

**Sammlung**  
**gemeinverständlicher**  
**wissenschaftlicher Vorträge**

herausgegeben von

**Rud. Virchow und Fr. v. Holzendorff.**

**Heft 9.**

---

Berlin, 1866.

C. G. Lüdewig'sche Verlagsbuchhandlung.

A. Charisius.

Von den  
**elektrischen Erscheinungen.**

---

Nach drei im Berliner Handwerker-Verein im April 1866  
gehaltenen Vorträgen.

Von  
**Dr. J. Rosenthal.**

---

Berlin, 1866.

C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.  
A. Charisius.

Sammlung

elektrischen Erscheinungen

wissenschaftlicher Vorträge

Stück drei im Berliner Jahresbericht für die Jahre 1886  
gehaltener Vorträge

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

Dr. J. Wolfenbüchel

Leipzig

Verlag 1886

U. G. Verlags- und Druckanstalt

in Leipzig

Verlag



Je größere Fortschritte die Naturwissenschaften in der Erkenntniß der Thatsachen und ihres Zusammenhanges machen, desto einfacher werden die Vorstellungen von den den Thatsachen zu Grunde liegenden Ursachen. Während man früher zur Erklärung fast jeder Gruppe von Erscheinungen einen eigenen Stoff annahm, z. B. den „Wärmestoff“, den man als unwägbar ansah, oder früher noch das s. g. „Phlogiston“, welches gar eine negative Schwere haben sollte, so daß durch sein Vorhandensein die anderen mit ihm verbundenen Körper leichter werden sollten, gelangt man jetzt immer mehr und mehr zu der Erkenntniß, daß alle Erscheinungen der Natur zurückzuführen seien auf Bewegungen der kleinsten Theilchen, aus denen alle Materie zusammengesetzt ist.

Die Erscheinungen, von denen ich Sie jetzt zu unterhalten gedenke, sind von diesem Ziele noch weit entfernt. So genau sie auch im Einzelnen erforscht sind und so großartige Erfolge sie auch in praktischer Beziehung herbeigeführt haben, zu ihrer Erklärung sind wir genöthigt, eine Annahme („Hypothese“ nennen es die Gelehrten) zu machen, für deren Richtigkeit wir keine Beweise haben, welche eben nur dazu erfunden ist, die ganze Reihe von Erscheinungen unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt zu bringen. Solche Annahmen haben daher hauptsächlich einen Werth als Unterrichtsmittel, sie dienen dazu, die Auffassung der Erscheinungen zu erleichtern und man verläßt

sie, sobald sie sich ungenügend erweisen, oder sobald man einfachere und darum bessere gefunden hat.

Nach der in Rede stehenden Annahme nun giebt es zwei äußerst feine, leicht bewegliche Flüssigkeiten, welche so fein sind, daß wir sie selbst mit den schärfsten Waagen nicht zu wägen im Stande sind, auf deren Dasein wir jedoch aus ihren Wirkungen schließen. Diese Flüssigkeiten nennen wir die positive und die negative Elektrizität. Jede von ihnen hat die Eigenschaft, daß sie die ihr gleichnamige abstößt, die ungleichnamige dagegen anzieht, und diese Anziehung und Abstoßung geschieht im umgekehrten Verhältniß des Quadrates der Entfernung, d. h. wenn zwei elektrische Flüssigkeiten doppelt oder dreimal so weit von einander entfernt sind, so wirken sie nur mit  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{9}$  der Kraft auf einander abstoßend oder anziehend, als wenn sie in der einfachen Entfernung von einander sich befinden.

Diese beiden Flüssigkeiten sind überall vorhanden, wo stoffliche Materie sich befindet, sie haften an den kleinsten Theilchen der Materie, können jedoch sowohl von Theilchen zu Theilchen eines und desselben Körpers als auch von einem Körper auf einen anderen übergehen. Für gewöhnlich nun sind diese beiden Flüssigkeiten in den Körpern in gleichen Mengen vorhanden, und daraus folgt, daß sie dann keine merkliche Wirkung nach außen hin ausüben können. Wir nennen dann die Körper neutral-elektrisch oder unelektrisch. Wenn aber die eine der beiden Flüssigkeiten in größerer Menge in einem Körper vorhanden ist, als die andere, so macht sich ihre stärkere Wirkung geltend, und wir nennen dann den Körper elektrisch und zwar positiv elektrisch, wenn die positive, negativ elektrisch, wenn die negative Flüssigkeit im Ueberschuß vorhanden ist.

Unter den Mitteln, eine solche ungleiche Vertheilung der



elektrischen Flüssigkeiten zu bewirken, nimmt den ersten Rang ein die Reibung. Reiben wir eine Siegellackstange mit einem wollenen Lappen und berühren dann mit der Stange ein leichtes an einem Seidenfaden aufgehängtes Kügelchen von Hollundermark, so finden wir, daß das Kügelchen von der Stange zuerst angezogen, sobald es dieselbe berührt hat, aber sofort lebhaft abgestoßen wird. Diese letztere Abstoßung kann offenbar nur daher rühren, daß die Siegellackstange dem Kügelchen einen kleinen Theil ihrer durch die Reibung erhaltenen Elektrizität abgegeben hat, und daß nun die gleichnamigen Elektrizitäten in der Stange und dem Kügelchen sich gegenseitig abstoßen. Da das Kügelchen sehr leicht und frei beweglich aufgehängt ist, so führt die elektrische Flüssigkeit die stofflichen Theilchen, an denen sie haftet, mit sich, und so wird uns die Abstoßung zwischen den an sich unsichtbaren elektrischen Flüssigkeiten sichtbar durch die Bewegung der sichtbaren Materie.

Reiben wir jetzt eine Glasstange und berühren mit ihr ein zweites eben so aufgehängtes Hollundermarkkügelchen, so sehen wir ganz dieselben Erscheinungen, als vorhin mit der Siegellackstange. Auch die Glasstange wird durch Reibung elektrisch, auch sie theilt dem Kügelchen bei der Berührung einen Theil ihrer Elektrizität mit und die nun in Stange und Kügelchen enthaltenen gleichnamigen Elektrizitäten stoßen einander ab. — Nähern wir jetzt aber die Glasstange dem ersten mit der Siegellackstange berührten Kügelchen, so wird dies angezogen und ebenso wird das mit der Glasstange berührte Kügelchen von der Siegellackstange angezogen. Wir schließen daraus, daß die Elektrizitäten, welche in der Glasstange und der Siegellackstange erregt wurden, ungleichnamig sind und wir nennen die im Glas erregte die positive oder Glas-Elektrizität und die im Siegellack erregte die negative oder Harz-Elektrizi-

tät. In der That werden die Harze alle, wie der Siegellack, durch Reibung negativ elektrisch. Zu diesen Harzen gehört auch der Bernstein, an welchem die Erscheinung zuerst beobachtet wurde. Nach dem griechischen Namen des Bernsteins (Elektron) hat man daher das ganze Gebiet der Erscheinungen benannt.

