Gewitter beobachtet, was so hoch war, daß ich nur den Blitz sah, den Donner aber nicht hörte. Man nimmt an, daß letzteres bis auf eine Entfernung von zwei Meilen geschehen kann. — In seltenen Fällen kommt es vor, daß die untere elektrische Wolke die Erdober-

fläche berührt und sich an ihr fortwälzt. Dadurch wird die Elektrizität unmittelbar in die Erde geleitet und ein Donner kann nicht entstehen. Ein solcher Fall kam am 2. Juni 1856 in Elberfeld vor, wobei es, weil die Stadt selbst innerhalb der dunklen Gewitterwolke sich befand, so dunkel wurde, daß man selbst in dem freiesten Zimmer kaum lesen konnte.

In allen diesen drei Fällen entsteht ein Blitz. Man unterscheidet drei Arten desselben:

1) der eine fährt im Zickzack oft drei bis vier Meilen weit mit rother, blauer (violetter) oder weißer Farbe einher, bisweilen theilt er sich, namentlich in der Nähe der Erdoberfläche, und bringt dort die heftigsten Zerstörungen und Brände hervor. Dieses Abspringen hat seinen Grund in der bedeutenden Verdichtung der Luft, welche vor ihm wegen der Ausdehnung der zurückliegenden sehr zusammengedrückt worden ist, so daß also in kurzen Augenblicken eine Leitung nach weniger dichten Stellen stattfindet, um dann in einer Seitenbahn den Weg wieder fortzusetzen. Wenn er zur Erde fährt, oder wenn wir einen eigentlichen Blitzschlag haben, so wählt er sich gern hervorragende Gegenstände, wie die Masten der Schiffe, hohe Bäume, Thürme und folgt dabei den besten Leitern; trifft er auf schlechte Leiter, so durchbohrt oder zertrümmert er sie, selbst wenn es dicke Mauern sind; die guten Leiter führen ihn, wenn sie eine hinreichende Oberfläche haben, spurlos weiter, wenn nicht, so werden sie erwärmt, glühend, geschmolzen, zerrissen oder sogar in Staub verwandelt; je schlechter ein Körper leitet, desto mehr wird er erwärmt und sängt Flamme, wenn er brennbar ist. Finden Unterbrechungen in der Leitung statt, so erscheinen neue zündende Feuerstrahlen, der Blitz springt über von schlechteren auf bessere oder auf solche mit größerer Oberfläche und reist dabei häufig leichtere Körper mit sich fort und setzt sie anderswo ab oder zerstreut sie; schlägt er in ein Kiesandrager, so schmelzt er die Sandkörner zu hohlen Röhren, welche oft eine Länge von 20 bis 30 Fuß, einen Durchmesser von 1 bis 2 Zoll haben und sich bisweilen verzweigen. Dies sind die an sandigen Ufern und Hügeln nicht selten aufgefundenen Blitzröhren.

Der Blitz legt bisweilen einen 3 bis 4 Meilen langen Weg zurück, er besteht aber aus einer großen Menge kleiner Entladungen, was bei der Drehung eines Farbenkreisels ermittelt werden kann.

2) Die zweite Art von Blitzen ergreift ganze Wolken und hat ein viel schwächeres Licht, welches mehr dem an Spitzen erscheinenden Glimmlichte ähnlich ist. Er erscheint zwischen zwei Wolken als Zeichen der gleichzeitigen Abgleichung großer Strecken auf ihnen und ist selbst bei größerer Nähe von einem hörbaren Donner nicht begleitet. Ist die Erscheinung in größerer Entfernung, so nennt man sie Wetterleuchten.

3) Endlich erscheint in seltenen Fällen ein kugelförmiger Feuerballen, welchen man Donnerkeil zu nennen pflegt. Er durchfliegt die

Luft nach der Erdoberfläche hin in der Regel mit solcher Geschwindigkeit, daß es scheint, als ließe er eine feurige Spur hinter sich. Bei der Berührung mit dem Erdboden sollen manche wie elastische Bälle abprallen oder sich in mehre kleine Kugeln zertheilen, und bei ihrem plötzlichen Verschwinden einen einzelnen starken Knall oder eine Art Kanonensalve geben, bisweilen aber auch geräuschlos verschwinden.

In dieser Beziehung hat mir ein amerikanischer Freund, der durch sein vortreffliches Werk über Nordamerika: „Land und Leute in der Union“ bekannte Direktor der „Hoboken-Akademie“, Adolf Douai, eine bemerkenswerthe Mittheilung gemacht. Er schreibt am 4. August 1862:

„An einem der letzten Tage schlug hier während einer ziemlich stillen, mehr wetterleuchtenden Gewitterentladung der Blitz in das Haus einer meiner Bekannten in Staten Island, ohne zu zünden. Die Familie saß beim Abendbrote, als der betäubende Schlag erfolgte und die Familienglieder eine Feuerkugel sich um einen Zinnkrug auf dem Tische schlängeln sah. Die Hausfrau war getroffen worden. Sie war zwar auffällig ruhig und gefaßt, zeigte auch keine Spur von Verletzung; aber Tags darauf begann sie zu klagen. Ihre Verdauung war gestört und sie war in einer solchen elektrischen Spannung, daß, so oft man sie berührte, elektrische Schläge von beiden Theilen empfunden wurden. Ihre Hoops (Reifrock) verursachten ihr heftige Schmerzen, besonders beim Entfernen. Es konnte sie nur ihr Schwager anrühren, ohne ihr Krämpfe zuzuziehen, und wenn er ihre Hände in den seinigen hielt, schlief sie allmählig ein. Als der Arzt, ein kräftiger, energischer Mann, wenige Schritte vom Bett entfernt und ihr den Rücken zukehrend, eine Arznei in einer Schale einführte, empfanden er und sie gleichzeitig einen heftigen elektrischen Schlag. Am dritten Tage starb sie im Augenblicke des Aderlassens an einem kurzen Krampfanfalle. — Die Lust war auch mehre Tage nach dem Blitzschlage noch fortwährend elektrisch gespannt und gewitterhaft.“

Derselbe Freund berichtete mir von einem höchst merkwürdigen Blitzschlage, welcher am 14. Juli 1864 bei Rossville, Georgien, in dem Lager der Fuller-Brigade etwa 15 Unionssoldaten verwundete oder tödtete und mehre Gespanne betäubte.

„Herr Pollock, der Regimentswagenmeister des 18 ten Missouri-Regiments, ein wissenschaftlich gebildeter Mann, der den Gang des Gewitters genau beobachtet hatte, berichtet darüber, daß ungefähr um 6 Uhr abends die schweren Gewitterwolken, welche sich im Westen gesammelt hatten, sich theilten, indem ein Theil nordwärts, der andere südwärts zog, beide Blitze und Regen aussströmend, und endlich sich wieder vereinigten grade über dem 16ten Armeecorps, welches auf den hohen Hügeln am Südufer des Chattahoochie an der Rosviller Brücke lagerte. Im Augenblicke der Vereinigung der beiden Wolken wurden unaufhörlich die lebhaftesten Blitze entwickelt, gefolgt von Donnerschlägen,

fast unserem Kanonendonner gleichkommend, mit betäubender, lähmender, fast entsehenerregender Wirkung."

"Derjenige Schlag, welcher den meisten Schaden anrichtete, der im 18ten Missouri-Regimente, kam, wie ein Beobachter erzählt, aus einer ganz niedrig stehenden Wolke und fuhr über die Straße als eine grelle wagerechte Feuermasse so dick wie ein Mann am Leibe. Er traf eine hohe Eiche, etwa 90 Fuß hoch und 30 Zoll dick, welche auf einer Anhöhe stand, spaltete sie bis aufs Mark, warf aber keine Splitter umher. Am Fuße des Baumes, wo eine große Anzahl Soldaten bivouakirten, schien die Elektrizität den Baum zu verlassen und nach allen Seiten hin eine große Menge feuriger Strahlen zu versenden, jenen ähnlich, welche ein Klumpen Eisen unter dem Hochofenhammer bei Weißglühhitze versendet, nur daß es keine Funken, sondern anhaltende Ströme waren, was herumslog. Alles dieses war das Werk eines Augenblickes. Fast das ganze Regiment ward betäubt und geblendet; Viele lagen bis zur Gefühllosigkeit betäubt. Ein ganzes Gespann von 6 Maulthieren ward 60 Fuß davon zu Boden geworfen. Zu genau derselben Zeit schien die Wolke an anderen Stellen der Brigade einzuschlagen; sie hat, wie ich seitdem erfahren, Menschen und Thiere verwundet und getötet."

"Nun zu ihren Grillen! Jene kleinen Strahlen, welche der Hauptmasse ausströmten, ähnlich den Wurzeln und Würzelchen eines Baumes, durchbohrten Alles, worauf sie trafen, mit größerer Kraft, als Kugeln, obwohl einige nicht dicker, als eine Stricknadel waren. In ihren Bohrlöchern machten sie keine Einzackungen, wie es Kugeln thun, sondern höhlten ihren Weg aus. Alles, was sie berührten: wollene Decken, Kleider, Haare, Haut, Papier u. s. w. sah aus, als wäre Vitriol darauf gespritzt und überhaupt hatte die ganze Umgebung das Aussehen, als wäre ein großes Gefäß mit Vitriol geborsten und hätte seinen Inhalt in feinen Strahlen verspritzt. Ich untersuchte den Ranzen eines Soldaten und was darin war. Ein Bohrloch wie von einem Schrotkorn war durch 26 Lagen der gefalteten Decke, durch sein Taschenbuch, durch Briefe, Umschläge, Buche Papier, Lichtbilder und die Messingklappe des Taschenbuches gedrungen. Mehrere Leute waren verbrannt und ihre Haut sah aus wie mit heißem Wasser vom Kopfe bis zur Ferse verbrüht, das Haar versengt, die Haut in Blasen, in einzelnen Fällen das Fleisch tief hinein verbrannt."

"Acht Kanonen, welche neben dem Baume standen, wurden abgefeuert, ohne Schaden zu leiden. Der Korporal John Taylor und der Gemeine John Hensel, 9. Komp., wurden getötet, 8 Mann derselben Kompanie schwer verbrannt. Die dem Baume zunächst waren, empfingen Strahlen, welche über den ganzen Körper ließen; die Entfernteren hatten an ihrer Haut das Aussehen, als hätten sie in einem Regen geschmolzenen Eisens beim Hochofen gestanden. Drei Mann von der zweiten Verein. Staaten-Batterie wurden getötet. Ein Gespann von

vier weißen Maulthieren mit dem Fuhrmann und Negerknecht wurden auf der gegenüberliegenden Seite des Flusses getötet.

„Nach“ Untersuchung der Dertlichkeit bin ich überzeugt, daß die bedeutende Menge von Wasser und Stahlkanonen die beiden Wölken grade über dieser Stelle zusammengezogen hat, da sie nicht eben höher war, als manche umliegenden Hügel. Der ganze Lauf des Gewitters auf Meilen hin war niedrig; aber es entlud sich erst, als es über dem dicht beisammen lagernden 16ten Corps angelangt war.

Wm. Heimstreet, Kapitain.“

Auf die Blitze der ersten Art folgt der Donner, wenn das Gewitter nicht allzuweit, nicht viel über 2 Meilen, entfernt ist. Bei der Entstehung des Blitzes oder in dem Augenblicke der Verbindung der beiden entgegengesetzten Elektrizitäten wird die Luft an der betreffenden Stelle sehr stark ausgedehnt; die umgebende Luft stürzt aber von allen Seiten nach diesem luftverdünnten Raume und es schlägt sich somit Luft an Luft. Dieses gibt allerdings nur einen einzelnen harten Schlag, aber daß wir eine ganze Reihenfolge von zusammenhängenden Schlägen, welche in ihrer Stärke wechseln oder ein Rollen des Donners wahrnehmen, röhrt theils davon her, daß wir von den entfernteren Stellen des entstandenen Blitzes den Schall später und schwächer hören, als von den näheren, theils davon, daß die Wölken je nach ihrer Dichtigkeit, Mächtigkeit und Lage gegeneinander den Schall in verschiedener Stärke und Zeit als Echo zurückwerfen. — Bildet sich der Blitz zwischen zwei Wölken, gleichgültig, ob er von oben nach unten oder umgekehrt fährt, so sängt der Donner stark an, weil man den Schall von dem als dem uns nächsten Punkte seines Weges zuerst hört und wird dann schwächer, weil der später ankommende Schall von entfernteren Orten kommt; geht aber der Blitz aus einer niedrigen Wolke nach der Erdoberfläche, so vernimmt man meist nur ein starkes Krachen. — In Gebirgen tragen die Felsen, Berge und Höhenzüge zur Ausbildung des Donners bei.

Der die Gewitter meist begleitende Regen entsteht theils durch den auf die Wölken bei jeder Entladung ausgeübten Druck der sie umgebenden und durchdringenden Luft, wodurch eine Übersättigung mit Dünsten eintritt, theils durch die mit der folgenden Ausdehnung verbundene Abkühlung und Herabsetzung des Dunstsättigungsgrades. Wer Gewitter aufmerksam beobachtet hat, wird gefunden haben, daß der Regen ähnliche Pausen macht, wie die Entladung der Gewitterwölken, so daß auf einen Schlag der Regen mit erneuter Stärke fällt. Die Abkühlung geht soweit, daß der Regen bisweilen mit Hagelkörnern vermischt ist, oder daß ein Hagelwetter eintritt. — Da die Wölken bei heiterem Himmel nur positiv elektrisch sind, bei bedecktem aber positiv oder negativ; so zeigt auch der Regen, sowie der Schnee, bald die eine, bald die andere Elektrizität.

Der Hagel ist eine der räthselhaftesten Naturerscheinungen, mit deren Erklärung die Physiker sich vielfach beschäftigt haben, ohne daß es hat gelingen wollen, eine allen Anforderungen entsprechende Theorie zu geben. Obwohl ich in der glücklichen Lage gewesen bin, einige entscheidende Beobachtungen zu machen, so will ich doch nicht behaupten, daß mit dem, was ich anführen will, schon Alles abgethan sei.

Hagelfälle finden in den kalten Zonen nicht statt, in der heißen nur an hohen Bergen, in den gemäßigten nur im Sommer, fast nur am Tage, vorzüglich nachmittags und nur, wenn es sehr heiß und die Luft mit Dünsten sehr erfüllt gewesen ist.

Wie vor einem Gewitter sieht man oft viele Stunden vorher in der Atmosphäre eine doppelte Luftströmung, während an der Erdoberfläche eine schwüle Windstille herrscht. Es bilden sich dann meistens ziemlich schnell niedrig schwebende, dichte, dunkelgraue, etwas ins Röthliche gehende Wolken, welche mehr schichten-, als haufenförmig gestaltet sind.

Nach kurzer Zeit hört man aus der Wolke, wenn sie niedrig genug schwebt, ein verworrenes Sausen und Rauschen, wie etwa von einem entfernten Wasserfälle, nur mit etwas härteren Schlägen. Dieses Rauschen habe ich in einem engen Gebirgstale zwischen Reichenberg und Friedland in der Nähe des Hochwaldes bei Ditterbach aus einer in etwa 500 Fuß Höhe über mir schwebenden, dichten und horizontal begrenzten Wolke bei vollkommenster Windstille über 10 Minuten lang wahrgenommen, ohne auch nur eine Spur von Blitz zu entdecken. Dann trieb ein mäßiger Wind die Wolke, ohne daß das Rauschen aufhörte, und ohne daß ein Regentropfen oder Hagelkorn gefallen wäre, bis an den nächsten Höhenzug an dem Wege nach Reichenberg und dort erst setzte die Wolke ihren Hagelvorrath ab, wie ich am nächsten Morgen erfuhr.

Hört das Rauschen auf, welches man bei sehr hoch stehenden Wolken freilich nicht mehr wahrnehmen kann, so treibt ein meistens mäßiger Wind die Hagelwolke fort und der Hagel fällt in kleinen oder bis zu vier Zoll im Durchmesser großen Eistörnern nur während weniger Minuten, aber in oft so bedeutender Menge, daß er den Erdboden bisweilen auf mehre Zolle bedeckt und noch lange nachher eine Temperatur von  $-4^{\circ}$  R. zeigt. Dabei ist der mit Hagel bedeckte Flächenraum meist ein ziemlich beschränkter von länglicher Gestalt in der Richtung, in welcher die Wolke zog und seine Gränzen sind oft ganz scharf abgeschnitten. Bei einem Hagelfalle, den ich während des Aufenthaltes auf einem Landgute beobachtete, hagelte es auf dem Gehöfte, während in dem dahinter befindlichen Garten nicht ein Korn fiel.

In den allermeisten Fällen zeigen sich in den Hagelwolken Blitze mit folgendem Donner, auf welche dann der Hagelfall beginnt; sie gehen aber in diesem Falle nur von Wolke zu Wolke.

Die Hagelkörner sind in der Mitte in der Regel undurchsichtig und bestehen meist aus theils durchsichtigen, theils durchscheinenden, einander umschlissenden Eisschalen, was man bei ihrem Zerschneiden erkennt.

Bei der Erklärung dieser höchst auffallenden Naturerscheinung fand man bisher die größte Schwierigkeit immer in der Aufsuchung der Ursachen für die grade bei der größten Sommerhitze von mehr als  $37^{\circ}$  R. in der Sonne so bedeutende Abkühlung unter Null, ohne welche die Hagelkörner nicht entstehen können. Man verfocht lange und eifrig die Ansicht, daß die Sonne an der oberen Fläche der Hagelwolke eine starke Auflösung der Dünste in Dämpfe bewirke, wodurch den unteren Theilen so viele Wärme entzogen würde, daß sich statt der Wassertropfen sogar Eistropfen bilden sollten. — Wir wissen freilich, daß z. B. lauer Wein, welcher in Flaschen in feuchten Erdboden eingegraben ist, abgekühlt wird, wenn man ein Geschwindfeuer auf dem Boden angelegt hat, weil wegen Erhöhung der Temperatur die Feuchtigkeit rascher verdunstet, wozu Wärme notwendig ist, die dem Erdboden darunter entzogen wird, und es steht überhaupt fest, daß Wärme verbraucht wird, wenn Dämpfe gebildet werden. — Aber geben wir auch die Abkühlung der Luft zu, in welcher die Dünste der oberen Gränze der Wolke schwieben, so ist doch auch klar, daß die kalt gewordene Luft herab sinken, die unterhalb befindliche warme aufsteigen und dadurch oberhalb die Temperatur fast auf derselben Höhe um so längere Zeit bleiben muß, je größer die Hitze unterhalb ist. Es ist also eine so bedeutende Abkühlung der Wolke, wie sie zur Bildung von Hagelkörnern erforderlich wäre, rein undenkbar. Aber, gesetzt auch, es entstände auf diese Weise doch nur allmählich und nicht so plötzlich eine Abkühlung unter Null; so kann die Frage nicht beantwortet werden: warum bildet sich dann nicht Schnee, sondern Hagel. Gesetzt aber auch ferner, es entstände oben an der kältesten Stelle statt eines kleinen Regentropfens ein kleines Hagelkorn; so kann sich dieses für sich nicht schwebend erhalten und dabei allmählig vergrößern, sondern es muß fallen; beim Fallen trifft es aufwärmere Dünste und Luft, es kann sich also nicht nur nicht vergrößern, sondern muß kleiner und am Ende gar ein Regentropfen werden. Noch weit weniger können sich große Hagelkörner in der obersten Gränze plötzlich bilden. — Abgesehen von diesen Einwürfen lassen die Hagel, welche bisweilen bei diesem Stande der Sonne, oder selbst nach Sonnenuntergang entstehen, noch weniger nach der obigen Annahme sich erklären.

Wenn wir die Bedingungen für die Entstehung des Hagels und den ganzen Verlauf der Erscheinung genau verfolgen, so wird sich wohl ein ziemlich sicheres Resultat ergeben.

In den kalten Zonen, so wie in der heißen an der Erdoberfläche fehlt es an Luftströmen von bedeutend verschiedener Temperatur; in der letzteren können sie nur an den Abhängen hoher Berge vorkommen. Aber auch in den gemäßigten Zonen sind die Nächte und der Winter meistens

frei davon und wenn sie vorkommen, so vermengen sie sich, ohne auf weite Strecken eine horizontale Richtung zu behalten. Wie vor Gewittern, so ist vor dem Ausbrüche der Hagelwetter, welche nur eine besondere Form der Gewitter sind, zwar auch stets ein doppelter Luftstrom zu erkennen, aber die sich in ihnen bildenden Wolken müssen mehr Schicht-, als Haufenwolken und ihr Temperaturunterschied, so wie der Dunsifärtigungsgrad muß ein großer sein.

Die Bedingungen dazu sind am meisten in den Nachmittagen des Hochsummers gegeben. Bei dem hohen Stande der Sonne wird an der Erdoberfläche nicht nur eine bedeutende Wärme entwickelt, sondern auch das Wasser in Dünste in höherem Grade aufgelöst. Es steigt also eine sehr warme und mit Dünsten sehr erfüllte Luft in die Höhe, um dort unterhalb des horizontal wehenden kälteren Luftstromes sich mit dem schon vorhandenen tieferen und warmen Stromen zu verbinden, ohne den kalten Strom durchbrechen zu können.

Diese Ströme sind eine um so reichere Quelle der Elektrizität, je größer der Unterschied der Temperatur und des Dunsifärtigungsgrades ist.

Dass sich durch das fortwährende Aufströmen von Dünsten Wolken bilden müssen mit entgegengesetzten Elektrizitäten, ist ganz natürlich. Weil aber die Wolken wesentlich schichtenförmig sind, so kann eine Abgleichung in größerem Maße mit der Erscheinung von Blitz und Donner häufig gar nicht eintreten oder sie tritt nur an manchen Stellen ein, an anderen ist eine ganz allmähliche Entladung, für welche die Dunsibläschen an den einander zugekehrten Flächen der beiden Wolken die Zwischenträger sind.

Durch die große Menge dieser, wenn auch nur schwachen Entladungen wird die Luft zwischen den beiden Wolken ausgedehnt und dadurch kälter, und namentlich gegen die obere an sich schon kältere Wolke, weil dort die Luft dünner ist und einen geringeren Widerstand leistet, als die darunter befindliche; außerdem wird durch den Druck auf die entfernteren Wolkenpartien darin eine Verdichtung der darin vorhandenen Dünste und zur Herstellung des Gleichgewichtes ein Zuströmen nach entfernteren hervorgebracht, so daß die Wolken bald ein dunkles Aussehen und wegen ihres elektrischen Zustandes eine ins Gelbrothe gehende Färbung bekommen.

In der oberen kalten, wahrscheinlich negativ elektrischen Schicht bilden sich endlich Schneekristalle, welche sich bald nach der unteren warmen und positiv elektrischen sehr dunstreichen Wolke bewegen müssen, nicht nur wegen ihrer Schwere, sondern auch weil sie wegen ihrer positiven Elektrizität von der oberen Schicht abgestoßen und von der unteren negativen angezogen werden. Auf ihrem Wege nach den wärmeren Stellen fallen die Schneeflocken zusammen und bilden eine Art Graupelkorn von geringerer Durchsichtigkeit; kommen sie an die

untere Schicht, so verdichten sie an ihrer kalten Oberfläche die reichlich vorhandenen Wasserdünste, verlieren dabei ihre positive Elektrizität und werden negativ. In diesem Zustande werden sie von der unteren auch negativen Wolke abgestoßen und gleichzeitig von der oberen angezogen. Hier und schon auf einem Theile ihres Weges gefriert das Wasser an ihrer Oberfläche, sie verlieren die negative und bekommen positive Elektrizität und so geht dieses Wechselspiel um so leichter und länger weiter fort, je weniger dicht die Luft zwischen den Wolken und je stärker diese elektrisch sind.

Durch diesen Vorgang wird der elektrische Gegensatz der beiden Wolken nach und nach abgeschwächt und die Eiskügelchen werden durch die allmäßige Vergrößerung endlich so schwer, daß die untere Wolke sie nicht mehr abstoßen kann, sondern sie durch sich fallen läßt.

Weil die Dünste der Luftsicht zwischen den beiden Wolken von den Hagelkörnern nach und nach aufgenommen werden, so wird sie ziemlich ausgetrocknet und ist im Stande, die beiden Elektrizitäten eine längere Zeit von einander getrennt zu erhalten. Dazu kommt noch, daß die elektrische Spannung der unteren Wolke durch die ihr fortwährend von der Erdoberfläche aus als einer unerschöpflichen Quelle von Elektrizität zuströmenden Dünste sehr lange rege erhalten werden kann.

Es ist ferner natürlich, daß von den Hagelkörnern manche herabgehen, während andere hinauf sich bewegen. Wenn sie dabei einander zu nahe kommen, so stoßen sie aneinander, um ihre entgegengesetzten Elektrizitäten abzugleichen; es ist aber nicht nothwendig, daß jedes dann seinen Rückweg antritt, denn einerseits wird selten die elektrische Spannung beider ganz gleich und somit stets ein gewisser Überschuß vorhanden sein, welcher wenigstens das eine veranlaßt, seinen Weg fortzusetzen, und andererseits macht auch die anziehende Wolke ihren Einfluß mehr geltend, als die abstoßende. Theils durch dieses Zusammenstoßen, theils durch die bei den elektrischen Ausgleichungen nicht ganz ausbleibenden kleinen Schläge entsteht das dem Hagelfalle vorangehende Geräusch.

Dass es Hagelfälle ohne irgend einen Blitz mit Donner geben kann, ist eine absolut feststehende Thatprobe, aber in den allermeisten Fällen sind die Wolken zu wenig schichtenförmig, als daß eine Entladung in größerem Maße nicht von einzelnen Hervorragungen ausgehen sollte. In diesen Fällen tritt in der unteren Wolke eine schnellere Verdichtung ein und wir haben neben Hagelkörnern noch Regentropfen von oft bedeutender Größe.

Dass die Hagelwolken einige Zeit nach dem Beginne des Bildungsprozesses von einem Winde fortgetrieben werden können, röhrt von der die Abkühlung der Luft begleitenden Verdichtung derselben her, ist aber nicht nothwendig, weil ja die umgebende Luft von allen Seiten in den Raum eindringen kann. Da die Hagelwolken selbst eine meist ziemlich

scharfe Begränzung haben, so hat sie jedenfalls auch der Ort, auf welchen der Hagel gefallen ist.

**Blitzableiter.** Alle Mittel, die Gewitter- und Hagelwolken selbst anzugreifen und die Ausbildung dieser in ihren Wirkungen oft so furchtbare zerstörenden atmosphärischen Erscheinung zu verhindern, sind absolut vergeblich und manche, welche man früher anwendete, z. B. das Läuten von Kirchthirniglocken, sogar gefährlich. Ganze Kanonensalven, gegen eine Gewitterwolke gerichtet, vermögen nicht im geringsten, sie zu theilen oder unschädlich zu machen. Die Schallschwingungen verlieren nicht nur wegen ihrer Entfernung, sondern auch wegen der abnehmenden Dichtigkeit der Luft nach oben sehr bald bedeutend an Kraft und wenn sie auch eine Gewitterwolke erreichten, so würde diese nichts weiter thun, als sie fortpflanzen. Das einzig Vernünftige ist, auf Mittel zu denken, welche uns gegen die Nachtheile des unabwendbar zur Erdoberfläche gelangenden Blitzschlages sicher zu stellen. Auch hierin hat der herrliche Franklin das Richtigste angegeben, indem er die Blitzableiter erfand, durch welche der Schlag vollkommen unschädlich gemacht wird. Bei seiner Aufnahme in die französische Akademie der Wissenschaften setzte ihm D'Alembert durch die fünf Worte:

Eripuit coelo fulmen, sceptrumque tyrannis,

(Er entrif dem Himmel den Blitz, das Scepter dem Tyrannen)

ein schöneres und bleibenderes Denkmal, als wenn es von Stein oder Erz wäre. Wir wollen nun das Wesentlichste darüber angeben, weil eine falsche Anlage oder unangemessene Konstruktion nicht nur nicht schützt, sondern sogar erst recht gefährlich wird. Die ganze Ableitung muß von den höchsten Stellen eines Gebäudes bis in den Erdboden aus einer ununterbrochenen Metallmasse bestehen. Man unterscheidet darin drei Theile: die Auffangstange, die Hauptleitung und die Bodenleitung.

Die Auffangstange (Fig. 383) ist höchstens 10 Meter lang und unten 5 Zentimeter im Durchmesser, wird durch die Dachfirme in das Holzwerk eingelassen und ist aus drei Stücken zusammengesetzt:

1) einer Spize p, welche aus Platin, vergoldetem Eisen oder Kupfer oder aus Silber besteht. Ersteres ist allerdings das beste, aber theuerste; letzteres wegen seiner guten Leitungsfähigkeit und des hohen Schmelzpunktes aber auch sehr geeignet. Ein edles Metall muß genommen werden, damit die Oberfläche wegen der nöthigen Ableitung stets metallisch bleibe. Ihre Länge braucht etwa nur 0,05 Meter zu betragen.

2) Das zweite ist ein Kupferstück k, etwa 0,6 Meter lang, an welches die Spize mit Silber gelöthet ist, und dieses ist

3) in das Eisenstück a, von welchem hier nur der oberste Theil sichtbar ist, so eingeschraubt, daß eine Fuge nicht zurückbleibt. Dieses Eisenstück trägt unmittelbar über dem Dache eine mit ihr zusammenge-

schweißte Scheibe, um den an der Stange herablaufen-  
den Regen von dem Eindringen ins Gebäude abzuhalten.

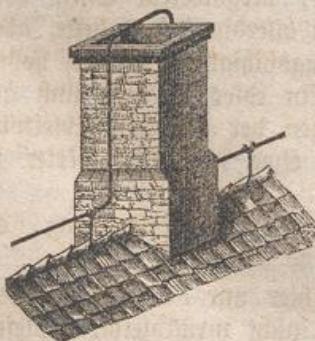
Die Hauptleitung besteht in einer Eisenschiene  
ohne scharfe Kanten oder besser noch in einem zylindri-  
schen Eisen, welches oberhalb der Scheibe an der Auffang-  
stange beginnt und mit dieser durch einen Ring verbunden  
ist; dann längs des Dachfirstes in einiger Entfernung davon  
hinläuft, indem es durch Metallpfölke mit Isolirhaltern  
gestützt wird, sich an dem Dache herabzieht, in einem  
Bogen ohne scharfe Krümmung um den Sims geht und  
an der Außenseite der Mauer bis an den Erdboden ge-  
führt wird. Wo Schornsteine hervorragen, geht die  
Leitung über dieselben ununterbrochen weg, wie es in  
Fig. 384 angedeutet ist. — Sind in dem Gebäude in  
der Nähe der Leitung einzelne Metallmassen, so müssen  
sie mit ihr, am besten nach ihrem oberen und von ihrem  
unteren Theile verbunden werden, um ein gefährliches  
Ab- und Ueberspringen des Blitzes zu vermeiden.

Die Bodenleitung muß nach möglichst feuchten  
Stellen, am besten nach einem Brunnen, Teiche, Flusse  
u. dergl. vom Hause in einiger Entfernung geführt wer-  
den und mindestens 3 bis 4 Meter lang sein. In eine  
gemaute, wenn auch Wasser enthaltende Zisterne darf  
die Leitung nicht münden. Um das untere Ende der  
Leitung unter allen Umständen mit feuchtem Erdboden  
zu umgeben, muß man bei trockenem Boden in der  
Nachbarschaft ein Bohrloch bis zu nie fehlendem Wasser  
in geeigneter Lage machen, in dieses eine eiserne Röhre  
mit Seitenöffnungen setzen und in sie das Ende der  
Leitung führen. Damit das Eisen im Erdboden nicht  
rostet und die Leitungsfähigkeit versiere, wird es mit einer  
Lage von Kohlepulver umgeben.

Kupfer gibt wohl eine bessere Ableitung  
als Eisen, ist aber zu kostspielig, weniger  
find Zink-, Blei- und Messingdraht zu emp-  
fehlen. Die Dicke ist von der Länge und  
dem Materiale der Leitung abhängig. Für  
Gebäude von 50 bis 60 Fuß Höhe muß sie  
für Eisen mindestens 5 bis 6, für Kupfer  
2 bis 3, für Messing 4 bis 7 pariser Linien  
betragen; bei 80 Fuß Länge wird sie  
für Eisen  $6\frac{1}{4}$ , bei 100 Fuß Länge  $7\frac{1}{2}$ ,  
bei 120 Fuß Länge  $8\frac{1}{4}$  par. Linien Durch-  
messer haben müssen.



(Fig. 383).



(Fig. 384.)

In Betreff des durch einen Blitzableiter geschützten Umkreises läßt sich als Regel aufstellen, daß die schützende Wirkung sich horizontal nach allen Richtungen doppelt so weit erstreckt, als die Länge der Stange beträgt, und daher darf auf einem Dache u. dergl. kein Punkt vorhanden sein, dessen horizontaler Abstand von der nächsten Blitzableiterstange größer, als die doppelte Länge dieser Stange ist.

Je geringer die Höhe der Gebäude ist, desto größer muß die Anzahl der Ableiter sein. Wenn der Blitz im Allgemeinen auch nur in die höchsten Punkte trifft, so können größere Metallmassen im Inneren der Gebäude doch es rathsam erscheinen lassen, auch tiefere Stellen zu schützen.

Feststehende Erfahrungen beweisen, daß durch Blitzableiter die Elektrizität der Gewitterwolken abgeschwächt wird. Wenn man während eines Gewitters die Haupitleitung eines Blitzableiters in der Nähe des Erdbodens eine kurze Strecke unterbricht, so erscheinen daselbst oft fast ununterbrochen starke Funken und die elektrische Wolke, welche bei der Annäherung eine große Spannung verrieth, ist nach ihrem Vorübergang viel weniger elektrisch. Die Wolke erregt den Blitzableiter entgegen gesetzt elektrisch und da er ihr eine Spitze, an welcher die Stärke dieser Elektrizität kräftig auftritt, entgegenhält, so wird dadurch ein großer Theil ihrer Elektrizität aufgehoben. — Ist die elektrische Spannung zwischen Wolke und Erdoberfläche noch so groß, daß ein Blitzausfall erfolgt, so ist er ungefährlich, wenn die oben angegebenen Maßregeln genau befolgt werden. Es ist rathsam, nach einem durch den Leiter gegangenen Schlag zu untersuchen, ob die leitende Verbindung doch nicht irgendwo gelitten hat und ob die Spitze noch unversehrt ist. Daß die Blitzableiter auch die Elektrizität der Hagelwolken ableiten, ist selbstverständlich. Könnte man außerordentlich viele und hohe aufstellen, so würde die Hagelbildung selbst verhindert werden. Stangen mit Strohwischen dagegen aufzustellen, ist widersinnig.

Was im Uebrigen die Vorsichtsmäßigkeiten betrifft, sich selbst gegen einen Blitzausfall zu schützen, so hat man die wunderlichsten Mittel angewendet, die wir aber übergehen, um nur die angemessenen anzuführen. Da die Bestandtheile der aus Essen aufsteigenden Rauchfählen gute Leiter sind, so gieße man das Feuer bei einem herannahenden Gewitter aus, namentlich, wenn man in einem einzeln stehenden Hause wohnt; es ist besser, die Fenster zu schließen, als sie offen zu lassen, nicht weil die Zugluft gefährlich wäre, sondern weil das Glas als ein schlechter Leiter einigermaßen schützt; überhaupt muß man die Nähe guter Leiter meiden, weil von ihnen, die er sich aufsucht, der Blitz leicht überspringen könnte; übrigens ist es gewiß nicht thöricht, sich mit Seidenstoffen zu bekleiden oder zu umgeben. Ist man im Freien, so schützen Grotten oder Höhlen nicht, da ja der Blitz bis zu 10 Meter tief in die Erde schlägt; hohe Bäume sind durchaus zu meiden und höchstens

ist Schutz vor dem Regen unter niedrigem Gesträuch zu suchen, wenn höhere Bäume nicht ganz nahe sind; schnell zu fahren oder zu laufen, ist zu widerrathen, weil sich die Thiere und Menschen dadurch erhitzen und stärker ausdünsten, was die Leitung nach dem Körper begünstigt.

Gewitter finden am häufigsten da statt, wo die Bedingungen eines schnellen Temperaturwechsels und eines doppelten Luftstromes vorhanden sind, wie in den afrikanischen Hochlanden, an der Küste Norwegens und überhaupt an steileren Küsten und Gebirgen, in den gemäßigten Zonen da, wo die kalte Strömung in die warme niederstürzt, ebenso in der Region der Kalmen; nicht aber auf der offenen See oder über weit ausgedehnten trockenen Binnenländern oder in der Region der Polarlichter. Eine außerordentliche Heftigkeit besitzen sie im Mexiko und in den nordamerikanischen Freistaaten ist die Atmosphäre oft tagelang in einer großen elektrischen Spannung.

Nach dem Gewitter ist die Windrichtung meist und zwar dann eine andere, wenn der eine Strom den anderen verdrängt hat. — Das vor dem Gewitter meist fallende Barometer weiset auf einen oben eindringenden warmen Luftstrom hin.

Wettersäulen oder Tromben. An die Gewitter schließen wir eine der gewaltigsten und merkwürdigsten Naturerscheinungen, welche sich sowohl nur über dem Festlande oder nur über dem Wasser, als auch über beiden mit fortschreitender Bewegung zeigt und nach diesen Ortsverhältnissen eine Landhose (Windhose), Wasserhose und Landwasserhose genannt wird. Da aber ihre physikalische Natur dieselbe ist, so wollen wir ihnen den gemeinschaftlichen Namen Wettersäulen oder Tromben (wegen der trompetenförmigen Gestalt) beilegen.

Bei aller Mannigfaltigkeit in ihrem Auftreten besitzen sie doch gewisse gemeinschaftliche Merkmale: Während vollkommener Windstille und hoher Temperatur senkt sich aus einer einzelnen Gewitterwolke von grauweißer, gelblicher oder feurigrother Färbung, niemals bei weit ausgedehnten Gewittern, ein kegelförmiger Schlauch aus Dünsten, meist lotrecht, bisweilen etwas gekrümmt, mit der Spitze nach unten herab und den Erdboden bisweilen nicht erreichend. Geschieht dieses über dem Wasser eines Flusses oder des Meeres, so geräth das Wasser in heftig wallende Bewegung und es erhebt sich nicht selten ein mit der Spitze nach oben gerichteter Kegel jenem ersten gegenüber, welche dann ein Ganzes bilden; aber jener erste Kegel bohrt sich bisweilen auch in das Wasser, wie es den 24. August 1824 auf dem Rheine geschah, wo die Trombe 24 Fuß tief bis auf den bloßgelegten Grund drang und die Wellen daneben 40 bis 50 Fuß hoch aufstürmte; und wenn auch dieses nicht geschieht, so sieht man das Wasser bis zu 50 Fuß hoch ausspritzen. Innerhalb dieses Luft-, Dunst- oder Wasserschlauches ist eine äußerst schnelle spiralförmige und aufwärts gerichtete Bewegung um die Axe; sehr selten bleibt die Trombe stehen, sondern sie hat eine mit sehr ver-

schiedener Geschwindigkeit fortschreitende Bewegung, namentlich auf dem Lande, wo sie auch je nach der Oberflächenbeschaffenheit sich bisweilen hebt und senkt. Manche Tromben schreiten so langsam fort, daß man ihnen nachlaufen kann, andere legen in 7 bis 8 Minuten eine deutsche Meile zurück; ihre Höhe beträgt im Mittel 600 Fuß und schwankt zwischen 30 und 1500 Fuß; ihre Breite meist nicht über 200 Fuß, bisweilen bis 60 Ruten, und ist oft sehr gering. Rings um sie ist vollkommene Windstille, so daß ihr Weg nur die Breite des merkwürdig scharf begränzten Durchmessers hat; in ihr aber findet nicht nur die heftigste Bewegung statt, sondern man hört sehr häufig ein bedeutendes Geprassel, sieht Blitze in ihr zucken und nimmt einen schwefelartigen Geruch wahr.

Ihre Wirkungen sind ebenso merkwürdig als zerstörend. Geht sie durch einen Wald, so macht sie sich eine förmliche scharf begränzte Allee, selbst ohne den benachbarten Bäumen die Blätter abzustreifen. Bäume werden dabei häufig abgeschält, bisweilen sammt den Wurzeln aus dem Erdboden gehoben, wenn sie auch einen Durchmesser bis zu 2 Fuß haben, bisweilen aber an den Wurzeln wie abgeschnitten. Die eine über einem Teiche entstandene tödete darin die sämmtlichen Fische. Auf ihrer fortschreitenden Bahn zerstören sie Alles und reißen es mit sich fort: ganz feste massive Häuser werden zertrümmert oder theilweise verrückt, die Dächer abgehoben und oft weit fortgeführt, Fußböden werden aufgehoben, Thüren und Thorwege ausgehoben, die Umfassungswände häufig nach außen gedrückt und, wenn sie Ritzen bekommen, die beweglichen Gegenstände, wie Wäsche, fest hineingeslemmt; alle möglichen Geräthschaften, wie Wasserkannen, Stühle, Betten, Kleider, auch Federvieh, Schafe, Menschen werden in die Höhe gehoben, fortgeführt und die lebenden Geschöpfe ohne weitere Verletzung getötet. Am 25. Oktober 1820 führte eine Trombe 100 Schock nasse Leinwand mit sich fort über das Haus der Bleiche undwickelte 27 Schock davon, die ein Gewicht von mehr als 600 Pfunden hatten, um eine als Steg dienende Bohle so, daß es viele Mühe machte, sie wieder abzuwickeln. — Erscheint das Meteor über Wasser, so hebt es nicht unbedeutende Schiffe in die Höhe, dreht sie auch wohl um oder treibt den Schaum bis an die Spitzen der Masten.