Nähert man die beiden Kügelchen, von denen das eine mit dem Glase, das andere mit dem Siegellack berührt worden ist, einander, so ziehen sie sich gleichfalls, da sie mit ungleichnamigen Elektricitäten beladen sind, einander an. Im Augenblick der Berührung aber fallen sie sofort wieder auseinander und erweisen sich nun als unelektrisch. Die beiden ungleichnamigen Elektricitäten haben sich mit einander vereinigt und die Kügelchen enthalten daher beide Elektricitäten wieder in gleichen Mengen, sind also unelektrisch.

Wir reiben nun eine Glasstange und ein straff ausgespanntes Seidenband an einander und berühren von den beiden wieder unelektrisch gewordenen Kügelchen das eine mit der Glasstange, das andere mit dem Seidenband. Beide erscheinen wieder elektrisch und zwar wird das mit der Glasstange berührte Kügelchen von dieser abgestoßen, von dem Bande dagegen angezogen. Das Umgekehrte ist mit dem anderen Kügelchen der Fall. Wir sehen also, daß die beiden an einander geriebenen Körper beide elektrisch werden, daß aber beide entgegengesetzte Elektricitäten erhalten. Dieser Satz gilt stets, sobald zwei Körper an einander gerieben werden und wir lernen daraus, daß durch die Reibung keine Elektricität erzeugt wird, sondern daß nur eine anderweitige Vertheilung der beiden elektrischen Flüssigkeiten zu Stande kommt, so daß in dem einen ein Ueberschuß von positiver, im anderen ein Ueberschuß von negativer Elektricität sich anhäuft.



Reibt man eine Metallstange, die man in der Hand hält, mit Wolle, so kann man in derselben keine Spur von Elektrizität nachweisen. Befestigt man die Metallstange jedoch an einer Handhabe von Glas oder Siegellack, oder umwickelt man sie da, wo sie angefaßt wird, mit Seide, und reibt sie dann, so wird sie stark elektrisch und man kann alle die Erscheinungen an ihr beobachten, welche wir von der Glasstange oder Siegellackstange kennen gelernt haben. Berührt man sie aber an irgend einem Punkte mit der Hand, so ist sofort alle Elektrizität von ihr entwichen.

Wenn wir ferner eine Siegellack- oder Glasstange an einem Ende reiben und dann eine andere nicht geriebene Stelle mit Hülfe des Hollundermarkflügelschens prüfen, so finden wir sie ganz unelektrisch. Reiben wir dagegen eine an einer Handhabe von Glas befindliche Metallstange an einer beschränkten Stelle und prüfen sie dann an einer beliebigen anderen, so erweist sie sich dort auch elektrisch. Die beiden Körper, Glas und Metall, erweisen sich also in ihrem Verhalten gegen die elektrischen Flüssigkeiten ganz verschieden. Bei dem einen, dem Metall, geht die an einer Stelle erregte Elektrizität sehr leicht von einem Theilchen zum anderen, sie verbreitet sich sofort über den ganzen Körper; bei dem anderen, dem Glas, findet der Uebergang der Elektrizität von einem Theilchen zum anderen einen Widerstand, die Ausbreitung geschieht daher sehr langsam oder gar nicht. Man nennt deshalb die Metalle Leiter der Elektrizität, das Glas dagegen, den Siegellack u. dgl. Nichtleiter oder Isolatoren. Auch der menschliche Körper ist ein Leiter. Eine mit der Hand berührte Metallstange giebt daher sofort ihre ganze Elektrizität an den Erdboden ab; ist dagegen die Metallstange an einem Nichtleiter befestigt, so findet die Elektrizität eine Grenze, über welche sie nicht hinaus kann, sie



bleibt in dem Metall. Man muß daher die Metalle, mit denen man Versuche anstellen will, auf Glas oder Siegellack befestigen, oder an seidenen Schnüren aufhängen, wie der Kunstausdruck ist, isoliren. Die Luft ist natürlich gleichfalls ein Nichtleiter, da sonst alle Elektrizität durch sie sofort abgeleitet würde. Sie ist es aber nur, wenn sie trocken ist, in feuchter Luft verlieren daher alle Körper schnell ihre Elektrizität. Dies ist der Grund, weshalb in Hörsälen, wo durch das Zusammensein vieler Menschen und das Brennen von Flammen stets viel Wasserdampf der Luft beigemischt wird, die Anstellung elektrischer Versuche so schwierig ist.

Bei der Leichtigkeit der Bewegung innerhalb der leitenden Substanzen stoßen die elektrischen Theilchen einander ab, bis sie an die Oberfläche gelangen, wo sie wegen der nichtleitenden Luft nicht weiter können. Es sammelt sich daher die ganze in einem Leiter vorhandene Elektrizitätsmenge auf der Oberfläche und bildet dort eine sehr dünne Schicht. Je größer die in einem Körper angehäuften Elektrizitätsmenge ist, desto dichter ist diese Schicht, mit desto größerer Kraft streben die sich gegenseitig abstoßenden Theilchen nach Außen. Man nennt dies die Spannung der Elektrizität. Ist die Spannung sehr groß, so entweicht die Elektrizität trotz des Widerstandes der umgebenden Luft. Daher kann man einen jeden Körper nur bis zu einer gewissen Grenze mit Elektrizität laden, welche Grenze von der Beschaffenheit des Körpers und seiner Umgebung abhängt.

Nähert man einem beispielsweise mit positiver Elektrizität geladenen Körper einen anderen isolirten Leiter, so zieht die freie Elektrizität des ersteren die ihr ungleichnamige Elektrizität des zweiten an und stößt die gleichnamige ab. Die neutrale Elektrizität des zweiten Körpers wird also unter dem Einfluß der Elektrizität des ersten Körpers in ihre Bestand-

theile zerlegt, die positive Elektrizität häuft sich in dem vom ersten Körper abgewandten Ende, die negative in dem ihm zugewandten Ende an. Entfernt man die Körper wieder von einander, so vereinigen sich die geschiedenen Elektrizitäten des zweiten Körpers wieder und der Körper wird wieder unelektrisch. Wenn man jedoch den zweiten Körper, während er noch unter dem Einfluß des ersten steht, mit dem Finger berührt, so entweicht die positive Elektrizität in den Erdboden, die negative dagegen, welche von der positiven des ersten Körpers festgehalten oder, wie man sich ausdrückt, gebunden wird, kann nicht entweichen. Hebt man nun die Verbindung mit dem Erdboden auf und entfernt dann beide Körper von einander, so ist der zweite durch die Einwirkung des ersten mit Elektrizität geladen, ohne daß der erste von der seinigen das Mindeste eingebüßt hätte. Man nennt dies die Elektrizitätserregung durch Vertheilung.

Bei dem geschilderten Verfahren erhält der zweite Körper stets die entgegengesetzte Elektrizität, wie der erste. Man kann aber auch beide Elektrizitäten getrennt erhalten. Nehmen wir drei Körper, A, B, C, von denen A mit positiver Elektrizität geladen, B und C unelektrisch seien. Wir stellen sie alle drei in einer Linie auf, doch so, daß B und C sich berühren, während A in kleiner Entfernung von B steht. Durch die positive Elektrizität von A wird nun in den beiden andern Körpern die neutrale Elektrizität vertheilt. Die negative Elektrizität wird angezogen, sie häuft sich daher in B an, die positive dagegen wird abgestoßen und sammelt sich in C. Entfernen wir nun B und C ein wenig von einander, so können die geschiedenen Elektrizitäten sich nicht wieder vereinigen, B und C sind durch Vertheilung geladen. Sobald wir aber beide auch nur für einen Moment in Berührung bringen, vereinigen sich die Elektrizitäten und beide sind wieder unelektrisch.