Die wirbelnde Bewegung geht allerdings wohl meist aufwärts, aber auch bisweilen abwärts, wie die Einbohrung der Trombe in den Rhein und noch ein anderer Fall recht auffallend beweisen, indem eine Landtrombe einen Pflug, mit dem soeben geackert wurde, so tief in den Boden drückte, daß er herausgegraben werden mußte, weil drei Pferde ihn herauszuziehen nicht vermochten.

Was nun die Erklärung dieser merkwürdigen Naturscheinung anlangt, so ist der Gedanke, sie auf bloße Luftbewegung, etwa erzeugt durch den Stoß einander unter einem schiefen Winkel entgegenkommender

Ströme zurückzuführen, durchaus aufzugeben, weil sie ja bei Windstille entsteht und auch unter Windstille in ihrer Umgebung verläuft. Die Bedingung zu ihrer Bildung liegt in der Elektrizität und in deren Wesen. Sie entstehen daher nicht in Gegenden, wo nur die Passate wehen oder in der kalten Zone, auch nicht in den gemäßigten Zonen bei durchgreifend herrschender Windrichtung, sondern wo die Winde unbeständig sind und die Temperaturen sehr wechseln, wo also überhaupt die Bedingungen zur Elektrizität gegeben sind. Ueberdies aber treten ja in der Erscheinung selbst elektrische Thatsachen auf, Hagelfall nicht ausgenommen, obwohl selten und in geringem Maße. Elektrische Wolke und Erdoberfläche sind in einer entgegengesetzten elektrischen Spannung und die Wolkenform bringt hier einigermaßen die Erscheinung der Spitzen hervor. Ist unter der Wolke grade Wasser, so reicht dieses der Wolke den Arm zur Abgleichung, welche sich auch durch Blitze bekundet.

Die größte Schwierigkeit macht die spiralförmige Drehung. Diese aber liegt in dem Wesen der Elektrizität, worüber wir bereits oben Einiges angeführt haben.

Wenn schon bei dem zähflüssigen Siegellack Spiralen sich ausbilden und durch den Einfluß entgegengesetzter Elektrizitäten sich Wasserspiralen bilden, wie wir bei der galvanischen Elektrizität sehen werden, um wieviel leichter muß dieses mit den Dünsten und der Luft geschehen. Die lustigen Körper müssen wegen ihrer großen Beweglichkeit eine bleibende Spiralebewegung von einer bis zu einer enormen Größe wachsenden Geschwindigkeit annehmen, weil sie durch eine Elektrizitätsquelle von bedeutender Kraft dauernd angeregt werden. Es ist leicht einzusehen, wie auch eine unbedeutende Kraft namhafte Wirkungen an bedeutenden Massen erzielen läßt, wenn sie nur längere Zeit in gleichem Sinne wirkt. Nehmen wir z. B. eine ruhende große Kirchenglocke, so kann dieselbe durch das wiederholte rechtzeitige Stoßen mit einem Finger zum Lauten gebracht werden.

Zenachdem die elektrische Spannung der an sich nach unten etwas spitz zulaufenden Wolke oder die der Erdoberfläche größer ist, findet bezüglichweise ein Aufsteigen oder Herabgehen der Trombe statt und sie schraubt sich in dem letzteren Falle bisweilen sogar tief in darunter befindliches Wasser ein, wenn ihr der elektrische Gegensatz zu entfernt liegt.

Auch das Entgegenkommen der beiden Wirbel läßt sich aus der von mir vorausgesetzten Natur der elektrischen Bewegung ungezwungen erklären. Das Entgegenkommen ist die Folge ziemlich gleicher aber entgegengesetzter elektrischer Spannungen in der Wolke und der Erdoberfläche. Die Schwingungen müssen daher in beiden eine entgegengesetzte Richtung haben und demnach auch Spiralen mit entgegengesetzten Windungen bekommen. Wenn nun die Spiralebewegung in der oberen Trombe von oben nach unten eine linksgehende ist, so muß sie in der unteren Trombe eine von unten nach oben rechtsgehende sein. Beide

Windungen aber sind der Art gerichtet, daß sie bei ihrem Zusammentreffen eine einzige Trombe mit einer ununterbrochenen Windung geben.

Es ist sehr natürlich, daß Tromben mit einer sehr großen Drehungsgeschwindigkeit Alles auf ihrem Wege mit unwiderstehlicher Gewalt zerstören müssen und daß selbst sehr schwere Gegenstände von dem Wirbel aufwärts getragen werden. Die bei der Drehung um eine Axe sich entwickelnde Fliehkraft treibt die Dünste, die Luft und auch die aufgenommenen Gegenstände mehr nach dem äußeren Umsange des Wirbels, ohne ihn durchbrechen zu können, weil die Dichtigkeit und die Spiralfbewegung nach ihm hin wächst. Dadurch entsteht um die Axe ein luftverdünnter Raum, in welchem die am Erdboden befindlichen Gegenstände aufgesaugt werden; daher kommt das Aufheben von Fußböden, Dächern, einzelnen Stockwerken, das Ausheben von Bäumen mit der Wurzel, das Ausheben und Eindrücken der Thüren und Fenster, das Aufsaugen von beweglichen Gegenständen aus Stuben in die hervorgebrachten Rissen der Wände u. dergl.

Wenn Tromben über Flüsse gegangen sind, so verlieren sie dadurch an Heftigkeit und die nur über Gewässern erscheinenden sind überhaupt im Ganzen weniger heftig und von kürzerer Dauer, als die Landtromben, weil Wasser ein besserer Leiter der Elektrizität ist, als Festland.

### B. Elektrizität durch Atombewegung.

Indem wir uns in diesem Abschritte auf die ausschließlich und rein elektrischen Erscheinungen beschränken, weil die Wechselwirkung mit anderen Schwingungsarten einer besonderen Besprechung gewidmet werden soll, haben wir nach der Reibung nur noch eine zweite Quelle der Elektrizität zu untersuchen, welche von einer Atombewegung ausgeht und nach einem italienischen Naturforscher galvanische Elektrizität genannt wird.

Die durch Reibung hervorgebrachte Elektrizität war eine durch eine äußerlich angewendete Kraft erzwungene Bewegungerscheinung der kleinsten Massentheilchen eines Körpers, welche so lange einen Ruhezustand annahmen, als die beiden Gegenseite von einander getrennt oder isolirt gehalten wurden, sofort aber eine unter Umständen von Zerstörungen begleitete Bewegung zeigten, wenn eine Verbindung derselben gestattet war. Ehe diese geschah, waren die Massentheilchen in einer ungewöhnlichen Ruhelage, welche wir elektrische Spannung nannten. Weil vor der Verbindung ein Ruhezustand stattfindet, nannte man die Elektrizität eine statische, indem die Statik die Lehren von der Ruhe oder dem Gleichgewichte behandelt. — Nun aber werden wir elektrische Erscheinungen kennen lernen, deren Grundursache in einer durch die Verwandschaft der Stoffe erzeugten Atombewegung besteht und eine Elektrizität ist, die keines äußeren Antriebes bedarf, also auch so lange Bewegung zeigt,

wie lange diese Stoffe aufeinander wirken können. Es braucht wohl kaum angeführt zu werden, daß die Kraft dieser elektrischen Thätigkeit gleichen Schritt hält mit der durch die Atombewegung bewirkten Stoffumwandlung. Ladung und Entladung müssen also hier ununterbrochen aufeinander folgen, wenn ein Körper die Entladung vermittelt. Weil hier eine fortwährend rege Thätigkeit vorhanden ist, nannte man diese Elektrizität eine *dynamische*, indem die Dynamik die durch Kräfte bewirkten Bewegungsscheinungen behandelt.

Taucht man ein Stück Zink in verdünnte Schwefelsäure, so wird es negativ, die Flüssigkeit positiv elektrisch, während das Zink sich in Oxyd verwandelt, d. h. mit dem Sauerstoffe des Wassers verbindet und der Wasserstoff frei wird. Diese mit einer Atombewegung verknüpfte Verbindung des Sauerstoffes mit dem Zinke bewirkt sowohl in diesem, als auch in der Flüssigkeit eine andere Bewegung, welche sich als Elektrizität äußert.

Taucht man ein Stück Kupfer in dieselbe Flüssigkeit, so wird das Metall zwar auch negativ elektrisch, die Flüssigkeit positiv, aber beides in einem weit geringeren Grade, als es bei Zink der Fall war.

In gleicher Weise erlangen auch andere Metalle in derselben Flüssigkeit einen verschiedenen Grad von elektrischer Spannung und ebenso ein bestimmtes Metall in verschiedenen Flüssigkeiten, wobei auch die Art der Elektrizität sich ändert. Im Allgemeinen werden die Metalle in alkalischen Flüssigkeiten, wie Aetzkali, Aeznatron, Ammoniak positiv; in Säuren, wie z. B. in Salpetersäure, negativ. Aber auch selbst in Berührung mit verschiedenen Luftparten werden Metalle in verschiedener Weise elektrisch: in Wasserstoff negativ, in Sauerstoff oder Kohlensäure positiv.

Aber selbst auch zwei verschiedene Metalle erregen einander, ungeachtet sie dieselbe Temperatur haben, elektrisch. Steht eine ebengeschliffene reine Kupferplatte mit einem recht empfindlichen Elektrometer in einer leitenden Verbindung, legt man auf sie eine ebensole Zinkplatte, so zeigt das Elektroskop negative Elektrizität, wenn man die Zinkplatte isolirt aufgehoben hat. Ist die Zinkplatte mit dem Elektroskop in Verbindung und hat man die Kupferplatte von ihr aufgehoben, so ist die Elektrizität des Elektroskopes positiv. Hiernach steht also fest, daß zwei verschiedene Metalle bei der Berührung einander zu entgegengesetzter Elektrizität anregen.

Die elektrische Spannung ist unter übrigens gleichen Umständen bei der Berührung eines bestimmten Metalles mit verschiedenen anderen verschieden und ein bestimmtes Metall kann positiv oder negativ elektrisch werden, je nach der Natur des mit ihm in Berührung kommenden anderen Metalles.

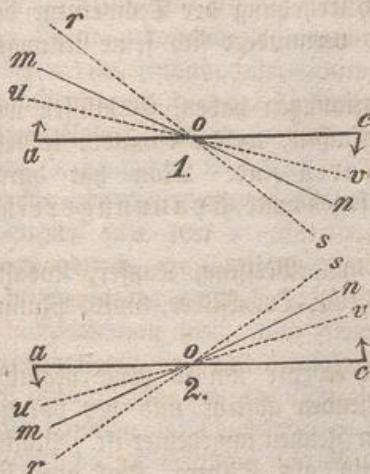
Da die Molekel jedes Körpers bei jeder Temperatur in einem bestimmten Schwingungszustande sind, so kann der Grund dieser elektrischen

Erregung nur in einer bei der Berührung stattfindenden Uebertragung der Schwingungen, welche eine Koinzidenz bewirken, gesucht werden. Böten die zwei einander berührenden Metallplatten auch nicht die geringste Verschiedenheit nach Stoff, Gestalt, Dichtigkeit, Oberflächenbeschaffenheit u. s. w. dar; so müßte Interferenz eintreten, d. h. gar keine Erscheinung bemerkt werden. Wenn sie aber ungleichartig oder sonstwie von einer verschiedenen Beschaffenheit sind, so müssen die einander berührenden Moleköl verschiedene Bewegungsgrößen besitzen und daher eine neue Bewegungsart hervorbringen.

Bei einander blos berührenden Körpern, deren Wechselwirkung ihre Natur nicht ändert, kann nur eine elektrische Spannung oder Ladung eintreten; sowie aber mit der Berührung eine thätig bleibende chemische Veränderung verknüpft ist und man gibt durch einen verbindenden guten Leiter den beiden entgegengesetzten elektrischen Zuständen der beiden einander berührenden Körper Gelegenheit, sich abzugleichen, so folgt auf jede Entladung auch eine sofortige neue Ladung und es findet in diesem Leiter, welcher dann wohl Schließungsbogen heißt, eine stets lebendige Schwingungsbewegung der Moleköl statt, was man sehr mit Unrecht einen elektrischen Strom genannt hat, denn diese Bewegung hat mit einem Stromen auch nicht eine Spur von Ähnlichkeit.

Wollen wir uns eine mit den später anzuführenden Erscheinungen leicht in Übereinstimmung zu bringennde Vorstellung machen, so können wir an die früher (Bd. II. S. 302) erläuterte Spannungerscheinung anknüpfen. Wenn das Moleköl ac (Fig. 385) eines Körpers durch den Konflikt zweier einander entgegen wirkenden Kräfte aus seiner Ruhelage ac in die neue Lage mn jenseits (positiv) oder diesseits (negativ) gebracht worden ist und darin erhalten wird, so ist von elektrischer Bewegung nicht die Rede, sondern nur von Spannung. Wenn nun aber die elektrische Erregung andauert, so wird das Moleköl die Spannungslage mn überschreiten und nach rs gehen. Da aber auch

in dem Moleköl das Bestreben vorhanden ist, in seine frühere Spannungslage zurückzugehen, so bleibt es nicht in rs, sondern geht, wenn ihm durch Verbindung mit einem Leiter dazu Gelegenheit gegeben ist, zurück und wegen des Beharrungsvermögens über mn hinaus, etwa nach uv. Nun ist aber aufs neue die elektrische Erregung wirksam und



(Fig. 385.)

treibt es über mn wieder nach rs und so macht das Moleköl fortwährend Schwingungen, nicht um ac, sondern um mn, was später noch durch magnetische Erscheinungen bestätigt werden wird. Die Bewegung über mn hinaus ist die Ladung, die über mn zurück die Entladung.

Wie übrigens diese elektrische Bewegung in einem ununterbrochenen guten Leiter fast augenblicklich sich fortpflanzen muß, ist auch leicht einzusehen und Bd. II. S. 36 u. 37 bereits erläutert worden.

Was man also einen elektrischen Strom genannt hat, ist nichts weiter, als eine in einem Leiter fortschreitende Schwingung der Moleköl um eine durch zwei aufeinander wirkende Körper hervorgebrachte Spannungslage. Ist kein verbindender Leiter vorhanden, so tritt unter allen Umständen nur die Spannungslage ein; ist aber ein ununterbrochener Leiter da, so gehen durch ihn fortwährend aufeinander folgende Ladungen und Entladungen. Hat dieser Leiter irgendwo eine kleine Unterbrechung, so muß sich an ihr der Entladungsfunk mit allen früher angegebenen Wirkungen zeigen.

Der Grad der Leitungsfähigkeit hängt jedenfalls von der Gestalt und der Lagerung der Moleköl der verschiedenen Körper ab und nicht von der Natur des Stoffes, denn ist ein Stoff, z. B. ein Harz, als fester Körper ein schlechter Leiter, so wird er im flüssigen Zustande zu einem ziemlich guten oder, wird durch Erhöhung der Temperatur der Zusammenhang der Moleköl gelockert, so vermindert sich seine Leitungsfähigkeit.

Wollen wir kräftige elektrische Erscheinungen haben, so müssen wir aus den verschiedenen Körpern solche aussuchen, welche einander lebhaft elektrisch erregen oder gute Elektromotoren sind. Man hat durch vielfältige und genaue Versuche folgende sogenannte Spannungsreihe aufgestellt:

+ Zink, Blei, Zinn, Eisen, Stahl, Messing, Kupfer, Kobalt, Wismut, Spiegeln, Arsenik, Silber, Quecksilber, Gold, Platin, Kohle —.

In dieser Reihe wird jeder folgende Körper um so mehr negativ, je weiter er von einem gewissen vorangehenden absteht und der vorangehende wird positiv, was durch die beiden Zeichen angedeutet ist. Platin wird in Berührung mit Zink mehr negativ, als Silber; Zink aber in beiden Fällen positiv. — Eisen wird durch Zink negativ, durch Kupfer positiv u. j. w.

Die elektrische Kette. Zink und Kupfer werden beim theilsweise Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure an ihrem hervorragenden Theile zwar beide negativ elektrisch, aber in verschiedenem Grade, nämlich Zink mehr als Kupfer, während die Säure in verhältnismäßigem Grade durch beide positiv wird. Demnach wird es möglich, durch die

Verbindung dieser drei Körper in den beiden Metallen eine entgegengesetzte elektrische Spannung zu erzeugen. Ein Beispiel mag dieses klar machen.



In Fig. 386 sei Z eine Zink-, K eine daneben stehende Kupferplatte und dazwischen die Säure S. Wenn Zink bei dem Eintauchen eine negativ elektrische Spannung von  $-5$  erlangt, so hat die Säure dadurch  $+5$ ; wenn das Kupfer  $-2$  erhält, so zeigt durch dieses die Säure auch nur  $+2$ . Nun aber gestattet die Säure eine gegenseitige Abgleichung entgegengesetzter Elektrizitäten: es verbinden sich einerseits  $+5$  der Säure mit  $-2$  des Kupfers und das Kupfer hat dann  $+3$ , andererseits verbinden sich  $+2$  der Säure und  $-5$  des Zinks und letzteres hat dann  $-3$ .

(Fig. 386.)

Das Endresultat ist also, daß die beiden in der Säure nebeneinander befindlichen Metalle eine gleiche, aber entgegengesetzte elektrische Spannung oder Polarität erhalten haben, wobei Zink der negative und Kupfer der positive Pol ist und die positiv elektrische Bewegung vom Zink durch den feuchten Leiter zum Kupfer geht. Eine solche Verbindung wird eine offene galvanische oder voltaische Kette genannt.

Wenn man nun außerhalb der Säure von dem einen Metalle zum anderen eine leitende Verbindung durch ein beliebiges Metall herstellt, so findet durch dieses die Abgleichung oder Entladung der entgegengesetzten Elektrizitäten der beiden Elektromotoren statt und wir haben nun einen geschlossenen Kreislauf, eine geschlossene galvanische Kette, für die ununterbrochene Fortsetzung der Bewegung, wobei die positive Thätigkeit von dem Kupfer durch den Leiter nach dem Zink und von diesem durch die Flüssigkeit nach dem Kupfer geht. Auf diese Weise erscheint Zink außerhalb der Säure als positiv elektrisch.

Wenn schon das bloße Zink durch seine elektromotorische Kraft eine Zersetzung der Flüssigkeit veranlaßt, indem es den Sauerstoff des Wassers anzieht und sich mit ihm zu Zinkoxyd verbindet, welches sich in der Schwefelsäure auflöst und dann wasserhelle Krystalle (Zinkvitriol) bildet, dagegen den Wasserstoff des Wassers frei läßt, so daß er entweicht; so steigert sich diese Zersetzung und somit die Elektrizität durch das daneben gehaltene Kupfer, welches das Wasserstoffgas anzieht und an seiner Oberfläche festzuhalten sucht.

Aus dieser Thatache geht hervor, daß das Wasser selbst aus zwei elektrisch einander entgegengesetzten Stoffen, dem negativen Sauerstoffe und dem positiven Wasserstoffe, besteht. Der zwischen den beiden Metallen in der Flüssigkeit stattfindende Vorgang soll in der vorigen Figur durch die kleinen Kreise dargestellt werden, welche Wassermolekel

bedeuten, von denen der weiße Theil den Sauerstoff, der dunkle den Wasserstoff angibt. Der Sauerstoff des ersten an dem Zink verbindet sich mit diesem, der Wasserstoff des ersten zieht den Sauerstoff des zweiten an und bildet mit ihm Wasser und so geht es weiter fort bis zu dem letzten Wassermoleköl, dessen Sauerstoff mit dem Wasserstoff des vorletzten auch noch Wasser bildet, dessen Wasserstoff aber sich an das Kupfer begibt. So also wird nur das mit den Metallen in unmittelbarer Verührung stehende Wasser zersetzt, das dazwischen befindliche bleibt, bis es nach und nach auch zu den Metallen wandert.

Auf diese Weise findet in der geschlossenen Kette anfangs zwar eine recht lebhafte elektrische Bewegung statt, aber sie vermindert sich ziemlich rasch, weil die beiden Elektromotoren ihre erregenden Eigenschaften bald verlieren, indem sie sich mit elektrisch entgegengesetzten Stoffen verbinden und abgleichen, was man galvanische Polarisation genannt hat. Wenn man aber das von der Säure schon etwas angegriffene Zink mit Quecksilber einreibt oder es amalgamiert, so währet die Thätigkeit zwar länger, ist aber geringer, wenigstens wird aber das Zink nicht so sehr angegriffen, wenn die Kette nicht geschlossen ist.

Statt verschiedene Metalle in dieselbe Flüssigkeit zu tauchen, kann man auch dasselbe Metall in verschiedene Flüssigkeiten thun, z. B. die eine von zwei Eisenplatten in konzentrierte Salpetersäure, die andere in Schwefelsäure, so daß die beiden Flüssigkeiten nur durch eine poröse und dünne Thonschicht, welche die elektrische Bewegung durch sich gestattet, von einander getrennt sind.

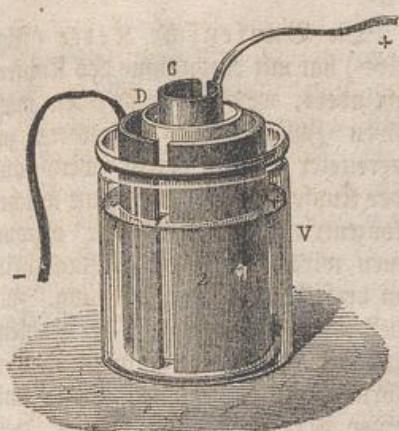
Man kann auch dasselbe Metall, z. B. Platin, mit verschiedenen Lustarten, wie mit Sauerstoff und Wasserstoff in Verührung bringen, um eine galvanische Kette zu erhalten. In diesem Falle wird Platin im Wasserstoffe stärker positiv, als im Sauerstoffe (oder Kohlensäure, Chlorgas, Bromgas) elektrisch, so daß die positiv elektrische Bewegung im Leitungsdrahte vom Platin im Wasserstoffe zu dem im Sauerstoffe geht.

Verschiedene Flüssigkeiten erregen einander bei der Verührung zwar auch elektrisch, aber diese Elektrizität entzieht sich wegen der großen Beweglichkeit der Theile sehr leicht der Beobachtung.

Borzaglich wirksam aber ist eine Zusammenstellung aus zwei verschiedenen festen Körpern mit zwei verschiedenen tropfbaren, wenn bei jedem Paare eine recht starke Erregung, bei beiden aber im entgegengesetzten Sinne stattfindet und die Flüssigkeiten dabei ziemlich lange fast unverändert bleiben. Solche Ketten wären also beständige oder konstante Ketten. Man hat sehr verschiedene Ketten der Art gebaut, wir erwähnen hier aber nur die wichtigsten.

Die Daniellsche Kette besteht aus Kupfer und Zink mit zwei Flüssigkeiten, nämlich gesättigter Kupfervitriollösung für das Kupfer und verdünnter Schwefelsäure für das Zink. Die Einrichtung muß der Art

sein, daß die beiden Flüssigkeiten nur durch eine poröse Scheidewand, in welche sie etwas eindringen können, getrennt sind. In Fig. 387 ist



(Fig. 387.)

gelöhtet, um die Kette zu schließen. Wird dieses gethan, so ist der Vorgang folgender:

Am Zink wird die elektrische Thätigkeit eingeleitet, indem es sich mit dem negativen Bestandtheile des Wassers, dem Sauerstoffe nämlich, zu Oxyd verbindet, welches sich in der Schwefelsäure auflöst, und der Wasserstoff nach der Seite des Kupfers sich in Bewegung setzt. Hier trifft er die poröse Thonzelle, in welcher die beiden Flüssigkeiten einander begegnen und da er freie positive Elektrizität besitzt, so sucht er sich den negativen Bestandtheil der Kupfervitriollösung auf, nämlich den Sauerstoff, mit dem er Wasser bildet, und läßt das positive Kupfer los, welches sich an die Oberfläche des Kupfers setzt und daher dasselbe gar nicht verändert oder es, wie in der früheren Zink-Kupfer-Kette, polarisiert und dadurch die Thätigkeit so bald herabsetzt. — Ist die Kette nicht geschlossen, so befindet sich das Kupfer in einer positiven, das Zink in einer negativen Spannung oder Kupfer ist der positive und Zink der negative Pol; schließt man sie, so geht also die positive Bewegung durch den Schließungsdräht vom Kupfer nach dem Zink.

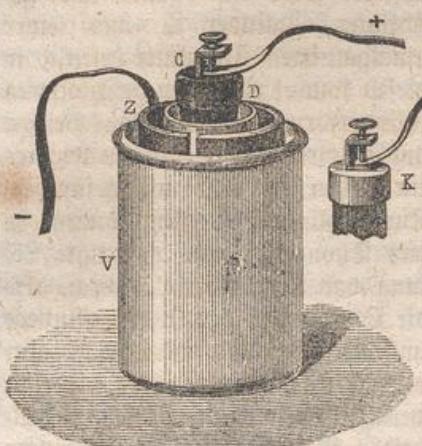
Allerdings erleiden die beiden Flüssigkeiten, während die Kette geschlossen ist, eine Veränderung und nur eben durch sie ist die elektrische Bewegung möglich; aber man kann die Kupfervitriollösung sehr leicht dadurch in einem gesättigten Zustande erhalten, daß man in sie einige Kupfervitriolkristalle bringt und in der Schwefelsäure vom Boden des Gefäßes an einen kleinen Heber anbringt, welcher die gebildete Zinkvitriollösung (schwefelsaures Zinkoxyd) allmählig abführt, während neue verdünnte Schwefelsäure durch ein Tropfglas in gleichem Maße zugeführt wird.

le den  
rbindet  
ff des  
ort bis  
off des  
an das  
mittel-  
ndliche  
ar eine  
ziem-  
chafsten  
n ver-  
enannt  
riffene  
Thätig-  
k nicht

kann  
B. die  
ere in  
poröse  
ch ge-  
edenen  
ingen,  
Platin  
sfäure,  
wegung  
Sauer-  
zwar  
en Be-  
ei ver-  
in bei  
genge-  
je fast  
kon-  
t, wir  
t zwei  
r und  
er Art

V ein zylindrisches Glasgefäß, in dasselbe wird ein offener und geschlitzter Zylinder Z aus einer amalgamierten Zinkplatte gestellt, in diesen kommt ein unten geschlossenes zylinderförmiges Gefäß aus weißem umglasirtem Thone und in letzteres ein hohler, offener und geschlitzter Kupferzylinder C. Nun kommt in das Thongefäß eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol, welche also die Oberflächen des Kupferzylinders umspült; in das Glasgefäß aber verdünnte Schwefelsäure, welche den Zinkzylinder umgibt. An die beiden Metalle sind Kupferstreifen

Durch diese Mittel hat man es in seiner Gewalt, eine Kette herzustellen, welche durch Monate eine ziemlich gleichmäßige Wirkung zeigt. —



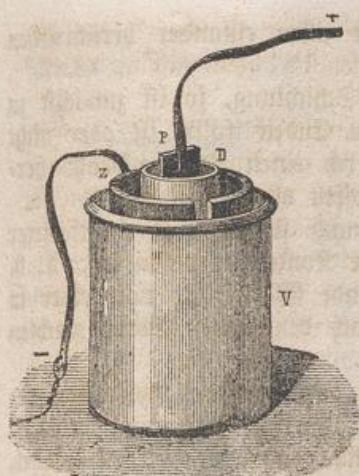
(Fig. 388.)

also hier: Glasgefäß, darin Zink in verdünnter Schwefelsäure, Thongefäß, darin die Kohle in konzentrirter Salpetersäure. Die Anordnung kann auch in umgekehrter Reihenfolge vorgenommen werden, dann aber muß der Kohlenzylinder hohl sein. Die Schwefelsäure muß jedenfalls das Zink, die Salpetersäure die Kohle berühren. Den Boden des Thonzylinders überzieht man mit Siegellack. Zink ist auch hier der negative Pol und die Kohle der positive. Der durch die Oxydation des Zinks frei werdende Wasserstoff reduziert die Salpetersäure, indem er ihren Sauerstoff anzieht. In der Thonzelle ist auch hier, während die Kette geschlossen ist, eine fortwährende Bildung von Wasser.

Diese Kette ist recht wirksam, verlangt aber eine zeitweise Erneuerung oder gründliche Auslaugung der Kohlenzylinder, welche allmälig die Salpetersäure ansaugen, wodurch auch der Kupferring von innen angegriffen wird. Lästig für die Lungen werden die bei der Schließung der Kette aus der Salpetersäure sich entwickelnden röthlichen Dämpfe von salpetriger Säure. Setzt man die Kette in einen dicht verschlossenen Holzkasten, auf dessen Boden sich ungelöschter Kalk in Pulverform befindet, so zieht dieser die Dämpfe an und wandelt sich um in salpetrige Säure.

Die Grovesche Kette (Fig. 389) hat mit der Bunsenschen eine größere Uebereinstimmung, nur daß die Kohle durch dünne Platinstreifen ersetzt wird. V ist auch das Glasgefäß mit der verdünnten Schwefelsäure, Z der Zinkzylinder, D das Thongefäß mit der konzentrirten Salpetersäure und darin das Platin P, welches die positiv elettrische Spannung erhält. Auf letzteres kann sich eine Schicht von Wasserstoff

Die Bunsensche Kette (Fig. 388) hat mit Ausnahme des Kupferzylinders, welcher durch einen massiven Zylinder aus besondern zu bereiteter Kohle ersetzt wird und der Kupfervitriollösung, statt welcher konzentrirte Salpetersäure genommen wird, dieselben Bestandtheile in derselben Zusammensetzung. Zur besseren Handhabung ist der Kohlenzylinder, wofür man auch plattenförmige Kohle nehmen kann, mit einer Fassung K von Kupfer, welches zum Schutze gegen Säuren mit einem Lack überstrichen ist, versehen. — Die Zusammensetzung ist



(Fig. 389.)

gas auch nicht ansetzen und die Wirkung abschwächen, sondern es bildet unterwegs in der Thonzelle mit dem Sauerstoffe der Salpetersäure Wasser. Abgesehen davon, daß die Säuren zeitweise einer Erneuerung bedürfen und daß Platin ein sehr kostbares Metall ist, sind diese Ketten außerordentlich empfehlenswerth, können aber namentlich aus letzterem Grunde im praktischen Leben die Bunsenschen schwerlich verdrängen, zumal diese auch sehr wirksam sind.

Hare's Kalorimotor oder Deflator. Je größer die mit den Flüssigkeiten in Berührung kommenden Metallflächen sind, desto größer muß die elektrische Erregung werden.

Wollte man aber ebene sehr große Metallplatten anwenden, so würde der Apparat sehr unbequem werden; man hat daher sehr lange und 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Fuß breite Streifen von Kupfer und Zink, welche eine Oberfläche von 50 bis 60 Quadratfuß haben, fortlaufend getrennt, aber nahe nebeneinander um einen Holzzylinder von etwa 3 Zoll Durchmesser spiralförmig gewunden und das Ganze in ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure gesetzt.

Die zusammengesetzte Kette oder Kettenbatterie. Die bisher betrachteten Ketten waren einfache. Es lassen sich aber aus zwei oder mehreren einfachen Ketten zusammengesetzte in gleicher Weise bilden, wie es bei der aus einzelnen Verstärkungslaschen bestehenden elektrischen Batterie (Bd. II. S. 299) der Fall war. Wie dort sowohl alle äußeren Belegungen für sich, als auch alle inneren für sich durch Leiter verbunden wurden, so können auch hier alle positiven Metalle einerseits und die negativen andererseits mit einander leitend verbunden werden. Man erreicht dadurch wesentlich dasselbe, was man durch eine ebenso bedeutende, aber oft unbequeme Vergrößerung der Oberflächen der angewendeten Elektromotoren erlangen würde.

Die voltasche oder galvanische Säule. Legt man auf eine Zinkplatte eine etwas kleinere Tuch- oder Filzscheibe, welche man durch verdünnte Schwefelsäure angefeuchtet hat, und darauf eine Kupferscheibe; so ist das eine einfache offene galvanische Kette, bei welcher die positiv elektrische Thätigkeit vom Zinke aus durch den feuchten Leiter zum Kupfer geht.

Legt man auf diese Kette eine beliebige Menge anderer Ketten derselben Art und in derselben Reihenfolge geschichtet, so bekommt man eine voltasche Säule, welche in diesem Falle unten mit Zink beginnt,

oben mit Kupfer schließt und worin bei allen einander berührenden Metallplatten das Kupfer unten liegt.

Fragen wir nach dem Erfolge dieser Schichtung, so ist zunächst zu berücksichtigen, ob die Säule an den beiden Enden isolirt ist oder nicht und ob die beiden Endplatten äußerlich durch einen Leitungsdraht verbunden sind oder nicht, d. h. ob sie geschlossen oder offen ist.

Ist die Säule isolirt und offen, so muß sie sich wie ein isolirter und durch Vertheilung elektrisch gewordener Kondensator verhalten, d. h. es wird die nach außen sich wirksam zeigende Elektrizität von einer in der Mitte liegenden Indifferenzstelle nach den beiden Enden wachsen und entgegengesetzt sein.

So viel ist zunächst gewiß, daß jedes durch den feuchten Leiter getrennte Zink-Kupfer Plattenpaar dieselbe elektrische Erregung bewirkt; ferner, daß die elektrische Spannung, welche das eine Metall erfährt, durch das andere es berührende Metall fortgepflanzt wird. Wenn nun die vom ersten Zink durch die erste Filzscheibe gehende positive elektrische Thätigkeit mit + 1 bezeichnet wird, so wird die durch die zweite Filzscheibe gehende + 2 sein, weil die in dem ersten Paare erregte durch die nächst obere Kupfer- und Zinkplatte fortgeführt und die Stärke der Elektrizität der zweiten Kette auch gleich 1 sein wird.

Sind 11 Plattenpaare vorhanden, so wird die vom ersten Zink bis zum letzten Kupfer durch die 11 feuchten Leiter gehende positive Spannung nach der Reihenfolge der Zahlen

+ 1, + 2, + 3, + 4, + 5, + 6, + 7, + 8, + 9, + 10, + 11  
wachsen; aber ebenso die vom Kupfer nach dem Zink gerichtete negative nach demselben Zahlenverhältnisse oder vom Zink nach dem Kupfer in der Reihe

- 11, - 10, - 9, - 8, - 7, - 6, - 5, - 4, - 3, - 2, - 1  
abnehmen.

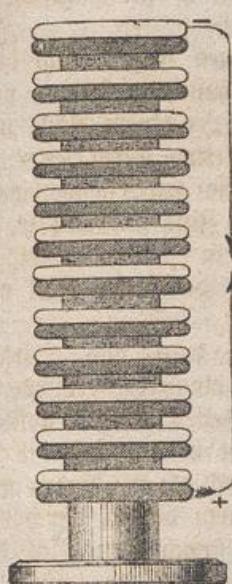
Addirt man diese beiden Reihen, so erhält man als wirklich hervortretendes Resultat:

- 10, - 8, - 6, - 4, - 2, ± 0, + 2, + 4, + 6, + 8, + 10,  
also in der Mitte eine Stelle ohne freie Elektrizität, das Zinkende mit - 10, das Kupferende mit + 10.

In dieser Betrachtung wird nichts geändert, wenn man unter die erste Zinkplatte noch eine Kupferplatte und auf die letzte Kupferplatte noch eine Zinkplatte legt. Diese beiden Platten dienen nur als Leiter des Zustandes der sie berührenden Platten. Es wäre also dann die Kupferplatte der negative und die Zinkplatte der positive Pol.

Wenn man die beiden Polplatten durch einen Leitungsdraht schließt, so findet eine ununterbrochene Entladung und Ladung statt, wobei ohne die beiden aufgelegten Platten die positive Bewegung vom Kupfer durch den Draht nach dem Zink geht. Hat der Draht eine kurze Unterbrechung, so zeigt sich dort der Abgleichungsfunk. Die Funken zeigen

sich auch, wenn man mit dem Ende des einen Poldrahtes an den verschiedenen Plattenpaaren hinstreicht.



(Fig. 390.)

Fig. 390 zeigt die Schichtung einer solchen Säule. Unten ist zur Isolirung ein Glaszylinder, dann folgt auf jedes Plattenpaar ein feuchter Filz, welchen man etwas kleiner, als die Platten annimmt, damit die durch den Druck der darüber liegenden Platten etwa ausgepreßte Feuchtigkeit nicht seitwärts an den Platten herablaufe und die Isolirung aufhebe. Die dunkel gezeichneten Scheiben bezeichnen die Zinkplatten, die hellgehaltenen die Kupferplatten. Die positive Bewegung geht innerhalb der Säule nach unten und außerhalb im Drahte nach oben. Um der Säule eine sichere Lage zu geben, wendet man noch drei hier nicht gezeichnete Glasstäbe an, zwischen denen sie aufgeschichtet wird; sie kann aber auch horizontal gelegt werden, wobei dann mittelst einer Schraube an dem einen Ende die innigere Verührung der Platten erreicht wird.

Man kann statt der Zink- und Kupferplatten auch Silber- und Kupfermünzen anwenden. Nach jedem Gebrauche müssen die Platten wieder gut polirt werden.

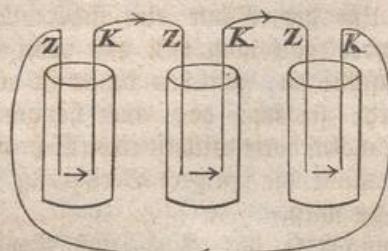
Zenachdem man die eine oder die andere Polplatte mit der Erde in Verbindung bringt, wird die seiner Hälfte zukommende Elektrizität abgeleitet und die Stärke der anderen wächst von da an bis an das andere Ende.

Die zambonische Säule besteht aus sehr vielen (Taufenden) Scheibchen von unächtem Gold- und Silberpapiere. Wenn man zwei kleine Säulen der Art anfertigt, sie in Glaszylinde einschließt, die man in lothrechter Lage so neben einander anbringt, daß entgegengesetzte Pole nach unten liegen, und dann zwischen ihnen einen schmalen Streifen von Blattgold herabhängen läßt; so hat man ein sehr bequemes Elektroskop zur Untersuchung der Art der Elektrizität. Um die beiden Pole bequem auf das Goldblatt wirken zu lassen, gehen von ihnen aus zwei Metalldrähte, welche zwei lothrechte Metallscheibchen tragen, zwischen denen das Goldblatt hängt. Dies ist Bohnenberger's Elektroskop. Man kann auch nur eine Säule anwenden, die man dann horizontal legt und von ihren Polen auch zwei Drähte mit ebenso liegenden Scheibchen gehen läßt.

Da diese Säule eine trockene ist, so werden die Metalle durch ihre Wechselwirkung nur sehr allmählig verändert, besonders in ganz

trockener Luft, und sie zeigt sich daher jahrelang wirksam. Nach einer Entladung durch die Berührung mit dem Goldblättchen erfolgt die Ladung nicht mit derselben Schnelligkeit, wie bei den früher angeführten nassen Säulen.

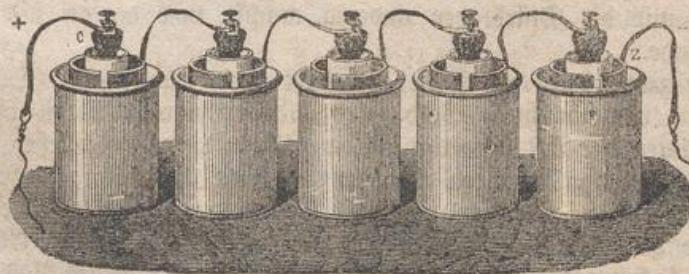
Die Kettenfäulen. Man kann aus einzelnen Ketten nicht blos eine Kettenbatterie, sondern auch eine Kettenfáule zusammensetzen, was man auch bei den leidener Flaschen thun konnte. In jenem Falle verband man alle gleichartigen Elektromotoren aller Ketten durch Leiter, in diesem aber werden nur zwei ungleichartige von je zwei benachbarten Ketten verbunden. Besteht die Ketten z. B. aus Zink und Kupfer, so wird das Kupfer jeder vorhergehenden Kette mit dem Zink jeder folgenden durch einen Leitungsdraht verbunden und nur das erste Zink und das letzte Kupfer ist frei.



(Fig. 391.)

Fig. 391 zeigt das Schema von drei mit einander verbundenen Zink-Kupfer-Ketten. Die positive Erregung geht in der ersten Kette vom Zink durch die Flüssigkeit nach dem Kupfer, von diesem durch den Leitungsdraht nach dem Zink der zweiten Kette, von da durch die Flüssigkeit nach dem Kupfer der zweiten u. s. w. bis endlich das Kupfer der letzten Kette positiv wird.

Verbindet man nun leitend das letzte Kupfer mit dem ersten Zink, so geht in diesem Schließungsbogen die positive Erregung vom Kupfer nach dem Zink.



(Fig. 392.)

Fig. 392 zeigt eine Bunsen'sche Kettenfáule von fünf Elementen, bei welcher der vom ersten Kupfer ausgehende Draht positiv, der mit dem letzten Zink verbundene negativ ist. Die Drähte werden meist durch Klemmschrauben befestigt; es würden auch Quecksilberläpfe, in welche man die Drahtenden taucht, brauchbar sein.