Auf der vertheilenden Wirkung der Elektricität beruhen eine große Zahl von Erscheinungen und Apparaten, von denen wir einige der wichtigsten kurz erwähnen wollen. Zunächst ist zu bemerken, daß die Anziehung unelektrischer Körper durch elektrische nur durch Vertheilung zu Stande kommt. Wir haben gleich beim ersten Versuche beobachtet, daß die durch Reibung elektrisch gemachte Siegellackstange das unelektrische Hollundermarkflügelchen anzieht, dann aber sofort nach der Berührung abstößt. Die erste Anziehung nun kommt folgender Maassen zu Stande. Die negativ elektrische Siegellackstange vertheilt die natürlichen Elektricitäten des Kugelhens, sie zieht die positive an und stößt die negative ab. Da nun die positive Elektricität des Kugelhens jetzt der Stange näher ist, als die negative, so überwiegt die Anziehung der ersteren über die Abstoßung der letzteren und das Kugelchen wird angezogen. Sobald jedoch die Berührung erfolgt, vereinigt sich die positive Elektricität des Kugelhens mit einem gleichen Theil negativer Elektricität des Siegellacks, das Kugelchen behält jetzt einen Ueberschuß negativer Elektricität und wird von der Siegellackstange abgestoßen.

Auf ähnlichen Vorgängen beruht auch die Ansammlung größerer Elektricitätsmengen durch die Elektrisirmaschinen. Eine Glasscheibe wird durch Drehung zwischen zwei mit einem Amalgam (d. h. einer Verbindung irgend eines Metalls mit Quecksilber) bestrichenen Lederkissen gerieben und dadurch positiv elektrisch, während das Reibzeug negativ elektrisch wird. Die negative Elektricität des Reibzeugs wird zur Erde abgeleitet. Die positiv gewordene Stelle der Glasscheibe aber gelangt bei der Drehung an eine Stelle, wo ihr sehr nahe ein mit Spitzen versehener Fortsatz einer großen isolirten Metallkugel (des s. g. Conductors) gegenübergestellt ist. Durch die vertheilende

Wirkung der Glascheibe häuft sich in den Spitzen die negative Elektrizität des Conductors an und erlangt eine solche Spannung, daß sie den Widerstand der dünnen Luftschicht überwindet und sich mit der positiven Elektrizität der Glascheibe verbindet. Diese wird also wieder unelektrisch, durch die fortwauernde Reibung jedoch von neuem elektrisch gemacht. Im Conductor dagegen sammelt sich die positive Elektrizität an.

Ist die Spannung der Elektrizität auf dem Conductor so groß geworden, daß sie durch den Widerstand der Luft nicht mehr zurückgehalten wird, so kann der Conductor natürlich ferner keine Elektrizität aufnehmen, so viel man auch ihm zuführe. Stellt man jedoch dem Conductor gegenüber einen anderen auf, welcher mit der Erde in leitender Verbindung steht, so zieht die positive Elektrizität des ersten Conductors die negative des zweiten an und stößt die positive ab, welche nach der Erde entweicht. Die beiden entgegengesetzten Elektrizitäten in den beiden Conductoren ziehen eiander so an, daß dadurch ihre Spannung nach Außen hin wesentlich verringert wird. Deswegen ist es möglich, dem ersten Conductor viel mehr Elektrizität zuzuführen, als sonst der Fall wäre. Diese gegenseitige Bindung der beiden Elektrizitäten — wie es die Physiker nennen — tritt am vollkommensten ein, wenn man den Conductoren die Gestalt möglichst großer Flächen giebt, welche einander parallel möglichst nahe zusammen stehen. Damit aber die sich anziehenden Elektrizitäten sich nicht vereinigen können, schiebt man einen guten Isolator, z. B. eine Glasafel, dazwischen. So entsteht ein Apparat, welchen man nach seinem Erfinder eine Franklin'sche Tafel nennt, eine Glasplatte, welche auf beiden Seiten mit dünn gewalztem Zinn (s. g. Stanniol) beklebt ist. Man kann auch die beiden Flächen krümmen, dann entsteht eine Kleist'sche oder Leydener Flasche, eine Glasflasche,



welche innen und außen mit Stanniol beklebt ist; die innere Belegung steht durch einen Draht mit einem über die Flasche hervorragenden Knopf in Verbindung, durch welchen man der inneren Belegung Elektrizität zuführt, während man die äußere mit dem Erdboden in leitende Verbindung setzt.

Wenn man die innere und äußere Belegung einer solchen Flasche durch einen Leiter verbindet, so vereinigen sich die entgegengesetzten Elektrizitäten wieder und die Flasche ist entladen. Der Leiter wird dabei von einem elektrischen Strom durchflossen. Schaltet man den menschlichen Körper in den Kreis der Leitung ein, so folgt eine Zusammenziehung der vom Strom getroffenen Muskeln, und eine Erregung der Gefühlsnerven, welche man als elektrischen Schlag empfindet. Unterbricht man den Leitungsdraht an einer Stelle, so können die beiden Elektrizitäten sich durch die Luft hindurch vereinigen. Diese Vereinigung geschieht unter den Erscheinungen des Lichtes und Schalles. In die Unterbrechungsstelle eingeschaltete Stücke von Pappe, Holz, Glas u. dgl. werden durchbohrt oder zertrümmert, brennbare Körper werden entzündet, kurz wir beobachten im Kleinen sämtliche Erscheinungen des Blitzes. In der That ist der Blitz Nichts als eine elektrische Entladung zwischen einer mit Elektrizität geladenen Wolke und der durch Vertheilung entgegengesetzt elektrisch gewordenen Erdoberfläche, oder zwischen zwei mit entgegengesetzten Elektrizitäten geladenen Wolken. Die Wirkung des Blitzableiters aber beruht darauf, daß die durch Vertheilung nach der Spitze des Blitzableiters hingezogene Elektrizität sich mit der entgegengesetzten in der Wolke schon bei einer geringeren Spannung vereinigt und so die heftige Entladung verhütet wird.

Eine interessante Anwendung der vertheilenden Wirkung der Elektrizität hat Herr Holtz, ein hierselbst lebender Privatmann, in der nach ihm benannten „Holtz'schen Maschine“

gemacht, mit Hülfe deren man sehr heftige Elektrizitätsentladungen erhalten kann. Eine Glascheibe ist mit mehreren Ausschnitten versehen, in welchen spitz zugeschnittene Zacken von sogenanntem vegetabilischem Pergament angebracht sind. Indem man diesen durch Berührung mit einer geriebenen Glasstange oder dergleichen eine kleine Elektrizitätsmenge mittheilt, und dann eine der ersten Glascheibe sehr nahe stehende zweite Scheibe in sehr schnelle Drehung versetzt, wird in dieser die Elektrizität vertheilt, die positive und negative häufen sich an verschiedenen Stellen der Glascheibe an, werden dort durch Einsauger aufgenommen und den Belegungen einer Leydener Flasche zugeführt, durch deren Entladung man alle erwähnten Wirkungen in heftigster Weise erhalten kann.