Wollastens Kettenfáule hat eine ganz bequeme Einrichtung, um alle Ketten gleichzeitig außer und in Thätigkeit zu setzen. Die Kupfer-

platten sind an der einen Kante um die Zinkplatten gebogen und schließen sie von beiden Seiten in geringer, durch Holzstückchen bewirkter Entfernung von ihnen ein. Eine beliebige Anzahl solcher, ganz gleich geformter und gleich großer Elemente wird an einen gemeinschaftlichen Holzstab befestigt; jede vorangehende Zinkplatte ist durch einen Kupferstreifen mit der folgenden Zinkplatte verbunden; an die erste Kupfer- und die letzte Zinkplatte sind die Poldrähte gelötet. Außerdem ist ein der Menge der Elemente entsprechender Porzellantrog mit Zellen für jedes Element erforderlich und in diese kommt die verdünnte Schwefelsäure. Auf diese Weise kann man an dem Holzstabe alle Ketten gleichzeitig in die Flüssigkeit bringen und aus ihr nehmen. Man nennt dergleichen Vorrichtungen auch Trogapparate.

Es sind zwar noch sehr verschiedenartige Zusammenstellungen von Ketten gemacht worden, namentlich solche, in denen das beim Fortschaffen derselben so leicht stattfindende Vergießen der Flüssigkeit durch feuchten Sand, Filz u. dergl. vermieden wird, wir müssen uns aber für unsere Zwecke auf das Angeführte beschränken. Man könnte zwar noch einzelne Säulen, wie es bei den Ketten geschah, zu einer Säulenbatterie zusammensetzen, würde aber nicht wesentlich verschiedene Erscheinungen bekommen.

Ohm's Gesetz. Wie in der ganzen Natur auch nicht die geringste Willkür vorkommt, sondern Alles nach ganz bestimmten und unabänderlich feststehenden Gesetzen stattfindet; so werden auch diese Erscheinungen, so mannigfaltig die dabei angewendeten Apparate sind, doch stets nach bestimmten Richtschnuren eintreten.

Vor allem treten aber die Fragen an uns: welchen Einfluß hat die Flächenausdehnung bestimmter Elektromotoren, welchen die Menge der Elemente und welchen der Leiter?

Die Kraft  $K$  der elektrischen Bewegung in einer geschlossenen Kette ist in gradem Verhältnisse abhängig von der elektrischen Spannung  $S$ , zu welcher die Elektromotoren einander anregen und im umgekehrten Verhältnisse von dem ganzen Widerstände  $W$ , welchen die Bewegung sowohl in der Kette selbst, als auch in dem Leitungsdrahte findet, also ist  $K = \frac{S}{W}$ .

Der Widerstand im Leiter selbst wächst mit wachsender Länge und mit abnehmendem Querschnitte desselben.

Wenn wir zunächst eine einfache, z. B. eine bunnsche Kette als geschlossen, die elektrische Spannung ihrer Glieder  $s$ , den Widerstand in ihr selbst  $w$  und den im Schließungsdrähte  $w'$  annehmen; so ist ihre

$$\text{Kraft } k = \frac{s}{w + w'}$$

Verbinden wir fünf solcher Ketten zu einer Säule, so ist in dieser die Spannung das Fünffache, also  $5s$ , aber auch der Leitungswiderstand innerhalb ihr ist fünfmal größer, als bei der einfachen Kette, ist also  $5w$ . Wenn nun derselbe Schließungsdrat angewendet wird, so ist die Kraft dieser Säule  $\frac{5s}{5w+w'}$ , und allgemein bei  $n$  Ketten in der Säule gleich  $\frac{ns}{nw+w'}$ .

Nimmt man in beiden Fällen einen ganz kurzen und sehr gut leitenden Draht zum Schließen der Kette, so verschwindet  $w'$ . Die Kraft der einfachen Kette war  $\frac{s}{w}$ , die der Ketten säule ist  $\frac{5s}{5w} = \frac{s}{w}$ ; also hat in diesem Falle die Vermehrung der Kettenglieder auf die elektrische Kraft keinen Einfluß, weil der Widerstand in der Säule so viel mal den der einen Kette übertrifft, als Kettenglieder in der Säule vorhanden sind.

Wenn aber der Leitungswiderstand im Schließungsdrähte groß ist, wie bei einem sehr langen oder sehr dünnen oder sehr langen und dünnen Drahte oder bei einer Flüssigkeit; so kann der Durchgang der elektrischen Bewegung nur durch Vermehrung der Plattenpaare erzwungen werden.

Wird bei einer einzelnen Kette die Oberfläche bestimmter Elektromotoren vergrößert oder werden mehrere einfache Ketten zu einer Kettenbatterie verbunden, so bleibt zwar die erregende Kraft dieselbe; aber der Widerstand der größeren Flüssigkeitsschicht ist sovielmal kleiner, wievielmal die Oberfläche größer ist, da alle Theile der größeren Schicht die Bewegung mit der früheren Stärke fortpflanzen. Wäre die Oberfläche der Elektromotoren z. B. fünfmal größer, so würde der Widerstand der Flüssigkeit nur  $\frac{w}{5}$  und die Kraft der Kette, wenn der Widerstand des Leitungsdrahtes verschwindend klein angenommen wird, ist  $\frac{s}{w/5} = \frac{5s}{w}$ , d. h. fünfmal so groß, als sie bei der Kette mit einfacher Oberfläche war. Es ergibt sich somit als allgemeines Gesetz:

die elektrische Kraft einer einfachen Kette steht unter übrigens gleichen Umständen im graden Verhältnisse zu ihrer Oberfläche.

Darf der Widerstand  $w'$  im Leitungsdrahte nicht vernachlässigt werden, so ist die elektrische Kraft der Kettenbatterie aus  $n$  Ketten gleich

$$\frac{s}{w/n + w'} = \frac{ns}{w + nw'}.$$

Man pflegt, um die Wirkungen in den beiden wesentlichen Fällen kurz zu charakterisiren, wohl zu sagen:

Vergrößerung der Platten (Kettenbatterie) vergrößert die Quantität und Vermehrung der Menge der Plattenpaare (Kettensäule) vergrößert die Intensität der Elektrizität.

Es ist indeß zu bemerken, daß diese Ausdrucksweisen immer nur ein Nothbehelf sind, wie lange man sich von der Natur der elektrischen Bewegung eine klare Vorstellung zu machen nicht vermag und daher hat man auch zu mancherlei vergleichenden Bildern seine Zuflucht genommen. Man hat u. a. gesagt: Bei einem Plattenpaare von großer Ausdehnung (Batterie) denke man sich einen wasserreichen, aber langsam fließenden Strom; bei einer Kettensäule aber einen schnellfließenden Bach. Die Summe der Oberflächen der Elektromotoren kann in beiden Fällen (Kettenbatterie, Kettensäule) dieselbe sein; ebenso kann auch die Bewegungsgröße der beiden Gewässer gleich groß sein. Für die Sache selbst ist hiermit aber gar nichts gewonnen.

Die Wirkungsweise einer Batterie wird sich, wie wir erkennen werden, in nicht unwesentlichen Punkten von der einen Säule unterscheiden; es wird aber gestattet sein, schon hier den Versuch zu einer Vorstellung des Vorganges zu machen, um die Wirkungen besser zu verstehen.

Mit Beziehung auf Fig. 385 bemerken wir, daß die Vergrößerung der Platten (der Quantität) in einer Vergrößerung der Hauptschwingung der Molekel besteht. Je größer die Plattenpaare sind, desto weiter fort wird jedes Molekel aus seiner Gleichgewichtslage  $a_c$  in die Spannungslage  $m_n$  getrieben oder desto größer wird der Winkel  $a_{om}$  oder die Elongation der Hauptschwingung. — Die Vermehrung der Kettenlängen (der Intensität) besteht in der Vergrößerung der Nebenschwingung um die Spannungslage, so daß also  $r_o$  und  $u_s$  um so weiter jenseits und diesseits von  $m_o$  liegen, je mehr Ketten die Säule hat. Die Schnelligkeit dieser Schwingungen mag von der Beschaffenheit der angewendeten Elektromotoren abhängen; jedenfalls aber bedarf der Hinweg von  $n_o$  nach  $r_o$  oder die Ladung einer kürzeren Zeit, als der Rückweg oder die Entladung, weil diesem die fortwährend thätige Stofskraft der Elektromotoren entgegenwirkt.

Nur daraus lassen sich die auffallenden Bewegungerscheinungen durch Elektrizität erklären, wie z. B. die Drehung einer Flüssigkeit um einen Leitungsdraht, wenn durch diesen die elektrische Bewegung geht, oder die Erscheinung, daß um einen nassen Seidenfaden, welcher das destillierte Wasser zweier sehr nahe stehenden gefüllten Gläser verbindet, sich eine kleine Wassersäule bildet, in deren inneren Seite das Wasser vom negativen zum positiven Pole, in der äußeren umgekehrt fließt, wenn man die beiden Poldrähte, selbst einer in Thätigkeit

gesetzten Reibungsmaschine, in das Wasser bringt. Das Wasser wird durch entgegengesetzte gerichtete Stöße so getrieben.

Es ist auch sehr natürlich, daß die Kohäsion eines Leitungsdrahtes abnehmen muß, wenn durch ihn elektrische Schwingungen geleitet werden.

Auch die Frage, ob zur Überwindung eines Leitungswiderstandes in der äußeren Verbindung der beiden Pole eine Ketten säule oder eine Kettenbatterie geeigneter ist, läßt sich mittels des Ohmschen Gesetzes beantworten.

Wenn die elektrische Spannung einer einzelnen Kette wieder  $s$ , w ihr innerer Widerstand und der eingeschaltete äußere Widerstand 100mal größer, oder  $100 \cdot w$  ist; so wird bei fünf Ketten die Kraft

$$\text{einer Säule } \frac{5s}{5w + 100w} = \frac{5s}{105w} = \frac{s}{21w} \text{ und}$$

$$\text{einer Batterie } \frac{s}{\frac{1}{5}w + 100w} = \frac{s}{100,2w} \text{ oder etwa } \frac{1}{100}$$

von der bei der einfachen Kette und  $\frac{1}{5}$  von der Ketten säule sein.

Will man also einen großen äußeren Widerstand überwinden, so muß man eine Ketten säule wählen. Dieses wird u. a. nothwendig sein beim Telegraphiren.

Unter der Wirkungen der voltaischen Elektrizität heben wir in diesem Abschnitte nur diejenigen heraus, welche mehr als rein elektrische anzusehen sind und behalten uns namentlich die elektrisch-magnetischen Erscheinungen für den letzten Abschnitt vor, wo wir die mannigfaltigen Wechselwirkungen der Molekularschwingungen einer näheren Untersuchung unterwerfen wollen.

Bertheilung der dynamischen Elektrizität. Auch hier zeigt ein elektrischer Leiter eine vertheilende Wirkung auf die Entfernung, welche man auch Induktion, hier Volta-Induktion, nennt. Weil aber hier durch den elektrischen Leiter eine fortwährende Ladung und Entladung geht und nicht, wie bei der durch Reibung erhaltenen Elektrizität, eine bloße Spannung stattfindet; so bieten diese Erscheinungen einige Verschiedenheiten dar.

Wenn man den Schließungsdrat ab einer thätigen Kette K oder Säule nahe und parallel neben einem in sich selbst geschlossenen oder ununterbrochen zusammenhängenden anderen Drahte cd, welcher mit einer Kette nicht in Verbindung steht, vorübersfährt; so entsteht in drei Fällen in cd eine elektrische Bewegung von gewisser Richtung und in drei anderen eine von entgegengesetzter Richtung und zwar:

- 1) wenn man die Kette K schließt oder öffnet,
- 2) wenn die Wirksamkeit der Kette plötzlich verstärkt oder geschwächt wird, wie etwa durch Vermehrung oder Verminderung der Gliederzahl,

3) wenn man die beiden Drähte einander schnell nähert oder sie schnell von einander entfernt, was eigentlich der zweite Fall ist, weil mit der Annäherung eine Verstärkung der Wirksamkeit verbunden ist.

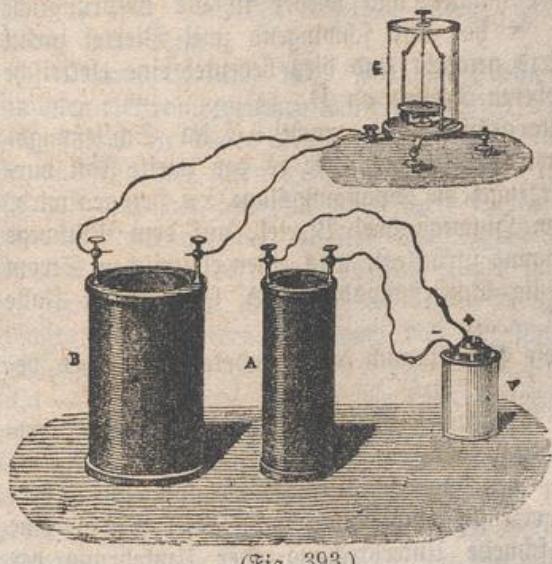
Wird die Kette geschlossen, die Wirksamkeit vermehrt oder der Schließungsdräht ab dem Drahte cd genähert, so entsteht in cd eine augenblickliche elektrische Bewegung, welche der in ab entgegengesetzt ist (eine negative) und sofort wieder aufhört, wenn auch die Kette geschlossen bleibt; wird die Kette geöffnet, die Wirksamkeit vermindert oder werden die beiden Drähte von einander entfernt, so entsteht in cd eine elektrische Bewegung, welche mit der in ab im ersten Falle einerlei Richtung (positive) besitzt und dann ebenfalls sofort wieder aufhört.

Die von der Kette ausgehende Bewegung ist die induzierende und wird gewöhnlich der Induktionsstrom genannt, die in dem benachbarten geschlossenen Leitungsdrahte hervorgebrachte oder induzierte heißt der Induktionsstrom. Wenn man der Kürze wegen diese Benennungen auch beibehält, so ist doch dabei, wie schon bemerkt, an ein Strömen hier ebensowenig zu denken, als bei früheren elektrischen Bewegungen.

Aus dem Angeführten ergibt sich, daß der beim Schließen der Kette (Verstärkung oder Annäherung) hervorgebrachte Induktionsstrom einerlei Richtung hat mit dem Induktionsstrom, welcher beim Deffnen (Schwächung oder Entfernen) der Kette entsteht. Unter allen Umständen haben der induzierende und der von ihm bei einer bestimmten Veranlassung induzierte eine entgegengesetzte Richtung.

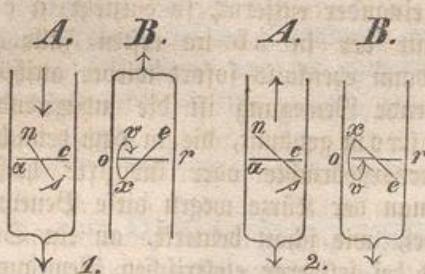
Welche Gestalt die beiden Drähte haben, ist unter übrigens gleichen Umständen gleich: sie können in grader Richtung parallel nebeneinander

liegen, im Zickzack gehen oder spiralförmig gewunden sein. In dem letzten Falle umspinnt man die Drähte mit Seide oder überzieht sie mit Guttapercha und windet sie gemeinschaftlich und fortlaufend nebeneinander auf einen hohlen Holzylinder. Es ist aber auch statthaft, jeden Draht einzeln, wie es Fig. 393 zeigt, um einen Holzylinder zuwinden, die Enden des einen A mit den beiden Polen einer Kette V, die Enden des



anderen B unmittelbar mit einander zu verbinden oder in ihn noch ein später zu erwähnendes Instrument G einzuschalten, welches die Stärke der elektrischen Erregung und ihre Richtung zu messen gestattet. A ist die Induktions- und B die Induktions-Spirale. Die erste hat einen solchen Durchmesser, daß sie in die andere gestellt werden kann, um die Drähte einander möglichst nahe zu bringen.

Theorie der Volta-Induktion. Wir können uns von dieser merkwürdigen Wirkung auf die Entfernung wohl folgende und, wie mir scheint, sachgemäße Vorstellung machen. Wenn in Fig. 394 A ein Stück



(Fig. 394.)

ac und or sind die natürlichen Lagen der Moleküle ohne elektrische Bewegung, ns ist die durch letztere erhaltene Spannungslage beim Schließen der Kette; indem ac diese Lage annimmt, bringt es das Moleköl or in die Lage xe. Da aber in dem Drahte B eine elektromotorische Kraft nicht thätig ist, welche or in der Lage xe festhielte, so geht es schwingend nicht nur nach or zurück, sondern nach dem Beharrungsgesetze noch darüber hinaus und wieder in die ursprüngliche Beharrungslage or zurück. x hat also schwingend zwei Viertel zurück und nur ein Viertel vorwärts gemacht und dies bedeutet eine elektrische Bewegung im Sinne des oberen Pfeiles an B.

Wird dagegen die Kette geöffnet, so macht ac im Schließungsdrähte eine rückgängige Bewegung, so daß, wie es der zweite Fall darstellt, or auch in eine entgegengesetzte Spannungslage xe gezogen wird, von welcher aus es auf dem Hinwege zwei Viertel, auf dem Rückwege nur ein Viertel der Schwingung zurücklegt, was einen elektrischen Strom in derselben Richtung wie im Schließungsdrähte A beim ersten Falle bedeutet.

Wir werden später diese Ansicht noch durch andere Thatsachen bestätigen.

**Stromwender oder Rheotom.** Weil nicht die elektrische Spannung (oder die erzwungene Ruhelage der Moleküle), sondern die Entladung oder die Umkehr von der angenommenen Bewegung eine äußerlich hervortretende Wirkung erzeugt, mußte man auf Mittel denken, eine willkürliche und möglichst schnelle Unterbrechung oder Umkehrung der

des Schließungsdrähtes der Kette, B eines geschlossenen Leiters ist und in A die positiv elektrische Bewegung in der Richtung der unten gezeichneten Pfeile geht, so stellt der erste Fall den Vorgang beim Schließen, der zweite den beim Deffnen der Kette dar.

elektrischen Bewegung hervorzubringen. Man hat sowohl für langsame, als auch für schnelle Unterbrechungen und Umkehrungen verschiedene Instrumente angegeben. Das folgende dient für beide Zwecke.

Eine kleine, mittelst einer Kurbel um ihre horizontale Axe drehbare kreisförmige Scheibe von Glas, Elsenbein oder trockenem Holze ist an ihrem Umfange mit einem Kupferringe belegt, welcher ringsum wie ein Rämmrad gezähnte Ausschnitte hat, welche mit dem Stoffe der Scheibe ausgelegt sind, wodurch die Zähne von einander isolirt werden. Von dem Gestelle aus, auf welchem die Ständer für die Axe der Scheibe ruhen, gehen zwei Metallsfedern, von denen die eine sich bei der Drehung an den ununterbrochenen Kupferstreifen, die andere an die Zähne und deren Unterbrechungen drückt. Berühren die beiden Federn das Kupfer, so stehen sie in leitender Verbindung; trifft die eine das Kupfer, die andere das Elsenbein, so sind sie von einander isolirt. Gehet nun von den beiden Federn mittelst Klemmschrauben zwei Drähte, so kann man den einen mit dem einen Pole einer Kette und den anderen mit dem einen Ende der Induktorspirale verbinden, während das andere Ende dieser Spirale zu dem zweiten Pole der Kette geht. Auf diese Weise ist der Stromunterbrecher in eine ununterbrochene Leitung eingeschaltet, in welcher sich Kette und Induktor befinden, so daß bei der Drehung eine dieser entsprechende Herstellung und Unterbrechung der Verbindung zwischen Kette und Induktor bewirkt wird.

Da die Induktionsströme, wie wir sehen werden, auch eine praktische Wichtigkeit haben, so müssen wir noch auf gewisse Eigenthümlichkeiten derselben Rücksicht nehmen, welche ihren Hauptgrund theils in dem zu überwindenden Ruhzustande der Molekel eines Körpers, theils in dem Bestreben derselben haben, ihre alte natürliche Ruhelage wieder einzunehmen.

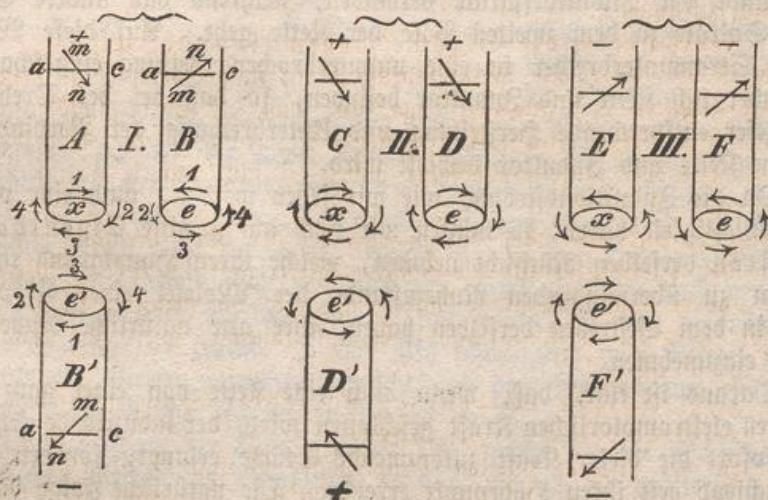
Daraus ist klar, daß, wenn auch eine Kette von einer ganz bestimmten elektromotorischen Kraft geschlossen wird, der induzirende Strom nicht sofort die dieser Kraft zukommende Stärke erlangt, sondern daß sie wachsend erst ihren Höhepunkt erreicht. Die natürliche Folge davon ist, daß auch der induzierte umgekehrte Strom allmählig wächst. Wird aber die Kette geöffnet, so steht der augenblicklichen Rückkehr des induzierenden und des direkten induzierten nichts im Wege.

Daraus folgt also, daß die beiden induzierten Bewegungen sich von einander unterscheiden, so zwar, daß der umgekehrte oder negative Induktionsstrom eine viel größere Spannung hat, als der direkte (Quantität — Intensität), obwohl die Gesamtwirkung unter Voraussetzung einer sich gleichbleibenden elektromotorischen Kraft dieselbe sein muß. Der negative Induktionsstrom wird also einen großen Leitungswiderstand in einem langen und dünnen Drahte eher überwinden, als der positive; jener wird also, wie wir sehen werden, die Magnetnadel eher ablenken, dieser bei Unterbrechungen des Drahtes eher einen Funken

geben. Ist der Leitungswiderstand ein äußerst geringer, wie bei einem sehr kurzen und dicken Drahte, so tritt dieser Unterschied nicht hervor.

**Gesetz der Anziehung und Abstoßung der dynamischen Elektrizität.** Nach der von dieser Elektrizität gegebenen Vorstellung befinden sich die Moleküle wie bei der Reibungs-elektrizität auch in einer gewissen Spannungslage, zufolge welcher unter den Körpern entweder eine Anziehung oder eine Abstoßung stattfand. Je schwieriger es scheint, in das Wesen dieser geheimen Vorgänge einen Blick zu thun, desto größer ist aber der Reiz, die Natur auch in dieser Beziehung zu erforschen und dazu wollen wir einen Versuch machen.

Wie wir schon früher Fälle gehabt haben, in denen das Bestreben der Körper erkennbar ist, sich mit einander in Uebereinstimmung zu setzen (z. B. zwei nebeneinander schwingende Pendel, zwei auf einer Platte befestigte Uhren, zwei um Axen sich drehende mit einander verbundene Kugeln), so ist es auch bei den Molekularbewegungen der Fall.



(Fig. 395.)

Denken wir uns, daß in Fig. 395 A, B, C, D, E, F, Stücke dreier Paare von Leitungsdrähten seien mit einer dynamisch-elektrischen Molekularbewegung. In A, C und D wollen wir die positive, in B, E und F die negative Bewegung nach unten gerichtet annehmen; in jedem der drei Paare ist der zweite Draht (B, D, F) zweimal gezeichnet, nämlich das eine Mal neben dem ersten Draht, das andere Mal unter dem ersten, so daß in dem letzteren Falle zwei Drahtenden einander gegenüber stehen (B' ist B, D' ist D und F' ist F). Die an den Drahtenden gezeichneten kleinen Pfeile geben die Richtung der Be-

wegung der einzelnen Molekel in jedem Drahte an und müssen bei einem bestimmten Drahte auch an anderen Stellen desselben in gleicher Richtung gedacht werden.

Betrachten wir nun das nebeneinander liegende Paar A und B, so ist klar, daß an den Schnittflächen x und e, welche alle übrigen solchen Flächen und somit den ganzen Draht vertreten, die benachbarten Molekel 2 und 2 dieselbe Richtung haben; aber auch wenn man den einen Draht oder beide um ihre Axien dreht, so wird darin nichts geändert, denn es würden nicht nur die mit einerlei Ziffern bezeichneten Molekel, wenn sie bei der Drehung nebeneinander zu liegen kommen, sondern auch alle übrigen stets einerlei Richtung besitzen. Wären die beiden Leitungsdrähte beweglich angebracht, z. B. dadurch, daß sie mittels einer Kröpfung in Quecksilbernäpfchen hängen, die mit den Poldrähten einer Kette in Verbindung stehen; so würden sie einander anziehen. Und in der That bewirkt die nach einerlei Ziel gerichtete Molecularbewegung, daß die Körper einander anziehen. Man pflegt daher gewöhnlich zu sagen:

gleichgerichtete Ströme ziehen einander an.

In B' ist der zweite Leitungsdraht B in umgekehrter Lage dem A gegenüber gehalten und auch da zeigt sich, daß die Bewegungsrichtung der Molekel beider Schnittflächen dieselbe ist, obwohl die beigesetzten Zahlen eine andere Aufeinanderfolge haben (3 fällt auf 1, 4 auf 2, 1 auf 3, 2 auf 4).

Erinnern wir uns aber daran, daß bei der durch Reibung erhaltenen statischen Elektrizität für die positive Elektrizität in A das Molekel a eine andere Spannungslage hatte, als für die negative in B; so finden wir hier die vollkommenste Uebereinstimmung, weil ja auch A und B', d. h. also:

zwei Körper mit entgegengesetzter Spannungselektrizität einander anzogen.

Gehen wir zu dem zweiten Drahtpaare C und D über, so zeigt sich, daß die einander zunächst liegenden Molekel, wie man die Drähte auch drehen mag, nicht nur in den Schnittflächen x und e, sondern auch in allen übrigen eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung haben und daß deshalb die ganzen Drähte einander abstößen. Der zweite Theil des Gesetzes für die dynamische Elektrizität heißt also:

entgegengesetzte Ströme stoßen einander ab.

Dieselben Umstände treten bei dem dritten Paare E und F ein, nur daß die Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist der vom zweiten Paare.

Beziehen wir die beiden letzten Fälle auf die statische Elektrizität, so haben wir im zweiten Falle zwei positive und im dritten zwei negative Leiter. Bringen wir D' in die Lage D' und F in die Lage F', so ist augenscheinlich die Bewegungsrichtung der einander gegenüber-

stehenden Molekeln in den Schnittflächen eine entgegengesetzte, so daß wir auch hier die Bestätigung von dem Gesetze finden:

zwei Körper mit gleichnamiger Spannung elektricität stoßen einander ab.

Wenn Ströme einerlei Richtung haben, so verstärken sie einander und dies ist eine Koinzidenz; wenn sie verschiedene Richtung besitzen, so schwächen sie einander und dieses ist eine Interferenz.

Wie in der sittlichen Welt das Gleichartige einander auffucht, das Ungleichartige einander meidet, so ist es auch in der natürlichen.

Der elektrische Funke, welcher stets bei der Abgleichung entgegengesetzter Spannungszustände, sowohl der statischen, als auch der dynamischen Elektrizität erscheint, bietet die meiste Schwierigkeit bei der Erklärung dar. Die Thatfachen, daß bei der Abgleichung entgegengesetzter Elektrizitäten die positive der negativen auf halbem Wege entgegenkommt, daß der elektrische Funke eine kürzere Dauer hat, als ein Millionstel einer Sekunde (Bd. II. S. 35) und daß er dabei eine außerordentliche Lichtstärke besitzt, lassen wohl die Vermuthung zu, daß er in stehenden Schwingungen des Weltäthers besteht. Wie wir beim Schalle fortschreitende und stehende Schwingungen haben, so wird es wohl auch beim Aether der Fall sein. Unter dieser Voraussetzung läßt sich selbst die Anzahl der im Funken stattfindenden Schwingungen angeben. Wenn wir annehmen, daß zur Darstellung des weißen Lichtes 600 Billionen Schwingungen in einer Sekunde erforderlich sind, so kommen auf die kurze Dauer des elektrischen Funkens über 500 Millionen, so daß darin ein nicht unbedeutendes Bewegungsmoment liegt.

Da der Weltäther an der Bewegung der Körpermolekeln teilnimmt, so muß er zwischen zwei Körpern von einer entgegengesetzten elektrischen Spannung in einem verschiedenen Zustande der Dichtigkeit sein wegen der entgegengesetzten Lage der Molekeln, wie es die obige Figur in A und B' durch die beiden Schwingungslagen von ac deutet.

Es ist also wohl natürlich, daß sich diese Verschiedenheit bei hinreichender Annäherung der Körper gegeneinander abgleicht, wodurch der Aether in Schwingungen gerath. Es ist also, weil der Weltäther alle Körper durchdringt, auch nothwendig, daß eine Funkenentladung sich innerhalb aller Körper geltend macht und sie wird nur nach dem Grade der Beweglichkeit der Molekeln bei den verschiedenen Aggregatzuständen einige Verschiedenheiten zeigen: bei den festen Körpern ein Phosphoresziren, Glühen, Schmelzen, Zerstäuben; bei den tropfbaren und luftigen einen hellen Glanz und Schall. Bei der Entladung schwingen die Molekeln zurück nicht blos in die Gleichgewichtslage, sondern nach dem Beharrungsgesetze darüber hinaus und wieder zurück in die natürliche Lage, wie es bei einem Knalle der Fall war. Weil an dieser Bewegung die zwischen den einander abgleichenden Körpern vorhandene Flüssigkeit teil-

zunehmen gezwungen wird, geschieht eine Ausdehnung derselben und darauf folgt der Entladungsknall.

Aber nicht blos bei der Annäherung der beiden Poldrähte zeigt sich ein Funke, sondern auch bei der Trennung derselben, der sogen. Trennungsfunk. Dieser ist eine Folge der nach dem Beharrungsgesetze fortgesetzten Schwingungen der Moleköl, welche über die Gränzpunkte der Stütze des Leitungsdrahtes in den nun dazwischen liegenden irdischen Stoff und den Weltäther fortgepflanzt werden.

Von den Stoffen, zwischen welchen die Entladung stattfindet, werden ganz kleine Theilchen mit hinübergerissen und dadurch, sowie durch die Beschaffenheit des Zwischenkörpers, bekommt der elektrische Funke verschiedene Farben.

Wenn man durch ein Silberplättchen von einer Goldkugel einen Funken schlagen läßt, so zeigt die Platte auf beiden Seiten eine kreisförmige Goldablagerung.

An dem positiven Pole, an welchem sich der negative Sauerstoff bildet, erscheint zuerst dunkle Wärme mit ihren langsamem und weiten Schwingungen, an dem negativen Pole, an welchem der positive Wasserstoff entsteht, erscheint zuerst Licht, unabhängig von Verbrennung, und zwar als Blau mit der größten Schwingungszahl, während es am positiven roth ist. Sauerstoff hat viel Leuchtkraft und wenig Wärme, Wasserstoff wenig Leuchtkraft und viel Wärme; aber erst, wenn Licht und Wärme bis zu einem gewissen Grade gesteigert sind, geben sie Flamme. Es ergänzen also Licht und Wärme einander bei der Herstellung des Gleichgewichtes. — Entladet man eine starke Kettenbatterie durch zwei zugespülzte Eisenzyylinder, so sagt uns selbst das Gefühl des bloßen Fingers, daß der negative noch kalt ist, während der positive schon sehr heiß wird.

Merkwürdig ist noch, daß das Licht zwischen den beiden Polen, selbst im luftleeren Raume, ein geschichtetes ist mit hellen und dunkleren Streifen. Es ergibt sich aber, wie ich glaube, daraus, weil die Molekularschwingungen von beiden Polen in dem dazwischen liegenden Stoffe, und wenn es auch nur der Weltäther ist, einander entgegen kommen und somit an gewissen Stellen Koinzidenz, an anderen Interferenz bewirken. Je schlechter der Zwischenstoff leitet, desto weniger tritt diese Erscheinung hervor, auf einen um so kleineren Raum beschränkt sich die Lichterscheinung und um so intensiver ist sie. — Das geschichtete Licht zeigt sich sehr schön und mit verschiedenen Farben, wenn man in dem luftleeren Raume Dämpfe von Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff, Phosphor u. a. hat. — Steht in dem leeren Raume ein Glas von Uranglas, reicht der positive Poldraht bis an seinen Boden und der negative nur über den Rand, so scheint das prachtvolle Licht überzulaufen.

Außerordentlich stark ist das elektrische Kohlenlicht. Man macht aus den Koaks, wie sie sich am Boden der Retorten in Gasanstalten absetzen, zugespitzte kleine Zylinder und bringt diese in einem luftleer gemachten Glaszylinder mit den Poldrähten einer Säule von großen und vielen Platten in gute Verbindung. Ist die Säule kräftig genug, so entsteht das Licht bei größerer Annäherung der Kohlenspitzen auch in der atmosphärischen Luft und selbst im Wasser und man kann dann die beiden Spitzen allmählig von einander etwas entfernen, ohne das Licht zu unterbrechen. In dem entstandenen Lichtbogen ist eine so ungeheure Gluth, daß darin Platin wie Blei schmilzt, Kalk, Quarz, Saphir u. s. w. flüssig, Reißblei und selbst der Diamant verflüchtigt werden. — Man kann auch am negativen Pole eines Induktionsstromes einen Zylinder aus Holzohle, am positiven einen Platindräht anbringen. Nimmt man statt dessen ein Bündel von Platindrähten, so zeigt sich an ihm nach längerer Zeit Kohlenpulver mit mikroskopischen Diamanten (d. h. mit krystallisiertem Kohlenstoffe), wodurch man z. B. Rubinen schleifen kann.

Das elektrische Kohlenlicht ist nicht das Produkt einer Verbrennung, denn es zeigt sich auch ohne Sauerstoff. Es sind Schwingungen des Weltäthers, welche durch die bei der Abgleichung der Gegenseite zwischen den beiden Polen mit hinübergeführten Massentheilchen der Kohle, des Eisens u. dergl. eine verschiedene Farbe zeigen, also die Schwingungszahl ändern.

Man hat dieses Licht u. a. für Leuchttürme benutzt. — In Nordamerika habe ich gesehen, wie man bei großen Volksversammlungen im Freien große Plätze, auf denen Reden gehalten wurden, auf diese Weise taghell erleuchtete. 50 bunsensche Elemente geben eine Lichtstärke, die der vierte Theil der Stärke des Sonnenlichtes und an 600 Wachskerzen zu erzeugen imstande ist. — Dieser Lichtbogen gibt, wie die Sonne, ein Spektrum mit Linien, welche aber hell sind und je nach den Stoffen der Leitungsdrähte eine verschiedene Farbe zeigen, weil Theilchen von diesen Stoffen mit übergeführt werden.

Wenn die Lichtstärke der Sonne 100 angenommen wird, so ist die des drummondischen Kalklichtes nur 0,685, das Kohlenlicht am positiven Pole bei 40 bunsenschen Ketten in 1 Batterie nach 2 Stunden 13,6; in 2 Batterien zu 1 Säule aber 23,8 und bei 138 Ketten in 3 Batterien zu einer Säule 38,5. Es ist also vortheilhafter, aus den Ketten mehrere Batterien zu machen und diese zu einer Säule zu verbinden.

Die Wärme, welche im Schließungsbogen erzeugt wird, ist um so bedeutender, je größer die Kraft der Elektromotoren, je bedeutender ihre Oberfläche, je kürzer und dünner der Schließungsdraht ist und je schlechter er leitet. Die kurze Dauer des Entladungsschlages der statischen Elektrizität vermag nicht einen Leitungsdraht zu schmelzen, und selbst der Gewitterschlag zeigt meist nur eine oberflächliche Schmelzung;

aber die dynamische Elektrizität einer einfachen Kette mit großer Oberfläche, wie z. B. des Desflagrators von Hare, bringt leicht ein Glühen selbst dicker und ein Schmelzen dünner Eisendrähte hervor. In diesem Falle ist die elektrische Spannung eine bedeutende, d. h. die Hauptschwingung der Molekel eine große und es folgt während der Schließung der Kette ununterbrochen auf jede Ladung die Entladung, also sind die Molekel in einer fortwährenden Schwingung, welche so bedeutend werden kann, daß der Zusammenhang gelockert und aus dem festen Körper ein flüssiger wird, welcher in kleinen Partien die Kugelform annimmt. Die Kugelchen sind, wie ich gefunden habe, hohl mit einem kristallinisch-körnigen Aussehen im Innern. Dieses ist eine Folge des Schwingungszustandes der Molekel, bei welchem sie im Innern der geschmolzenen Masse einander abstoßen und sich nach der Richtung des geringsten Widerstandes, d. i. nach außen, wenden. Die kleinsten Kugelchen mögen allerdings voll sein, weil dort die abstoßende Kraft zu gering ist und sehr große würden wohl wegen der überwiegenden Massenanziehung auch sich vollständig füllen.

Ist der Draht ein schlechterer Leiter, so wirken die elektrischen Schwingungen eine längere Zeit auf dieselben Stellen, ehe sie sich den Fortgang erzwingen und daher muß ein solcher Draht eher warm werden, als ein gut leitender.

Dass aber ein dünnerer Draht schneller erglüht, als ein dicker und ein kurzer schneller, als ein gleich dicker längerer, beruht darauf, dass dasselbe elektromotorische Bewegungsmoment in der kleineren Masse eine größere Geschwindigkeit (höhere Temperatur) erzeugen muß, als in der größeren Masse. Wenn daher in einem Leitungsdrahte dünne Stellen mit dickeren abwechseln, so werden die letzteren nur warm, während die ersten glühen.

**Galvanokaustik.** Von dem Glühen dünner Platindrähte an dickeren Leitern hat man zu medizinischen Zwecken höchst wichtige Anwendungen gemacht. Man ist nämlich imstande, Polypen und andere Auswüchse selbst an schwer zugänglichen Orten ziemlich schnell, schmerzlos und ohne großen Blutverlust abzubrennen. Man macht aus dem noch kalten und dünnen Platindrähte, welcher sich an einer geeigneten leitenden Vorrichtung befindet, um das Gewächs eine Schleife und zieht dieselbe zu, indem man gleichzeitig die Kette schließt, um den Draht glühend zu machen.

Die Stärke des Erglühens ist von dem umgebenden Stoffe nicht unabhängig, ist z. B. im Wasserstoffe viel schwächer, als im Sauerstoffe oder Stickstoffe, weil der Draht in jenem eher erkaltet und somit besser leitet, als in diesem. Die Funken erscheinen im heißen Wasser schwieriger, als im kalten und im gesäuerten gar nicht, weil es zu gut leitet; die Funken erscheinen im trockenen, wie im feuchten Erdboden selbst auf große Entfernungen der Kette und selbst auch in solchen

Gasen, welche eine eigentliche Verbrennung unmöglich machen, wie kohlensaures Gas und Stickstoff. Dies ist wieder ein deutlicher Beweis davon, daß der Funke eine Schwingungerscheinung des alle irdischen Stoffe durchdringenden Weltäthers ist.

Die Glühversuche hat man bereits vielfältig in Anwendung zu bringen gewußt, wie z. B. zum Sprengen der Steine, großer Felsen, gefährlicher Eisstopungen und namentlich im Minenkriege. Diese Art zu sprengen ist viel sicherer und zuverlässiger, als die frühere, bei welcher man Zünder und Zündfäden nach dem Pulver leitete und aus ihrer Beschaffenheit und Länge auf die Zwischenzeit vom Augenblicke des Anzündens bis zum Augenblicke der erfolgenden Explosion einen Schlüß machte. Abgesehen davon, daß längere Leitungen irgendwie beschädigt oder unbrauchbar gemacht werden konnten, ließ sich die Zeit für die zu bewirkende Explosion, was namentlich im Kriege höchst wichtig ist, selten mit absoluter Sicherheit angeben. Durch die elektrischen Zündungen hat man den rechtzeitigen Augenblick ganz in seiner Gewalt.

Schon bei mäßigen elektrischen Erregungen entwickelt sich Wärme, deren Grad man auf verschiedene Weise zu bestimmen gesucht hat. Das elektrische Luftthermometer besteht aus einer leeren Glaskugel, an welche sich eine Thermometerröhre mit einem kurzen Quecksilberfaden schließt; in der Kugel ist eine Drahtspirale, durch welche die Elektrizität geleitet wird. — Man kann die Elektrizität auch durch Platindrähte von verschiedener Länge welche sich in Weingeist befinden, leiten und die Ausdehnung derselben mittels einer daran befindlichen Thermometerröhre messen.

**Chemische Wirkungen.** Wie einerseits die chemische Wirkung auf die Elektromotoren in dem Schließungsdrähte die elektrische Bewegung erzeugt, so ist andererseits diese auch fähig, chemische Trennungen und Verbindungen hervorzubringen, wenn man nur den Leitungsdraht unterbricht und an den Unterbrechungsstellen die Körper einschaltet, so daß durch sie fortwährende Ladungen und Entladungen gehen oder fortwährende Schwingungen stattfinden. Bei der Elektrizität durch Reibung gehört eine kräftige Maschine dazu und der zu zerlegende Körper muß eingeschaltet werden in eine Leitung zwischen den negativen und positiven Konduktoren.