Die Reibung ist nicht das einzige Mittel, durch welches die natürlichen Elektrizitäten der Körper geschieden werden können, auch die Berührung allein kann schon in dieser Weise wirken. Besonders ist es die Berührung der Metalle mit Flüssigkeiten, durch welche eine Scheidung der Elektrizitäten zu Stande kommt. Tauchen wir zwei verschiedene Metalle, z. B. ein Zinkblech und ein Kupferblech in ein Glas, welches mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist, so geht die positive Elektrizität von dem Zink durch die Schwefelsäure zum Kupfer, die negative Elektrizität von dem Kupfer durch die Schwefelsäure zum Zink. Auf dem hervorragenden Ende des Kupfers sammelt sich daher freie positive, auf dem hervorragenden Ende des Zinkes sammelt sich freie negative Elektrizität an. Eine solche Vorrichtung nennt man ein galvanisches Element oder eine galvanische Kette nach dem italienischen Anatomen Galvani, welchem wir die erste Kenntniß der hier in Rede stehenden Thatsachen verdanken, obgleich die richtige Erklärung



derselben nicht von ihm, sondern von seinem berühmten Landsmann Alessandro Volta gegeben wurde.

Die hervorragenden Metallenden der Kette nennt man ihre Pole und zwar bezeichnet man das Kupfer als den positiven, das Zink als den negativen Pol der Kette. Verbindet man die Pole durch einen Draht, so vereinigen sich die entgegengesetzten Elektricitäten. Da jedoch die Ursache der Scheidung der natürlichen Elektricitäten, die Berührung der beiden Metalle mit der Flüssigkeit, fortwirkt, so strömt fortwährend positive Elektricität von dem Kupfer durch den Draht zum Zink und vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer, und umgekehrt strömt fortwährend negative Elektricität von dem Zink durch den Draht zum Kupfer und vom Kupfer durch die Flüssigkeit zum Zink. Dieses Kreisen der beiden Elektricitäten in entgegengesetzter Richtung nennt man einen elektrischen Strom, und zwar ist dieser Strom ein dauernder zum Unterschied von den Strömen der Leydener Flasche, wo die auf den Belegungen angehäuften Elektricitäten sich mit einem Schlage entladen. Um zu wissen, in welcher Richtung die Elektricitäten sich bewegen, ist es nöthig, zu merken, welches Metall den positiven Pol bildet. In unserer Vorrichtung ist dies das Kupfer. Von diesem geht die positive Elektricität aus, und da nothwendiger Weise die negative Elektricität in entgegengesetzter Richtung sich bewegt, so sagt man, der elektrische Strom fließt vom Kupfer durch den Draht zum Zink und vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer.

Die Elektricitätsmenge, welche bei einer Vorrichtung der beschriebenen Art in Bewegung gesetzt wird, ist nur gering. Man kann dieselbe aber verstärken, wenn man mehrere Elemente so mit einander verbindet, daß immer das Kupferende des einen mit dem Zinkende des nächsten verbunden wird.

Man nennt dies eine zusammengesetzte Kette von mehreren Elementen. Im ersten Element bleibt dann ein Zinkende, im letzten ein Kupferende frei, welche die Pole der zusammengesetzten Kette bilden. Verbindet man diese durch einen Leitungsdraht, so bewegen sich durch diesen die gesammten in allen Elementen frei gewordenen Elektrizitäten, wodurch man also sehr starke Ströme erhalten kann.

Trennt man den die Pole verbindenden Leitungsdraht in zwei Theile, so ist der Strom unterbrochen, sobald diese Theile durch einen nichtleitenden Körper getrennt sind. Durch Einschaltung verschiedener Körper zwischen die Drähte kann man den Strom durch dieselben leiten und seine Wirkungen studieren. Einen Theil dieser Wirkungen wollen wir jetzt einer genaueren Betrachtung unterwerfen.

Wie Ihnen bekannt sein wird, kommt in der Natur ein Körper vor, welcher die Eigenschaft hat, Eisen anzuziehen. Man nennt ihn Magneteisenstein. Durch Bestreichen mit diesem Magneteisenstein erhält Stahl dieselbe Eigenschaft und kann sie wieder an anderen Stahl übertragen. Hat man einen solchen Stahlmagneten in Form einer Nadel, welche auf einer Spitze leicht drehbar aufgestellt ist, so bemerkt man, daß die Nadel stets eine ganz bestimmte Lage einnimmt, wobei ihr eines Ende nach Norden, das andere Ende nach Süden gerichtet ist. Leitet man nun den Strom der galvanischen Kette an dieser Nadel vorbei, indem man den Draht parallel über oder unter der Nadel hält, so bemerkt man, daß die Nadel ihre gewöhnliche Lage verläßt und mit ihrem Nordende entweder nach Osten oder nach Westen abweicht, bis sie in einer bestimmten Lage zur Ruhe kommt. Unterbricht man den Strom, so kehrt die Nadel wieder in ihre natürliche Lage zurück.

Eine solche Nadel kann uns daher als Erkennungszeichen



dienen, ob ein elektrischer Strom vorhanden ist. Wenn der Strom aber sehr schwach ist, so ist auch die Ablenkung der Nadel nur gering und kaum sichtbar. Man kann sie dann aber stärker machen, indem man den Leitungsdraht des Stromes mehrmals um die Nadel herumgehen läßt, indem man den Draht auf einen Rahmen aufwickelt, in dessen Innerem die Nadel leicht drehbar schwebt. Damit der Strom jedoch nicht quer von einer Windung zur anderen gehen kann, sondern wirklich nach einander alle Windungen durchlaufe, ist es nöthig, den Draht in eine isolirende Hülle einzuschließen. Man erreicht dies, indem man den Draht mit Seide bespinnt. In diesem Falle ist die Wirkung des Stromes auf die Nadel vervielfältigt; man nennt daher ein solches Instrument einen Multiplikator. An der Nadel kann man noch zu größerer Bequemlichkeit einen Zeiger anbringen, welcher außerhalb des Rahmens über einer Theilung spielt und so den Stand der im Inneren befindlichen Magnetnadel anzeigt.

Verbindet man einen solchen Multiplikator mit der Kette und ändert dann die Verbindung so, daß der Strom in entgegengesetzter Richtung durchgeht, so beobachtet man, daß auch die Nadel in beiden Fällen in entgegengesetzter Richtung abgelenkt wird. Merkt man sich diese Richtungen ein für alle Mal, so kann das Instrument nicht nur als Anzeiger, daß überhaupt ein Strom vorhanden sei, benutzt werden, sondern es zeigt uns auch zugleich die Richtung an und aus dem Grade der Ablenkung können wir auch auf die Stärke des Stromes schließen.

Bei den beschriebenen Versuchen war die Schließung der Kette eine rein metallische. Sie bestand nur aus dem Multiplikator drahte und den zu ihm hinführenden Voldrähten. Jetzt wollen wir diese letzteren mit zwei Platinblechplatten verbinden und diese parallel neben einander in ein Glas mit Wasser setzen.