Wie schon innerhalb der Kette selbst das Wasser in seine Bestandtheile zerlegt wird, so kann diese Trennung auch außerhalb derselben hervorgebracht werden und es kann an dem positiven Drahte das Sauerstoffgas im ozonisirten Zustande, an dem negativen das Wasserstoffgas in mit Wasser gefüllten Gläschchen aufgesangen werden. Von letzterem entwickelt sich in einer bestimmten Zeit dem Rame nach doppelt so viel, wenn man die Poldrähte mit Platinstreifen endigen läßt, damit sie nicht angegriffen werden, wobei man behufs der besseren Leitung verdünnte Schwefelsäure von dem spezifischen Gewichte 1,34 anwendet.

Da die Menge der entwickelten Gase gleichen Schritt hält mit der Stärke der elektrischen Bewegung, so lässt sich für letztere eine Vorrichtung, das sogen. Voltameter, zur Bestimmung ihrer relativen Größe angeben, denn man braucht nur die beiden Gase in einem genau eingethielten Glaszylinder gemeinschaftlich aufzufangen. Man kann diejenige Elektrizität als Maßeinheit annehmen, durch welche in 1 Minute 1 Kubikzentimeter Säallgas von 0° Wärme bei 760 Millimeter Barometerstand gebildet wird.

Die Stärke des Stromes kann auch bestimmt werden durch die Menge des in einer bestimmten Zeit durch die Kette oxydierten Metalles. Wenn man Platin und amalgamirtes Zink in verdünnte Schwefelsäure mit dem spezifischen Gewichte 1,068 bringt und in einer gewissen Zeit am Platinpole 1 Gran Wasserstoff erhält, welcher mit 8 Gran Sauerstoff sich zu 9 Gran Wasser verbindet; so haben sich grade 32,3 Gran Zink oxydiert. Wir können das allgemeine elektrolytische Gesetz aufstellen:

die Menge der Zersetzungspprodukte ist der Stärke der elektrischen Bewegung verhältnismäßig.

Da der elektrische Strom um so stärker ist, je leichter sich das positive Metall in der Kette oxydiert, so lässt sich die Beobachtung der Stromstärke zur Beurtheilung der Güte von Metalllegirungen anwenden. Stellt man zwei Blättchen von verschiedenen Goldlegirungen in Salpetersäure, so ist das die weniger gute Sorte, nach welcher im Leitungsdrahte die positive Bewegung geht.

Eisen wird nicht durch das in der Spannungsreihe folgende negativer Kupfer, sondern durch das vorangehende positivere Zink vor dem Roste geschützt. Man wird also zu Bedachungen galvanisirtes, d. h. mit einem Zinküberzuge versehenes Eisen anwenden müssen. In Amerika wendet man eine Guttaperchaauflösung an, mit welcher man beide Seiten der Eisenplatten gut bestreicht; diese aber wirkt nicht etwa galvanisch, sondern hält blos die Feuchtigkeit vom Eisen ab. — Stahlsachen rosten nicht, wenn man ein Stückchen Zink auf sie legt.

Kupfer wird natürlich auch durch Zink geschützt und wenn letzteres auch nur  $\frac{1}{150}$  der Oberfläche des ersten einnimmt. Man wollte daher die Kupferbeschläge der Seeschiffe auf diese Weise vor der ziemlich schnellen Zerstörung durch die Salze schützen, aber es zeigte sich der Nebelstand, daß sich dann auf die am Kupfer niedergeschlagenen erdigen Bestandtheile ungeheuer viele Schalthiere ansetzten, welche die Beweglichkeit der Schiffe störten.

Wenn kalkhaltiges Wasser in bleiernen Röhren fortgeführt wird, so werden diese an den Löthungstellen durch den Einfluß des Lothes leicht durch Kalk verstopft.

Bei der Zersetzung der Salze, wie des schwefelsauren Natrons, des salpetersauren Kalis, wandert die Säure vom negativen zum positiven

Pole, die Basis (auch das Metall) in entgegengesetzter Richtung, also erscheint die Säure am positiven, die Basis am negativen Pole.

Ist der Körper eine Wasserstoffsaure, so scheidet sich Wasserstoff am negativen, der andere Bestandtheil (bei Salzsäure das Chlor) am positiven Pole ab.

Bei der Zerlegung eines Körpers durch Elektrizität vereinigen sich die dadurch erhaltenen Stoffe entweder zu neuen chemischen Verbindungen oder sie werden an den Polen ausgeschieden, wenn die Verwandtschaft zu ihnen geringer ist.

Die elektromotorische Kraft der Elemente und die Stärke der chemischen Verwandtschaft bringen, je nach ihrem Verhältnisse, verschiedene Erscheinungen hervor. Es ist z. B. die unmittelbare Berührung des metallischen Leiters mit der zu zerlegenden Flüssigkeit nicht nothwendig, ja es findet sogar eine Ueberführung eines Stoffes durch einen anderen Körper von geringerer Verwandtschaft statt, wenn die treibende elektrische Thätigkeit stark genug ist.

Wenn man bei drei kleinen nebeneinander stehenden Bechern A, B, C, den A mit B und B mit C durch nasse Baumwollensäden verbindet, in den Becher A schwefelsaures Kali, in B eine Ammoniumauflösung, in C Wasser thut, nach A den negativen, nach C den positiven Poldraht leitet; so wird die Schwefelsäure durch B und die Fäden nach C geführt, obwohl sie zu dem Ammonium eine ziemlich große Verwandtschaft besitzt.

Da die zerlegten Bestandtheile nicht nur durch chemisch mit ihnen verwandte Flüssigkeiten, sondern auch durch Halbleiter, wie thierische Blasen und selbst durch den lebenden thierischen Körper geführt werden können, so dürfte die Frage gestattet sein, ob diese Thatsache nicht zu medizinischen Zwecken eine größere Verwendung finden könnte, als es bisher geschehen ist, um dem kranken Körper ohne Unbequemlichkeit und doch eindringlich diejenigen Stoffe (z. B. Jod) zuzuführen, welche ihm zu seiner normalen Gesundheit fehlen oder welche als schädlich durch einen zugeführten neutralisiert werden können, wenn man während der Operation die Kette unterbricht.

Von besonderem Interesse, auch in praktischer Hinsicht, ist die Ausscheidung der Metalle aus ihren Lösungen. Wir erwähnen zunächst die Metallvegetationen. Wenn man in eine Lösung von Bleizucker (6 Quentchen essigsaurer Bleioxyd in  $\frac{1}{2}$  Quart destillirtem Wasser) einen Zinkstab stellt, so zieht dieser den Sauerstoff an und das Blei scheidet sich in glänzenden Blättern ab, die den sogen. Saturnusbaum bilden. — Thut man in eine Lösung von salpetersaurem Silber einige Tropfen Quecksilber, so bildet sich ein prächtiger Silber- oder Dianenbaum. Ueberhaupt werden Metalle, welche in der Spannungsreihe dem positiven Pole näher liegen, durch solche, die dem negativen näher sind, aus ihren Auflösungen geschieden. — Wenn man die Metallslösung in

flache Gläschchen mit parallelen ebenen Wänden bringt, in sie die Poldrähte leitet und nun zur Vergrößerung ein Sonnenmikroskop anwendet; so kann man die höchst interessante Bildung der Metallvegetation durch das Anschießen der kleinsten Theilchen wahrnehmen.

Die Galvanoplastik im weiteren Sinne aber ist es ganz vorzüglich, welche durch ihren vielseitigen Nutzen im praktischen Leben unsere Aufmerksamkeit verdient. Man benutzt nämlich die zerstörende Wirkung der galvanischen Elektrizität einer in ihrer Thätigkeit sich gleichbleibenden Kette, um das in metallischen Lösungen enthaltene Metall nicht pulverförmig, sondern als einen außerordentlich feinkörnigen, fest zusammenhängenden Ueberzug auf andere Körper niederzuschlagen. Man kann diese metallischen Ueberzüge entweder auf den Körpern lassen, um ihnen dadurch ein gefälliges Aussehen zu verleihen und sie gegen frühere Zerstörung zu schützen, oder man kann diesen Ueberzug ablösen und dann gibt er mit der wunderbarsten Treue alle Formen der Körper wieder, auf welche der Niederschlag gemacht worden ist. Wir können hierbei wesentlich einen vierfachen Zweck im Auge haben:

- 1) metallisch-plastische Abdrücke der verschiedensten Art herzustellen, und dies ist die Galvanoplastik im engeren Sinne;
- 2) Gegenstände mit einer mehr oder weniger dicken Metallhaut zu überziehen, was man Metallplattirung nennt;
- 3) durch zarte Metallniederschläge Farben zu erzeugen, die Metallocromie;
- 4) Schriften und Zeichnungen zur Vervielfältigung hervorzu bringen, was man Galvanographie oder Elektrotypie genannt hat.

Wir können hier nur das Wichtigste davon anführen, indem die ins Einzelne gehenden Anweisungen in ein technologisches Werk gehören. In allen Fällen ist zur Erzeugung recht zarter Niederschläge eine langsam und gleichmäßig wirkende Kette erforderlich und daher die daniellsche geeigneter, als die von Grove. In allen Fällen lagert sich aus der Auflösung des Metallsalzes das regulinische Metall am negativen Pole ab und an den positiven gelangt der Sauerstoff und die Säuren. Ist an dem positiven Pole ein oxydierbares Metall, wie Zink, Blei, Zinn, Kupfer; so entweicht der Sauerstoff nicht als Gas, sondern verbindet sich mit dem Metalle zu einem Oxyde. Immer wird sich, man mag eine Kette anwenden, welche man will, eine bestimmte Menge Metall am positiven Pole aufgelöst haben, wenn sich am negativen in der Zerstözungszelle eine bestimmte Menge Metall abgelagert hat.

1) Die Galvanoplastik. Zu plastischen Darstellungen ist das Kupfer wegen seiner Geschmeidigkeit, großen Dichte und Billigkeit ganz vorzüglich brauchbar. Man verwendet dazu eine Verbindung von Kupferoxyd mit Schwefelsäure, d. i. Kupferservitriol, dessen Krystalle man in so vielem destillirtem Wasser auflöst, daß die Dichtigkeit der Lösung während der Operation sich zwischen 24° und 34° nach dem Aräometer

von Baumē hält, was man theils durch Zugießen von Wasser, theils durch Hineinbringen von Krystallen regeln kann. Als sehr geeignet wird auch eine Mischung aus 2 Maßtheilen gesättigter Kupfervitriollösung mit 1 Maßtheile einer Auflösung von Kupfervitriol in einer gesättigten Lösung von Glaubersalz oder Zinkvitriol angesehen.

Der Kupferniederschlag kann entweder in der Kette selbst erzeugt werden und dann muß man die Flüssigkeiten in dem für die Erregung der Elektrizität und die Bildung des Niederschlages erforderlichen Zustande zu erhalten suchen oder man bewirkt ihn in einem besonderen Zersetzungsgefäß außerhalb der Kette.

Soll ein Gegenstand, z. B. eine Münze, nachgebildet werden, so muß man sich zuerst eine Matrize verschaffen, d. h. eine Form, in welcher die Erhabenheiten des Gegenstandes vertieft und die Vertiefungen erhaben sind. Sie kann aus Kupfer hergestellt werden und gibt dann mit wunderbarer Schärfe die feinsten Linien wieder, oder aus einem anderen nicht leitenden Materiale, wie Papier, Wachs, Stearin, Harzmischungen, Gyps und Guttapercha, welche zu Statuen, Reliefs, Holzschnitten und anderen Drucksachen verwendet werden. Die aus letzteren Stoffen angefertigten Matrizen macht man dadurch leitend, daß man sie mit ganz gutem englischen, silbergrauen Graphit (aus der Grube von Borrowdale in Cumberland) zart überzieht. Diese Darstellungen sind für die bildenden Künste von der größten Wichtigkeit.

Zur Darstellung einer Münze legt man um ihren Rand, nachdem sie gut gereinigt worden ist, einen Leitungsdraht und überzieht ihn äußerlich mit Wachs. Durch die Kette erhält man dann von beiden Seiten treue Abdrücke, welche man ablöst und auf gleiche Weise in Betreff ihrer Innenseite behandelt, um dadurch die beiden Seiten der Münze in ihrer wirklichen Beschaffenheit zu erhalten und diese dann durch Zusammenlöthen der Ränder und Ausfüllung des Zwischenraumes zu einem Ganzen zu verbinden.

Wenn auch zur galvanoplastischen Ablagerung das Prinzip der danielischen Kette angewendet wird, so ist doch die Einrichtung dem jedesmaligen Zwecke entsprechend zu machen. Für größere Gegenstände nimmt man einen angemessen geformten Kasten aus Glas, Thon oder Holz zu dem Kupfervitriol, in ihn hängt man einen kleineren kastenförmigen Holzrahmen, den man auf der unteren Seite mit Pergament, Fischblase oder auch Pappe überzieht; in den kleineren Kästen kommt die verdünnte Schwefelsäure und eine gegossene Zinkplatte und unter den Rahmen in die Kupfervitriollösung die Matrize. Zinkplatte und Matrize werden durch einen mit Firnis überzogenen Kupferstreifen verbunden und müssen ziemlich gleiche Oberflächen haben.

Geschieht die Ablagerung des Kupfers in der Kette selbst, so ändert sich nicht nur der Sättigungsgrad der Kupfervitriollösung fortwährend, sondern sie nimmt auch durch die poröse Scheidewand Zinkvitriol

auf, wodurch die Zurückführung auf ein vortheilhaftes Mischungsverhältniß erschwert wird. Demnach ist es angemessen, die Operation außerhalb der Kette in einer besonderen Zersetzungszelle mit Kupferoxydulösung vorzunehmen. Von den Polen der Kette gehen zwei starke, blanke und verschiebbare Kupferdrähte an die Zelle, der vom positiven Pole trägt eine starke Kupferscheibe, der andere das zu überziehende Modell, gegenüber der Scheibe; an dem Kupfer lagert sich der Sauerstoff ab, welcher mit einer gewissen Menge desselben Oxyd bildet, an jenem ebensoviel Kupfer. Dadurch behält die Kupferlösung dieselbe Zusammensetzung. — Wenn Gypsformen zur Herstellung von Statuen Höhlungen (Kopf, Arme, Beine) darbieten, so müssen in diese vom positiven Pole aus besondere Kupferdrähte geleitet und überhaupt darauf gesehen werden, daß die Kupferplatte sich möglichst der abzubildenden Form nähere. Im Allgemeinen muß die Oberfläche des Ziels in der Kette gleich sein der Oberfläche des abzubildenden Gegenstandes.

Zu kleinen Arbeiten genügt ein daniellisches Element; zu grösseren nimmt man entweder eine Batterie oder eine Kettenfäule oder verbindet Batterien zu einer Säule, jenachdem man sparsam oder schnell arbeiten will. Der Widerstand in der Zersetzungszelle soll ebenso groß sein, wie in der Kette. Er nimmt ab mit zunehmender Größe der Platten und mit abnehmender Entfernung. Darnach lässt sich die Art der Zusammensetzung der Ketten ermessen, wenn man noch berücksichtigt, daß in ihnen die Thonzellen den Widerstand zweimal bis dreimal grösser machen, als er in dem Zersetzungsgefäß ohne Zelle ist.

2) Die galvanische Metallplattirung. Die früheren Methoden, medle Metalle mit einem Ueberzug von edlen, wie Gold, Silber, Platina, zu überziehen, verlangten einen ziemlich grossen Aufwand von kostbarem Materiale, es gelang nur schwierig oder unvollkommen den Ueberzug vollkommen gleichmässig zu machen, die Arbeit war zeitraubend und wenn sie, wie bei der Bergoldung im Feuer, mit Benutzung von Quecksilber geschah, wegen der Quecksilberdämpfe für die Gesundheit nachtheilig. Bei der galvanischen Methode werden nicht nur diese Uebelstände vermieden, sondern man hat es auch vollkommen in seiner Gewalt, den Ueberzug dick oder dünn, hell oder dunkel gefärbt, glänzend oder matt zu machen und er ist überall dicht und fest und erstreckt sich auf die kleinsten Lücken gleichmässig.

Damit der zu machende Ueberzug festsetze, muß die Oberfläche des Körpers vollkommen metallisch rein sein und darf nicht die geringste Oxydation zeigen oder mit fremden Körpern, z. B. Spuren der Hand, belegt sein. Für große Gegenstände oder ein schnelles Arbeiten wendet man Säulen bis zu sechs Ketten an, verbindet sie innerhalb einer geeigneten Auflösung des betreffenden Metalls stets mit dem negativen Pole der Säule und befestigt an dem positiven ein Blech entweder aus demselben Metalle, oder aus Platin, welches man dem Gegenstande

mehr oder weniger nähern kann, jenachdem die Wirkung vermehrt oder vermindert werden soll, wozu man an der Lebhaftigkeit der Wasserstoffentwicklung am Gegenstande einigermaßen einen Maßstab hat.

In jenem Falle löst sich von dem Bleche ebensoviel Metall auf, als sich am Gegenstande niederschlägt, so daß die Auflösung stets ihren Sättigungsgrad behält, in diesem muß sie nach und nach ergänzt werden. — Die verschiedene Färbung des Niederschlages hängt von der Stärke des Stromes, von der Dicke der Schicht und der Methode der Auflösung ab. Man kann glatt und matt oder körnig vergolden. — Sollen einzelne Stellen nicht überzogen werden, so versieht man sie mit einem nicht leitenden Deckgrunde.

Man kann sich statt der galvanischen Ketten oder Säulen auch eines magnetoelektrischen Rotationsapparates, wovon wir später sprechen werden, mit gleichem Erfolge bedienen, nur daß hier die Molekularbewegung bei dem Verbrauche von Zink und Säure durch mechanische Arbeit beim Drehen ersetzt wird.

3) Die Metallocromie. Wir kennen bereits die schönen Farbenscheinungen, welche ganz dünne Schichten eines Körpers darbieten (Bd. II. S. 75, 95). Da man es nun in seiner Gewalt hat, metallische Niederschläge von beliebiger Stärke zu bilden, so kommt es nur noch darauf an, die geeigneten Körper ausfindig zu machen, um auch hier Farben zu erhalten. Kleine Farbenringe erhält man, wenn man mit dem einen Pole eine Silberplatte verbindet, auf sie einige Tropfen von eissigfaarem Blei-, Kupfer- oder Silberoxyd thut und in die Mitte die Spize des anderen Poldrahtes bis an die Platte bringt. — Zu größeren Arbeiten bringt man in eine alkalische Lösung von Bleiglätte von 20 bis 22° Baumé das zu färbende Metall als positiven Pol und dann scheidet sich auf ihm Bleisuperoxyd in wasserfreiem Zustande wie ein zarter Hauch ab, dessen Farbe von der Dicke und dem angewendeten Metalle abhängt; am negativen Pole wird Blei ausgeschieden. Die Farbenfolge bei Gold ist: Orange, Dunkelorange, Perlgrau ins Grünlche, Goldgelb, schwach Roth, prismatisch Roth, Roth ins Violette, Bläulichgrau, schön Grün, Gelbroth, Weinroth, Violett, Dunkelgrün, Grün ins Rothe, Schwarz. — Auf Kupfer ist zwar dieselbe Farbenfolge, nicht aber mit einem gelblichen, sondern mit einem röthlichen Tone, wodurch sie lebhafster werden. — Auf Silber ist anfangs eine grünlich-gelbe Färbung, dann kommen Gelb, Roth, Blau, Grün und noch andere Farben, welche bald sehr dunkel werden. — Das Blei gibt den Farben einen blauen Ton und die blauen und grünlich-blauen Farben werden zu einem herrlichen Ultramarin. Zum Schutz gegen die Veränderungen der Farben durch die Luft überzieht man dieselben mit einem Firniß.

4) Die Elektrotypie enthält die Benutzung der galvanischen Elektrizität für Zwecke der Buch- und Kupferdruckerei, indem von Holz-

schnitten, Stahl- und Kupferplatten und von gravirten Gegenständen jeder Art Druckplatten auf galvanischem Wege hergestellt werden. Da in manchen Fällen dieser Art das Original einer besonderen Behandlung zu unterwerfen ist, hat man dafür verschiedene Benennungen eingeführt: Galvanographie, Glyphographie, Stilographie, galvanische Gravüre.

Die von Kobell in München erfundene Galvanographie macht die Anwendung eines Grabstichels überflüssig und läßt Bilder in der Art der Aquarellgemälde herstellen, wie sie der Künstler selbst auf eine silberplattirte Kupferplatte mit einer enkaustischen Farbe zeichnet, deren Bindemittel eine Auflösung von Wachs und etwas Dammerharz in Terpentinöl ist. Die blanken Stellen des Metalls geben die höchsten Lichter, die dickeren Farbenlagen je nach ihrer Dicke die dunkleren Stellen des durch den Kupferniederschlag erhaltenen Abdruckes.

Die Glyphographie ist von Palmer erfunden und von Ahner u. A. in Deutschland ausgebildet worden. Man überzieht eine geschwärzte polierte Kupferplatte mit einer möglichst dünnen wachsähnlichen Masse recht eben; darauf wird nach irgend einer Baumethode das herzustellende Bild aufgetragen, mittelst besonders geformter Stahlnadeln das von den Linien der Zeichnung bedeckte Wachs bis auf den schwarzen Grund entfernt und endlich auf galvanischem Wege die Kupferschicht zu unmittelbarer Benutzung für den Abdruck hergestellt.

Die Stilographie ist von Schüler erfunden. Man stellt eine Platte aus einer Harzmasse (3 Thl. Shellack, 1 Thl. Stearin) recht eben her, gravirt in dieselbe die Zeichnung, macht ihre Oberfläche durch Silberbronze leitend, nimmt von ihr eine galvanoplastische Matrize und fertigt von dieser die eigentliche Platte zum Drucken.

Bei der Galvanographie wird die zu gravirende Kupferplatte mit dem positiven Pole der Kette innerhalb der Kupfervitriollösung verbunden und ihr als negativer Pol eine blanke Kupferplatte gegenüber gestellt. Die erstere ist mit Azogrund überzogen und nur an den bestimmten Stellen mit der Nadelnadel blosgelegt, so daß sich dort das Kupfer auflöst, indem sich Kupferoxyd bildet und dieses in der freigewordenen Schwefelsäure aufgelöst wird. Das Verfahren ist also gewissermaßen das umgekehrte von der Galvanoplastik.

Zur Aktion für Stahl wird eine Kochsalzlösung, für Silber aber schwefelsaures Natron genommen. Der zu ätzenden Platte kommt immer eine von demselben Metalle gegenüber.

Man hat auch eine Methode, welche man Elektrographie nennt, durch welche man auf rauhem Zink die Schriftzeichen erhaben erhält. Man schreibt oder zeichnet auf die Tafel mit fetter lithographischer Kreide oder Dinte, behandelt sie wie einen lithographirten Stein mit Gummiwasser, Terpentinöl und einem fettigen Firnis, welcher auf der Zeichnung haftet, bringt sie in eine Kupfervitriollösung, stellt ihr nahe gegenüber eine gleichgroße Kupferplatte und verbindet beide Platten durch

einen Kupferdraht. Die Zeichnung erscheint dann in wenigen Minuten als Relief.

Endlich hat man in der Galvanophotographie eine sinnreiche Verbindung von Photographie und Galvanoplastik, um für den Kupferdruck geeignete Platten zur Vervielfältigung photographischer Bilder zu erhalten. Man löst nach den Angaben von Pretsch in 14 Unzen (1 Unze = 480 Gran) Wasser 4 Unzen Galatine auf, dann darin 24 Gran Jodkalium, 84 Gran salpetersaures Silberoxyd und 256 Gran zweifach chromsaures Kali. Eine reine fehlerfreie Glasplatte wird mit dieser Flüssigkeit überzogen und im Finstern getrocknet, dann bedeckt man damit ein photographisches positives Bild und setzt es dem Lichte aus. Dieses verändert das chromsaure Salz nur an den belichteten Stellen, während die Schatten des Originals es je nach ihrer Stärke weniger oder gar nicht angreifen. Wird dann die Glasplatte ins Wasser gethan, so weicht der Leim an den dunkeln Stellen des Bildes auf, schwollt an und bildet nach dem Trocknen entsprechende Erhabenheiten. Von dieser Platte macht man einen Guttaperchaabdruck, von ihm eine galvanoplastische Matrize und auch von dieser auf denselben Wege wieder einen Abdruck, welcher dann zur Vervielfältigung dient und recht gute Bilder gibt.

Die thierische Elektrizität. Wenn der bei den chemischen Thätigkeiten vorkommende Stoffwechsel, bei welchem Stoffe neue Verbindungen eingehen, wesentlich elektrischer Natur ist; so dürfen wir vermuthen, daß auch bei lebenden organischen Wesen, namentlich bei den für einen lebhaften Stoffwechsel eingerichteten Thieren die Elektrizität auch eine Rolle spielen werde. Freilich wird hier im Allgemeinen weniger von einer großen elektrischen Spannung und einer bedeutenden Wirkung nach außen die Rede sein, als von fortwährend thätigen Abgleichungen unendlich kleiner Ströme und nur in seltenen Fällen hat uns die Natur an Thieren einen Verstärkungsapparat gezeigt, welcher gleichsam das Sammelbehältniß für jene kleinen Thätigkeiten ist.

Es gibt nämlich mehrere Gattungen von Fischen, welche die Fähigkeit besitzen, durch das Wasser so bedeutende elektrische Schläge zu ertheilen, daß sie dadurch andere, nicht nur kleinere Thiere, sondern sogar Pferde, welche in ihre Gesellschaft gerathen, zu tödten imstande sind. Merkwürdig ist dabei, daß sie selbst nicht getötet werden, wie andere Fische, wenn man durch das Wasser, in welchem sie sich befinden, elektrische Schläge leitet. Führt man einen sogen. elektrischen Strom durch das Wasser, so nehmen sie gegen diesen eine ganz bestimmte Stellung ein, welche sie wahrscheinlich nicht nur vor einem unangenehmen Gefühl bewahrt, sondern ihnen sogar behaglich ist. Haben diese Fische eine Menge Schläge ertheilt, so werden sie matt und bedürfen einiger Zeit, um wieder in früherer Weise wirksam zu sein, grade wie bei einer trockenen Säule. Und in der That findet sich in diesen Thieren ein

ähnliches Organ, welches beim Zitteraal aus mehr als 400 runden Säulchen besteht, von denen jedes aus (3 bis 4) Millionen Blättchen mit gallertartigen Zwischenräumen zusammengesetzt ist, wie eine Zellensetze, so daß das Ganze mit den hinter und nebeneinander geschichteten Plättchen eine Säulenbatterie bildet und zur Aufnahme einer bedeutenden elektrischen Spannung fähig ist, welche sich durch die Lebenstätigkeit des Thieres in allen Theilen seines Körpers entwickelt. Die Substanz der Plättchen ist die der Ganglienzellen im Hirn und Rückenmark. — Die Richtung des Entladungsschlages ist senkrecht auf die Ebene der Plättchen.

Bei dem Zitterrochen (Torpedo) geht die positive Bewegung im Organe selbst vom Bauche zum Rücken, beim Welse (Silurus) vom Kopfe zum Schwanz, beim Hale (Gymnotus) vom Schwanz zum Kopfe, also im umgebenden Wasser oder einem metallischen Leitungsdrahte vom Kopfe zum Schwanz, beim Frosche von den Füßen zum Kopfe.

Man kann durch diese thierische Elektrizität alle früher angegebenen Wirkungen, wie das Licht, die Zersetzung des Wassers u. a. hervorbringen.

Es ist nachgewiesen, daß in den Muskeln und Nerven aller Thiere und auch des Menschen und selbst in den Theilen eines Muskels oder eines Nervs elektrische Bewegungen vorkommen. Der Nerv ist negativ, die Außenfläche des von ihm berührten Muskels positiv, also geht der positive Strom vom Muskel zum Nerven. Jeder Muskel allein ist schon als aus Molekülen mit den entgegengesetzten Elektrizitäten sehr regelmäßig zusammengesetzt anzusehen, so daß sogar bei einem Querschnitte desselben ein elektrischer Strom von einem äußeren Punkte nach einem mehr nach der Mitte liegenden und bei einem Längsschnitte von der Mitte zum Rande geht. Ein etwas stärkerer Strom geht von einer Stelle eines Längsschnittes zu einer eines Querschnittes, so daß an jenem die positiven, an diesem die negativen Elemente liegen. — Es ist ferner eine That, daß, wenn im Nerv der eine Empfindung (Schrecken, Freude) oder Bewegung vermittelnde Vorgang stattfindet, die elektrischen Bewegungen bestimmte Veränderungen erleiden; die Stromstärke wird durch willkürliche Zusammenziehung eines Muskels gesteigert und außerdem auch Wärme hervorgebracht; die Richtung des Stromes hängt von der Seite des Körpers ab, an welcher eine Muskelzusammenziehung geschieht. Die elektromotorische Kraft wächst mit der Länge und Dicke der Muskeln. Es ist nachgewiesen, daß selbst das Leuchten der Leuchtkäfer unter dem Einfluß ihres Willens und ihres Nervensystems steht und mit, wenn auch äußerst schwachen, elektrischen Erscheinungen verbunden ist.

Wie einzelne Gliedmaßen zeigt auch der ganze menschliche Körper im gesunden Zustande freie positive Elektrizität, welche den Körper von

links nach rechts gewissermaßen umkreiset, wobei eigentlich die linke und vordere Seite (auch jedes Fingers) freie positive, die rechte und hintere freie negative Elektrizität zeigt, wenn man äußerst empfindliche Instrumente (Multiplikatoren) anwendet. — Da gleichgerichtete Ströme einander anziehen, so kann man das oft unwillkürliche und gewissermaßen behagliche Falten der Hände und Schränken der Beine vielleicht darauf zurückführen.

**Physiologisches.** Leben und Elektrizität sind unzertrennlich miteinander verknüpft und unser Organismus gibt uns nur dann die Empfindung des Wohlbefindens, wenn in ihm ein gewisses elektrisches Gleichgewicht vorhanden ist. — Von zwei nur noch mittelst der Nerven am übrigen Körper hängenden Froschschenkeln magert der eine schnell ab, wenn er sich selbst überlassen ist, der andere aber behält noch lange seine Gestalt und vegetirt fort, wenn man ihn täglich elektrisiert. Daraus ergibt sich offenbar, daß auch die Ernährung unseres ganzen Körpers leidet, wenn seine elektrische Thätigkeit gelähmt ist. Dieses kann, glaube ich, auch durch lange anhaltende und einseitige elektrische Einflüsse der Atmosphäre geschehen.

Wenn das Haarfell mancher Thiere, wie der Katzen und Hunde, durch Streicheln statische oder Spannungselektrizität mit Funken zeigt, so ist dieses nicht eine Folge des thierisch-organischen Lebens, sondern nur der mechanischen Bewegung, welche allerdings bisweilen sehr auffallende Resultate erzielen läßt. Ich habe z. B. im Sommer bei trockener Luft an einem zahmen Rehe durch wenige sanfte Striche selbst am Tage lebhafte Funken mit sehr deutlichem Knistern erhalten.

So wie der lebende Organismus selbst eine Quelle von Elektrizität ist, welche sich als solche in äußeren Erscheinungen geltend macht, ebenso kann umgekehrt die außerhalb des organischen Körpers entwickelte Elektrizität auf diesen übergeführt werden und zeigt selbst noch einige Zeit nach dem Absterben desselben seine Wirkungen.

Wenn wir einem Freunde die Hand drücken, entwickelt sich ein elektrischer Strom, ja selbst schon, wenn wir einen Finger krümmen. Hält man z. B. die beiden Zeigefinger grade gemacht in ein Gefäß mit angesäuertem Wasser, in welchem sich die Enden eines Leitungsdrahtes mit einem Widerstande von mehreren hundert Meilen Telegraphendraht befinden, so zeigt sich in diesem keine Elektrizität; sowie man aber den einen Finger mit einer gewissen Muskelanstrengung krümmt, so erscheint sie. — Umgekehrt aber kann man sowohl an dem lebenden, als auch an dem soeben abgestorbenen Körper alle beliebigen Muskelbewegungen, selbst wider den Willen des Lebenden hervorbringen, wenn man nur die Poldrähte einer geschlossenen Säule an die richtigen durch die Anatomie uns angezeigten Stellen legt. Es ist ein wahrhaft Entsetzen erregender Anblick, nicht nur in dem Gesichte einer Leiche die Ausdrücke aller Gemüthsbewegungen, sondern auch am ganzen Körper die heftigsten

Zuckungen hervorgebracht, ja selbst das Stimmorgan wie durch einen Zauber in Thätigkeit gesetzt wahrzunehmen.

Da die Elektrizität chemische Zersetzung bewirkt, so ist es auch natürlich, daß sie auf unseren Geschmack und Geruch wirkt, indem sie die Feuchtigkeiten der Schleinhäute zerstört. Bringt man also einen Kupferstreifen und einen Zinkstreifen, den einen unter, den anderen über die Zunge und äußerlich mit einander in Berührung, so empfindet man einen säuerlichen und brennenden Geschmack. Läßt man auf die Zunge nur ein Metall einwirken, indem man in der Nähe ihrer Spitze auf oder unter sie und an das Zahnsfleisch oder eine andere Stelle des Körpers das andere Metall legt, so gibt beim Schließen der Kette das positive Metall einen säuerlichen, das negative einen alkalischen (laugenhaften) Geschmack. — Daher schmeckt Wein, aus einem Metallgefäß getrunken, anders, als aus einem Glase und Wasser bekommt aus einem zinnernen Becher auf einer Silberplatte, welche man mit der feuchten Hand berührt, einen Beigeschmack. — Der positive Pol bewirkt in der Nase einen säuerlichen Geruch und der negative reizt zum Niesen.

Auch subjektive Lichterscheinungen, welche eine Folge der in Schwingungen versetzten Nervenhaut des Auges sind, können leicht hervorgebracht werden, wenn man eine feuchte Silberplatte auf das Augenlid des geschlossenen Auges und eine Zinkplatte an das Zahnsfleisch legt oder in die feuchte Hand nimmt und die beiden Metalle äußerlich in Berührung bringt. Durch eine größere Kette oder Säule wird die Erscheinung natürlich stärker.

Da, wie wir bereits wissen, die Empfindung des Lichtes unabhängig ist von einer äußerlichen Lichtquelle und nur durch die Schwingungen der Nervenhautstäbchen hervorgebracht ist, so muß die Schwingungszahl der elektrischen Bewegungen, welche hier unmittelbar auf das Gesichtsorgan einwirken, mindestens ebenso groß sein, als beim Lichte. Da der Umstand, daß das unsichtbare ultraviolette Licht, zu welchem mehr Schwingungen, als zum Violett gehören, ebenfalls chemisch wirkt und zwar durch seine Schwingungen, wie die Elektrizität, möchte die Behauptung rechtfertigen,

dass zur Elektrizität eine größere Schwingungszahl gehört, als selbst zum Lichte.

Auch auf das Gehör wirkt die elektrische Bewegung, denn bringt man in das eine feucht gemachte Ohr den einen Poldraht und ergreift man den anderen mit nasser Hand, so hört man ein eigenthümliches Summen.

Endlich sind die auch durch die dynamische Elektrizität erhaltenen Erschütterungen wichtig. Bei der Abgleichung der statischen Elektrizität erfolgte nur ein Schlag, welcher uns vorzüglich an den Stellen, wo die einzelnen Glieder aneinandergefügt sind, empfindlich ist, weil dort neue Uebergänge behufs der weiteren Leitung nothwendig sind. Bei

der dynamischen Elektrizität aber wechseln Ladung und Entladung in rascher Auseinanderfolge. Je nach der Beschaffenheit der Elektromotoren, der Ausdehnung der Kette oder Säule und der Leitungsfähigkeit des Schließungsbogens sind diese Schläge und Erschütterungen sehr verschieden. Wählt man induzierte Elektrizität, so hat man selbst für einen bestimmten Induktorapparat die Stärke dieser Wirkungen ganz in seiner Gewalt, was für medizinische Zwecke besonders wichtig ist.

Wenn man bei einem soeben getöteten Frosche an einem Schenkel Muskel und Nerv bloßlegt, den einen mit Kupfer, den anderen mit Zink berührt und nun die Kette schließt; so gerath der Schenkel in die heftigsten Zuckungen, weil durch ihn die elektrische Bewegung geht. Baut man eine Säule und berührt man mit einem nassen Finger jeder Hand die beiden Pole, so empfindet man um so heftigere Erschütterungen, je mehr Glieder die Kette hat, die Größe der Platten ist aber ohne Einfluß. Man kann die Wirkung auf den Körper bei einer bestimmten Säule aber dadurch verstärken, daß man an die Poldrähte metallene Zylinder anbringt und diese mit den ganzen durch angesäuertes Wasser naß gemachten Händen erfaßt. Man kann auch die Poldrähte in ein Becken mit gesäuertem Wasser leiten und in dieses die Hände flach legen. — Trockene Konduktoren erregen die Haut schmerhaft und bringen namentlich an Wunden ein Brennen hervor; feuchte Schwämme thun dies viel weniger und erregen doch die darunter liegenden Muskeln und Nerven bedeutend; auch wenn sich die Konduktoren in eine Art Bürste endigen, ist die Wirkung kräftiger. — Die Leitungsfähigkeit der verschiedenen Theile des Körpers ist verschieden: die Nerven leiten schlechter, als die Muskeln; aber besser, als die Knochen. — Bei sehr reizbaren Menschen bewirken selbst dieselben Metalle, wenn sie nur sonst eine Verschiedenheit darbieten, schon Zuckungen. Auch manche Thiere sind sehr empfindlich: berührt z. B. ein Blutegel auf einer Zinkplatte eine daraufliegende Silbermünze, so fährt er erschrocken zurück. Wenn man Doppelringe aus zwei verschiedenen Metallen um Bäume legt, so kriechen Raupen darüber nicht weg.

Es dürfte nach dem Gesagten wohl nicht schwierig sein, zu erkennen, daß die Benutzung der Elektrizität zu medizinischen Zwecken nicht zu den bloßen Hirngespinsten gehört. Freilich kommt es nicht blos darauf an, sie schlechtweg anzuwenden, sondern vorzüglich auf die Wahl der Art von elektrischen Strömen, auf ihre Richtung und Stärke, auf die Stellen, welche mit den Polen in Verbindung zu bringen sind, und auf die Krankheitsformen. Es gehören zu einer richtigen Erkenntniß nicht blos physikalische, sondern auch genaue anatomische und physiologische, die Bedingungen des Stoffwechsels aufklärende Kenntnisse. Es ist also auch kein Wunder, wenn die Anwendung von elektrischen Kuren bisweilen nicht nur keine, sondern sogar nachtheilige Folgen gehabt hat und daß es leider noch nicht viele Aerzte gibt, denen man sich

in dieser Beziehung ohne Besorgniß anvertrauen darf. Auf Gymnasien kann ja die Physik bekanntlich nur höchst oberflächlich gelehrt werden und aus Realschulen gehen Aerzte selten hervor. — Ebenso unschädlich als unwirksam sind freilich so manche seitgebotene, angeblich durch Elektrizität wirkende Mittel. Aber das ist doch nicht zu leugnen, daß die Elektrizität auf unsere Nerven und durch sie auf den Stoffumsatz, auf die Empfindung und Bewegung wirkt. Sie erhält die Ernährung der Muskeln aufrecht, wie wir sogar schon an dem Froschpräparate erkannt haben, oder sie stellt ihre unterdrückte willkürliche Bewegung wieder her.

Die Krankheitsformen, in denen die Elektrizität in ihrer richtigen Anwendung Hilfe bringen kann, sind demnach ziemlich verschieden: sie kann entzündliche Ausschwüngen, rheumatische Schwiegen u. a. durch Einleitung der Resorption frankhafter Neubildungen verhindern, sie kann Gesichtsreizzen, Zahns- und Kopfschmerzen, rheumatische Schmerzen, das Bröckeln in den Gliedern beseitigen, Empfindungslosigkeit aufheben, Muskelkrämpfe stillen, Lähmungen von willkürlichen und unwillkürlichen Muskeln in die normale Thätigkeit verwandeln, ja sogar Scheintodte ins Leben zurückrufen durch ihren kräftigen Reiz auf die Empfindungsnerven und die Thätigkeit der Atemungsmuskeln.

## Fünfter Abschnitt.

### Vom Magnetismus.

Man findet an sehr verschiedenen Orten der Erde ein bräunlich-schwarzes Eisenerz, welches die merkwürdige Eigenschaft besitzt, nachdem es von seinem Fundorte an die Erdoberfläche gebracht worden ist, leicht bewegliche Eisenstückchen, namentlich frische Eisenfeilspäne anzuziehen und dieselben festzuhalten. Wälzt man ein Stück solchen Eisenerzes in den Eisenfeilspänen herum, so setzen diese sich in ganz besonderer Menge an zwei einander gegenüber liegenden Stellen an. Solches Erz wird Magnetstein und die Kraft, zufolge welcher es diese Anziehung äußert, Magnetismus genannt.

Hängt man einen solchen Magnetstein an einem Faden frei auf und ist in seiner Nähe Eisen nicht vorhanden, so nimmt er nach einigen Schwankungen eine feste und solche Lage an, daß von den beiden Stellen der stärksten Anziehung die eine ziemlich nach Norden und die andere nach Süden liegt. Aus diesem Grunde nennt man jene den Nordpol, diese den Südpol. Statt den Stein aufzuhängen, kann man ihn auf Quecksilber legen oder auf Wasser mittelst eines Brettchens,