Da das Wasser ein sehr schlechter Leiter der Elektrizität ist, so wollen wir demselben ein wenig Schwefelsäure zufügen, wodurch seine Leitungsfähigkeit bedeutend verbessert wird. Der Strom geht jetzt von der einen Platte durch das Wasser zur anderen. Sofort sehen wir an beiden Platten eine Menge kleiner Gasbläschen auftreten, welche an die Oberfläche steigen und sich dort verlieren. Wir glauben zu bemerken, daß die Zahl der Bläschen an beiden Platten nicht die gleiche sei; an der Platte, welche mit dem positiven Pol verbunden ist, erscheinen weniger, als an der anderen. Um dies genauer zu verfolgen, stülpen wir über jede Platte ein mit Wasser gefülltes Rohr und fangen die sich entwickelnden Gase auf. Wir erhalten so in jedem Rohre ein farbloses Gas, aber das an der positiven Platte sich entwickelnde nimmt nur den halben Raum ein, als das andere. Das Gas am positiven Pol untersuchen wir genauer; es ist geruch-, geschmack- und farblos; bringen wir einen glimmenden Span in dasselbe, so entzündet er sich und brennt darin mit glänzender Flamme. Durch diese Eigenschaften giebt es sich als dasjenige Gas zu erkennen, welches die Chemiker Sauerstoff nennen, und welches einen der beiden Bestandtheile des Wassers bildet. Prüfen wir das andere Gas. Es ist ebenfalls geruch-, geschmack- und farblos; ein glimmender Span erlischt darin; sobald wir ihm aber einen brennenden Span nähern, entzündet es sich selbst und brennt mit schwach leuchtender blauer Flamme. Das alles sind Eigenschaften, welche dem Wasserstoff zukommen, dem anderen chemischen Bestandtheil des Wassers. Da nun in der That die Chemie lehrt, daß im Wasser ein Theil Sauerstoff und zwei Theile Wasserstoff mit einander verbunden sind, so erfahren wir also, daß durch den Durchgang des elektrischen Stromes die chemische Verbindung Wasser in ihre Bestandtheile zerlegt worden ist und daß diese



Bestandtheile in ihrer ursprünglichen Gestalt als luftförmige oder gasförmige Körper auftreten. Diese Zerlegung nennt man elektrochemische Wirkung oder Elektrolyse.

Wir können die beiden Gase, welche wir aus dem Wasser durch Elektrolyse erhalten haben, auch wieder zu Wasser verbinden. Fangen wir sie nämlich nicht getrennt sondern zusammen auf, indem wir die beiden Polplatten in ein durch einen Kork festverschlossenes Gefäß bringen und durch den Kork ein gebogenes Glasrohr unter ein mit Quecksilber gefülltes und in Quecksilber umgestülptes Glas leiten, so erhalten wir in dem Glase ein Gemenge beider Gase in dem Verhältniß, in welchem sie in Wasser verbunden sind. Heben wir nun das Glas mit verschlossener Mündung heraus und nähern dann der Oeffnung eine Flamme, so hören wir einen heftigen Knall, und die vorher trockene Glaswand zeigt sich jetzt mit Wassertröpfchen beslagen, welche aus der Vereinigung der beiden Gase entstanden sind. Wegen dieser Eigenschaft des Gasgemenges hat man es mit dem Namen Knallgas belegt.

Auch andere zusammengesetzte Flüssigkeiten, welche den elektrischen Strom leiten, werden durch denselben zersetzt und viele dieser Zersetzungen haben eine große praktische Bedeutung erlangt. Löst man ein Metallsalz, z. B. Kupfervitriol, welches eine Verbindung von Kupfer, Sauerstoff und Schwefelsäure ist, in Wasser auf, so erhält man eine blaue Flüssigkeit, welche durch den Strom so zersetzt wird, daß sich am negativen Pol metallisches Kupfer ausscheidet, während am positiven Pol Sauerstoff und Schwefelsäure auftreten. Das Kupfer überzieht dabei die negative Polplatte in einer alle Erhabenheiten und Vertiefungen genau wiedergebenden Schicht, welche man, nachdem sie eine gewisse Dicke erreicht hat, abheben kann. Man erhält so einen verkehrten Abdruck der Polplatte, indem alle

Erhabenheiten durch Erhöhungen und umgekehrt wiedergegeben sind. Dies benutzt man zur Vervielfältigung von Medaillen und dergleichen, indem man von dem zu vervielfältigenden Gegenstande einen Abdruck in Wachs, Guttapercha u. dergl. macht, diesen mit einem leitenden Ueberzuge versieht, und dann in Verbindung mit dem negativen Pol der Einwirkung des Stromes aussetzt. Der erste Abdruck stellt dann ein verkehrtes Abbild des ursprünglichen Gegenstandes, eine s. g. Matrize dar; der galvanische Abdruck aber ist eine wirkliche Nachahmung desselben.

Auch ganz körperliche Gegenstände, wie Büsten, Statuen u. dgl. kann man durch dieses Verfahren, welches man Galvanoplastik nennt, nachbilden, indem man über den Körper eine aus einzelnen Stücken bestehende Form macht, diese dann zusammensetzt, in den Hohlraum die Kupfervitriollösung gießt, und dann durch den Strom das Kupfer auf der Form niederschlägt.

Eine zweite wichtige Anwendung der Galvanoplastik macht man in der Kupferstechkunst. Die vom Künstler gestochenen Kupferplatten halten wegen der Weichheit des Materials keine sehr große Zahl von Abdrücken aus, ohne daß die zarten Linien durch den Druck der Presse leiden. Daher sind die ersten Abdrücke, die s. g. „Proben des Künstlers“ und „vor der Schrift“-Abdrücke, da sie das Werk des Künstlers am Getreuesten wiedergeben, so sehr gesucht. Nun kann man aber die vom Künstler gestochene Platte galvanisch mehrfach nachbilden, und von diesen Nachbildungen eine große Zahl von Abdrücken nehmen, während die ursprüngliche Platte ganz unverfehrt bleibt, wodurch natürlich die Zahl der guten Abdrücke vermehrt und dadurch auch ihr Preis geringer wird. Ebenso verfährt man auch mit in Holz geschnittenen Formen zu Holzschnitten oder anderen Zwecken, kurz bei allen Gegenständen, welche in größerer Zahl in gleicher



Form gebraucht werden, z. B. Petschafte für Behörden, Formen zum Pressen von Verzierungen in Leder u. dergl.

Eine andere Seite der Galvanoplastik besteht darin, fertige Gegenstände mit einem Ueberzug eines Metalles auf galvanischem Wege zu versehen. So kann man galvanisch vergolden, versilbern, verstählen, indem man die betreffenden Gegenstände, mit dem negativen Pol der Kette verbunden, in eine Auflösung eines Gold-, Silber- oder Eisensalzes bringt und der Wirkung des Stromes aussetzt. Die galvanische Verstählung wird unter anderem auch mit Kupferstichplatten vorgenommen, um denselben eine größere Härte und somit größere Widerstandsfähigkeit gegen den Druck der Presse zu geben. Sehr dünne Niederschläge eines Metalles, welche durch Zurückwerfung des Lichtes in allerlei Farben schillern, bringt man zur Verzierung auf Tischglocken und anderen metallischen Gegenständen an.

Leitet man den Strom der Kette durch das oben beschriebene Gefäß, in welchem durch zwei Metallplatten das Wasser zersetzt wird, während das entwickelte Knallgas durch eine gebogene Glasröhre in eine Glocke übergeführt wird, so kann man die in einer bestimmten Zeit entwickelte Knallgasmenge messen. Schaltet man noch gleichzeitig den Multiplikator in den Kreis der Kette ein, so wird man finden, daß die entwickelte Knallgasmenge um so größer ist, je größer die Ablenkung der Magnetnadel ist, und umgekehrt. Man schließt daraus, daß die zersetzende Wirkung des Stromes um so beträchtlicher ist, je mehr Elektrizität durch die Kette in Bewegung gesetzt wird, oder je stärker der Strom ist. Beobachtet man aber längere Zeit, so findet man, daß diese Wirkung nicht gleichmäßig ist. Unmittelbar nach der Schließung der Kette ist sowohl die Wasserzersehung als die Ablenkung der Multiplikatornadel sehr stark,

allmählich aber werden beide schwächer und schwächer und sie können schließlich ganz unmerklich werden. Was ist die Ursache dieser Abnahme in der Wirkung der Kette? Sie kann in der Kette selbst oder in dem Zersetzungsapparate gelegen sein. Prüfen wir zuerst den letzteren.

Die Platten des Zersetzungsapparates, oder des Voltameters, wie die Physiker eine solche Vorrichtung nennen, bestehen aus einem und demselben Metall, Platin; sie sind daher unter sich gleichartig, erlangen in der verdünnten Schwefelsäure keine verschiedene elektrische Spannung, und wenn wir sie mit dem Multiplikator verbinden, so entsteht keine Ablenkung der Magnetnadel. Lassen wir aber den Strom der Kette kurze Zeit durch das Voltameter gehen und verbinden dieses dann mit dem Multiplikator, so erhalten wir eine starke Ablenkung der Magnetnadel, das Voltameter entwickelt also jetzt einen Strom, und zwar geht dieser Strom im Voltameter in entgegengesetzter Richtung, wie ursprünglich der Strom der Kette ging. Die an sich gleichartigen Platinplatten des Voltameters sind also dadurch, daß der Strom der Kette durchging, selbst die Pole einer Kette geworden und geben einen Strom, welchen man den sekundären oder Polarisationsstrom nennt. Da dieser Strom die entgegengesetzte Richtung wie der ursprüngliche Kettenstrom hat, so ist klar, daß er denselben schwächen muß. Die Ursache dieses Polarisationsstromes ist aber Nichts anderes, als die entwickelten Gase. Der Sauerstoff nämlich, welcher an der positiven Polplatte ausgeschieden wurde, macht diese negativ, und der Wasserstoff, welcher an der negativen Platte ausgeschieden wurde, macht diese positiv; ein mit Sauerstoff und ein mit Wasserstoff bekleidetes Platinblech sind eben nicht mehr gleichartig, sondern verhalten sich zu einander, wie Zink und Kupfer, sie haben verschiedene elektrische Spannung und bilden zusammen eine Kette.



Was aber im Voltameter geschieht, muß zum Theil auch in der Kette selbst stattfinden. In dieser geht, wie wir gesehen haben, der Strom vom Zink durch die verdünnte Schwefelsäure zum Kupfer. Er zerlegt daher das Wasser, der Sauerstoff scheidet sich am Zink, der Wasserstoff am Kupfer aus. Nun ist zwar der Sauerstoff unschädlich; da er nämlich eine große Verwandtschaft zum Zink hat, so verbindet er sich mit diesem zu einer chemischen Verbindung, welche man Zinkoxyd nennt, und diese wieder verbindet sich mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyd oder Zinkvitriol, welches sich im Wasser auflöst. Der Wasserstoff aber, welcher sich am Kupfer ausscheidet, bewirkt bei seiner starken Positivität einen Strom vom Kupfer zum Zink, welcher dem ursprünglichen Strom der Kette entgegenwirkt und ihn schwächt. So enthält also die Kette in sich selbst die Ursache zur Abnahme ihrer Kraft.

Es giebt jedoch Mittel, diese Ursache zu beseitigen. Daniell, ein englischer Physiker, hat dieses Mittel angegeben, welches einfach darin besteht, den Wasserstoff in dem Maße, wie er entsteht, zu beseitigen. Dies geschieht aber dadurch, daß man das Kupfer mit einer Flüssigkeit umgiebt, welche zum Wasserstoff große chemische Verwandtschaft hat. Eine solche Flüssigkeit ist Kupfervitriollösung. Der Wasserstoff entzieht dem Kupfervitriol sofort bei seinem Entstehen den Sauerstoff und bildet damit Wasser, das Kupfer scheidet sich aus und überzieht die Zinkplatte mit einer gleichförmigen Schicht, wie wir dies schon bei der Galvanoplastik gesehen haben. So wird aller Wasserstoff beseitigt und die Kupferplatte erhält stets eine frische Oberfläche. Damit aber das Kupfervitriol nicht an das Zink gelangen könne, durch welches es gleich zerlegt werden würde, trennt man den Raum, in welchem das Zink steht, von dem Raum, in welchem das Kupfer sich befindet, durch eine poröse

Scheidewand von gebranntem Thon oder dergleichen und füllt den Raum des Zinks mit verdünnter Schwefelsäure. Die Scheidewand verhindert die Vermischung der beiden Flüssigkeiten, während sie die Bewegung der Elektrizität durch ihre Poren hindurch gestattet.

Auf diese Weise hat man also eine constante Kette, deren Kraft Tage lang unverändert bleiben kann. Da jedoch die Kupfervitriollösung stets zersetzt wird, so muß man von Zeit zu Zeit neues Kupfervitriol zufügen, und da die Schwefelsäure sich allmählich in Zinkvitriol verwandelt, so muß auch sie erneuert werden. Das Zink aber wird allmählich ganz aufgelöst, und man lernt hieraus, daß man die Bewegung der Elektrizität nicht aus Nichts heraus erzeugen kann, sondern nur auf Kosten des verbrauchten Zinks, ähnlich wie die Kraft der Dampfmaschine nur auf Kosten der verbrannten Kohle erhalten wird. Aus Nichts wird Nichts.

Außer dieser Daniell'schen Kette hat man noch viele andere constante Ketten angegeben, von denen ich nur einige nennen will. In der Grove'schen Kette wird das Kupfer durch Platin ersetzt, welches in rauchender Salpetersäure steht. Die Salpetersäure bildet gleichfalls mit dem Wasserstoff Wasser, indem sie ihm einen Theil ihres Sauerstoffs abgiebt, während salpetrige Säure zurückbleibt. Die Spannung zwischen Zink und Platin ist viel größer, als die zwischen Zink und Kupfer, die Kette ist daher kräftiger; aber der Verbrauch an Salpetersäure ist sehr kostspielig und die von ihr ausgehauchten Dämpfe sind für metallische Gegenstände und für die Lunge sehr nachtheilig. Da auch das Platin sehr theuer ist, so hat es Bunsen durch eine eigens präparirte Kohle ersetzt, welche ebenso wirkt wie Platin. Für technische Anwendungen, wie zur Galvanoplastik und zur Telegraphie empfehlen sich am meisten die Daniell'schen



Ketten, besonders in einer etwas abgeänderten Gestalt, welche ihnen von Siemens und Halske gegeben worden ist.

Von den beiden bisher beobachteten Wirkungen des elektrischen Stromes fand die eine, die Elektrolyse, im Inneren des den Strom leitenden Körpers selbst statt, die andere, die ablenkende Wirkung auf die Magnethadel, übte der Strom durch die Luft hindurch in die Entfernung aus. Außer diesen Wirkungen besitzt der Strom noch mehr, die wir jedoch nicht alle einzeln besprechen können. So erwärmt er z. B. alle Leiter, durch die er fließt, und diese Erwärmung kann sich bis zum Glühen steigern, so daß man also mit Hülfe einer passenden Leitung einen Draht in großer Entfernung von der Kette in Glühen versetzen kann. Man macht davon Gebrauch zum Sprengen von Minen und in der Chirurgie zur unblutigen Abtragung von Geschwülsten. Leitet man den Strom einer starken Kette durch zwei sich berührende Kohlenspitzen und entfernt dann dieselben ein wenig von einander, so werden glühende Kohletheilchen von der einen Spitze zur anderen hinübergerissen, und man erhält so ein äußerst glänzendes elektrisches Licht, welches jetzt vielfach zu Beleuchtungen angewandt wird. Die wichtigste Wirkung des Stromes aber ist jedenfalls die magnetisirende, von welcher wir noch etwas ausführlicher sprechen wollen, da auf ihr die ganze Telegraphie beruht<sup>1)</sup>.

Umgiebt man einen Stab von weichem Eisen mit einer Anzahl von Drahtwindungen und leitet durch diese einen elektrischen Strom, so wird das Eisen magnetisch und behält diese Fähigkeit so lange, als der Strom dauert, wird aber sofort wieder unmagnetisch, sobald der Strom unterbrochen wird. Auf diese Weise ist man also im Stande, nach Belieben sich einen Magneten zu schaffen und den Magneten wieder in ein

unwirksames Stück Eisen zu verwandeln. Solche Magnete nennt man Elektromagnete. Sie können, wenn der Strom stark genug ist, eine sehr große Kraft erlangen, so daß man viele Centner Eisen an sie hängen kann, welches sie tragen, welches aber sofort abfällt, sobald man an irgend einer Stelle den Strom unterbricht. Dadurch ist es also möglich, an einem entfernten Orte Bewegungen hervorzurufen. Stellt man z. B. in Berlin eine Kette auf und leitet die Drähte bis Köln zu einem Elektromagneten, so wird in Köln der Elektromagnet seinen Magnetismus erlangen und wieder verlieren, sobald man in Berlin die Kette schließt und öffnet. Ein in Köln in der Nähe des Elektromagneten angebrachtes Stück Eisen, ein s. g. Anker, welcher durch eine Feder in der Schwebe gehalten wird, wird daher angezogen werden, sobald in Berlin der Strom geschlossen wird, und wieder abgerissen, wenn der Strom geöffnet wird. Diese Bewegungen kann man nun benutzen, um Zeichen zu geben.

Man kann auch mit Hülfe des Elektromagnetismus Maschinen in Bewegung setzen. Verbindet man z. B. mit dem Anker einen Haken, wie er in den Wanduhren an dem Pendel angebracht ist, welcher in die Zacken eines Rades eingreifend dies in Umdrehung versetzt, so kann man einen Uhrzeiger in regelmäßige Drehung versetzen, wenn das Schließen und Öffnen regelmäßig geschieht. Dieses letztere kann man aber durch das Pendel einer Uhr bewirken lassen, wo dann der elektromagnetisch bewegte Zeiger mit der die Schließung und Öffnung bewirkenden Uhr stets gleichen Gang haben muß. Da man aber in dieselbe Leitung viele solche Elektromagnete mit Zeigerwerken einschalten kann, so kann man also mittelst einer Uhr viele andere an den verschiedensten Orten alle in genau gleichem Gange erhalten.



Auch zur Hebung von Lasten hat man den Elektromagnetismus zu verwenden versucht, doch sind die durch ihn getriebenen Maschinen viel zu kostspielig im Betriebe, um in der Praxis Eingang finden zu können. Für Fälle aber, wo man nur geringer Kräfte bedarf, kann man sich der elektromagnetischen Maschinen wohl bedienen. Am wichtigsten, weil in der Wissenschaft viel angewandt, ist die kleine Maschine, welche der Mechanikus Wagner in Frankfurt a. M. erfunden hat, welchem der deutsche Bund 100,000 Gulden versprochen hatte, wenn er eine elektromagnetische Lokomotive baute. Er hat die Lokomotive nicht zu Stande gebracht, allein der kleine Apparat, welchen er bei dieser Gelegenheit erfand, hat seinen Namen unsterblich gemacht. Man nennt ihn nach ihm den Wagner'schen Hammer.

Ein kleiner Elektromagnet steht senkrecht, und über demselben schwebt ein Anker von Eisen, welcher an einem Hebel befestigt ist. Der Hebel wird durch eine Feder gegen eine Platinspitze gedrückt und die Stromleitung ist so angeordnet, daß der Strom der Kette von dem Hebel zur Platinspitze, von da zu den Windungen des Elektromagneten und dann zur Kette zurück geht. So wie nun der Elektromagnet den Anker anzieht, entfernt sich der Hebel von der Platinspitze und der Strom ist unterbrochen. Dadurch hört der Magnetismus auf, der Anker wird nicht mehr angezogen und die Feder drückt daher den Hebel wieder gegen die Spitze. Nun ist der Strom wieder geschlossen, der Anker wird wieder angezogen und der Strom von Neuem unterbrochen, und so geht das Spiel des Apparates fort, so lange die Kette einen Strom zu entwickeln vermag.

Eine sinnreiche Anwendung dieses Apparates hat Herr Dr. Siemens in der Telegraphie gemacht. Vorzugsweise Anwendung findet er aber in der Medizin zur Reizung der

Muskeln und Nerven. Die Reizung findet nämlich hauptsächlich in dem Augenblicke statt, wo der Strom geschlossen und unterbrochen wird. Sie ist, wie die Schließung und Deffnung selbst, nur eine kurzdauernde. Soll daher die Reizung verlängert werden, so muß die Schließung und Deffnung des Stromes oft hintereinander wiederholt werden, was mit Hülfe des Wagner'schen Hammers am besten geschehen kann.

Viel zweckmäßiger jedoch ist es, sich zur Reizung solcher Ströme zu bedienen, welche selbst nur ganz kurze Zeit dauern, so daß bei ihnen gleichsam die Deffnung unmittelbar auf die Schließung folgt. Solche Ströme kann man sich auf folgende Weise verschaffen: Wenn man zwei Rollen von Draht hat, von welchen die eine mit der Kette verbunden und deshalb von einem dauernden Strom durchflossen ist, während die andere mit dem Multiplikator verbunden ist, so kann Nichts von dem Kettenströme durch die zweite Rolle gehen, und die Multiplikatornadel wird daher nicht abgelenkt. Sobald aber der Strom in der ersten Rolle unterbrochen und wieder geschlossen wird, so sieht man eine plötzliche Bewegung der Multiplikatornadel. Indem nämlich die beiden Rollen neben einander stehen, wirkt die erste Rolle auf die zweite ein, und zwar so, daß sie jedesmal, wenn der Strom in der ersten Rolle entsteht, in der zweiten einen Strom erzeugt, welcher die entgegengesetzte Richtung hat; wenn aber der Strom in der ersten Rolle verschwindet, so entsteht in der zweiten Rolle ein gleichgerichteter Strom. Man nennt diese in der zweiten Rolle auftretenden Ströme inducirte Ströme oder Inductionsströme. Sie dauern eben nur so lange, als der Akt der Schließung oder der Deffnung in der ersten Rolle dauert. Wegen dieser kurzen Dauer sind sie eben vorzugsweise geeignet, die Muskeln und Nerven zu reizen. In der That, läßt man diese Inductionsströme durch



einen Muskel gehen, so sieht man jedesmal, wenn der Strom in der ersten Rolle geschlossen oder unterbrochen wird, eine plötzliche Zusammenziehung, eine s. g. Zuckung des Muskels entstehen. Wenn man aber in den Kettenkreis neben der ersten Rolle noch einen Wagner'schen Hammer einschaltet, so daß der Strom fortwährend geschlossen und unterbrochen wird, so folgen sich die einzelnen Inductionsströme sehr schnell auf einander und der Muskel geräth in dauernde Zusammenziehung.

Auch mit Hülfe der Magnete kann man Inductionsströme erzeugen. Wenn man einen Magneten schnell einer Rolle nähert, so entsteht in dieser ein momentaner Strom in der einen, wenn man den Magneten entfernt, so entsteht ein Strom in der entgegengesetzten Richtung. Natürlich geschieht dasselbe, wenn der Magnet still steht, und die Rolle bewegt wird. Man erreicht dies am zweckmäßigsten, wenn zwei Rollen vor den Enden eines hufeisenförmigen Magneten in schnelle Drehung versetzt werden. Indem so die Rollen den Magnetenden abwechselnd sich nähern und von ihnen entfernen, entsteht eine Reihe dicht gedrängter Inductionsströme, welche man durch schleifende Federn nach außen leitet.

Die Wirkung wird noch wesentlich verstärkt, wenn man in die Rollen selbst ein hufeisenförmig gebogenes weiches Eisen steckt, welches mit den Rollen in Drehung versetzt wird. Durch die Annäherung und Entfernung des weichen Eisens an den Magneten wird es selbst abwechselnd magnetisch und wieder unmagnetisch, und durch dieses Entstehen und Verschwinden des Magnetismus werden in den Rollen gleichfalls Inductionsströme erzeugt. Auf diese Weise sind die magneto-elektrischen Rotationsmaschinen eingerichtet, welche in der Medizin gebraucht werden, welche man aber auch häufig auf Jahrmärkten und Schützenplätzen sieht, wo Jedermann gegen Er-

legung einer kleinen Münze das Vergnügen sich verschaffen kann, die wunderbaren Wirkungen der Elektrizität an sich selbst zu erproben.

Die Inductionswirkung durch das Entstehen und Verschwinden des Magnetismus kann man auch mit der ersten Art der Induction durch die Schließung und Oeffnung constanter Ströme verbinden. Steckt man nämlich in die erste Rolle ein weiches Eisen, so wird dieses magnetisch, wenn der Strom geschlossen wird, und der Magnetismus hört auf, wenn der Strom geöffnet wird. Auf diese Weise werden die Inductionsströme in der zweiten Rolle wesentlich verstärkt. Apparate dieser Art sind es hauptsächlich, welche jetzt in der Medizin gebraucht werden. Durch die Leichtigkeit, mit ihnen die Nerven und Muskeln zu reizen, hat nicht nur die Heilkunst ein wichtiges Hülfsmittel zur Heilung der Krankheiten dieser Organe errungen, auch die wissenschaftliche Erforschung der Thätigkeiten dieser Gebilde hat durch sie große Fortschritte gemacht.

Die Inductionsströme haben sehr viel Aehnlichkeit mit den durch Reibungselektrizität erzeugten Strömen. Wie diese geben sie auch, wenn der Kreis an einer Stelle unterbrochen ist, eine Entladung mit Licht- und Schallerscheinung. In neuerer Zeit hat man Apparate dieser Art gebaut, welche Funken von 12 Zoll Länge und darüber geben. Zur Entzündung von Mienen sind die Inductionsfunken vorzüglich geeignet.

Die Erscheinungen, welche ich Ihnen hier in aller Kürze vorgeführt habe<sup>2)</sup>, erschöpfen das große Gebiet der Elektrizität nicht im Mindesten. Sie werden aber genügen, zu zeigen, wie der menschliche Forschungstrieb auf dem Wege nüchterner Untersuchung fortschreitend Großes zu leisten vermag. Die Untersuchungen, von denen ich Ihnen eine gedrängte Uebersicht zu geben versucht habe, nahmen ihren Anfang am Schlusse des



vorigen Jahrhunderts, ein großer Theil von ihnen ist erst in den letzten dreißig Jahren gemacht worden. Und dennoch ist es gelungen, die gewaltige Macht, welche im Gewitter verheerend auftritt, in den Dienst der Menschheit zu zwingen, daß sie als Boten der Gedanken den Verkehr der entferntesten Erdtheile vermitteln, daß sie, die sonst nur Häuser einzuäschern vermochte, statt des Feuers Metalle in vorgeschriebenen Formen gieße; daß sie, die sonst nur Menschen tödtete, jetzt als Heilmittel Krankheiten tilge. Wer vermag zu bestimmen, welche Fortschritte uns die Zukunft noch bringen wird? Mit vollem Recht können wir daher stolz sein auf unser Jahrhundert, das von einigen so gern als ein materialistisches verschrien wird, und in welchem doch der menschliche Geist nicht die kleinsten seiner Triumphe gefeiert hat.

### Anmerkungen.

<sup>1)</sup> Es kann sich hier nur darum handeln, die Grundsätze darzulegen, da über Telegraphie Herr Dr. Siemens in einem der folgenden Hefte ausführlich berichten wird.

<sup>2)</sup> Die Vorträge im Handwerkerverein waren von Versuchen begleitet, welche alle wesentlichen Erscheinungen darstellten.

vorigen Jahrhunderts, ein großer Theil von ihnen ist erst in den letzten dreißig Jahren gemacht worden. Und dennoch ist es gelungen, die gewaltige Macht, welche im Gewitter verheerend auftritt, dem Menschen zu zwingen, daß sie als

theile v  
vermoch  
gieße;  
mittel  
Fortschu  
Nacht  
von ei  
und in  
feiner



<sup>1)</sup> (da über  
ausführ

<sup>2)</sup> welche

osäße darzulegen,  
folgenden Hefte

ersuchen begleitet,