

Ueber elektrische Induction.

Von

DR. EDMUND REITLINGER.

Vortrag, gehalten am 31. März 1862.

Physikalische Entdeckungen sind viel weniger dem Zufall unterworfen, als man gewöhnlich glaubt. Es giebt gewisse allgemeine Grundsätze, die auf die Fülle der bisher bekannten Thatsachen angewandt, gestatten, Lücken wahrzunehmen, und theils durch ganz neue Gebiete, theils durch Vervollkommnung älterer Gebiete auszufüllen. Solche Grundsätze sind z. B. das Gesetz der Erhaltung des Stoffes, dass die vorhandene Materie weder mehr noch weniger wird, ferner das Gesetz der Erhaltung der Kraft, dass die Summe der Spannkräfte und der lebendigen Kräfte im Weltall, weder grösser noch geringer wird und Andere mehr. Ein solcher Grundsatz ist auch der, dass bei allen uns bekannten Naturkräften jeder Wirkung auch eine Gegenwirkung entspricht. Wenn z. B. in der allgemeinen Gravitation ein Theilchen ein zweites an sich zu ziehen strebt, so wird es genau mit derselben Kraft, mit der es das andere anzieht, gleichfalls angezogen. Eine Wirkung dieses allgemeinen Gesetzes ist es, dass ein geschlossenes System von Körpern durch innere, d. h. zwischen diesen Körpern

selbst wirkende Kräfte nicht bewegt werden kann. Wie viele falsche Projecte hätte die vollkommene Auffassung dieses Grundsatzes, praktisch geschickten aber wissenschaftlich unerfahrenen Mechanikern ersparen können. Dieses Gesetz erstreckt sich auch auf die organische Welt und es ist z. B. der Grund, warum Jemand, der in einem Kahne steht, durch Druck mit seinen Händen denselben nicht nach irgend einer Seite hin bewegen kann, indem nämlich seine übrigen Körpertheile nach der entgegengesetzten Seite den gleichen Druck ausüben. Als vor einigen Jahren das Tischrücken unter der ungelehrten Welt grosse Sensation erregte, tauchte irgendwo das mährchenhafte Project auf, den Luftballon dadurch zu lenken, dass die mitfahrende Gesellschaft einen im Korb des Luftballons befindlichen Tisch in Bewegung versetze. Wie das Fundament, so die Anwendung. Und wie eben die Beschäftigung mit dem Tischrücken jeder experimentellen Sorgfalt ermangelte, so fehlte der erwähnte Vorschlag gegen den ausnahmslosen Grundsatz von Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung.

So einfach, so bekannt der Grundsatz der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung auch ist, so gehört doch ein hohes Maass von Geisteskraft dazu, ihn zur Entdeckung neuer und wichtiger Wahrheiten zu verwenden. Einfach und klar und allgemein bekannt sind auch die leitenden Grundsätze über Schuld eines dramatischen Helden, über poetische Wahrheit u. s. f. Diese Grundsätze aber auf irgend

eine historische Begebenheit so anzuwenden, dass daraus ein herrliches Drama entstehe, ist doch das Werk eines Genie's. Nicht in Aufstellung ganz unerhörter Grundsätze, sondern in der richtigen Anwendung ewig wahrer besteht echte Geistesgrösse. Nach unserer Ansicht erhöht es das Verdienst Faraday's, dass man weiss, er habe der Physik das reiche, weittragende und praktisch wichtige Gebiet der Inductions-Elektricität nicht durch Zufall, sondern durch Anwendung des Grundsatzes von Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung eröffnet.

Es war schon längere Zeit bekannt, dass ein elektrischer Strom, der eine Drahtspule durchfliesst, in deren Innerem sich ein Eisenstab befindet, diesen letzteren zum Magnete macht. Es übte also die vom elektrischen Strom durchflossene Drahtspirale eine Wirkung auf die kleinsten Theilchen des weichen Eisens aus, ohne dass man eine Gegenwirkung wusste, es war aber eine natürliche Consequenz des Grundsatzes von Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung zu erwarten, dass wenn man den weichen Eisenstab im Innern der Drahtspirale durch irgend ein anderes Mittel, als den umfliessenden Strom, z. B. durch einen genäherten Stahlmagnet zum Magnete machte ein Strom in der umgehenden Drahtspirale entstehen würde, da ein solcher Strom umgekehrt Magnetismus erregt. Dachte man sich noch obendrein den Magnet selbst nach der Ampère'schen Vorstellungsweise aus elektrischen Kreisströmen zusammengesetzt, so musste

consequenterweise eine Drahtspirale in eine zweite gesteckt beim Entstehen eines Stromes in dieser gleichfalls von einem Strom durchflossen werden, weil ja ein sie durchfließender Strom genau der Magnetisierung des Eisens entsprechen musste. Dies waren die logischen Grundlagen, welche Faraday aus der Thatsache des Elektro-Magnetismus die elektrische Induction und die Magnet-Elektricität, von welchen beiden ich nun näher sprechen werde, entdecken liessen.

Die Grundthatsachen der Inductions-Elektricität sind nun folgende. Man steckt entweder eine Drahtspirale in eine andere, oder man windet auf eine und dieselbe Spule zwei von einander isolirte Drähte neben einander so auf, dass sowohl die zwei ersten als letzten Enden des Drahtes aus der Spule hervorragen. Die zwei Enden des einen Drahtes verbindet man mit einem empfindlichen Galvanometer und indem man durch den andern Draht einen elektrischen Strom leitet, so nimmt man bei dessen Beginn einen Ausschlag der Magnetnadel des Galvanometers wahr, welche dann nach einer längeren Reihe von Schwingungen in ihre Ruhelage zurückkehrt. Unterbricht man den Strom, so sieht man einen Ausschlag der Magnetnadel nach der entgegengesetzten Seite als vorher. Beachtet man die Richtung der Magnetnadel des Galvanometers im ersten und letzten Falle, so bemerkt man, dass ein entstehender elektrischer Strom im Nachbardrahte einen entgegengesetzt gerichteten

erregte, ein verschwindender einen gleichgerichteten. Diese Erregung nennt Faraday Induction.

Nimmt man eine einfache Drahtspirale, in deren innerem Hohlraume sich ein oder mehrere weiche Eisenstäbe befinden, so wird sowohl durch Magnetisirung als Entmagnetisirung dieser Eisenstäbe ein momentaner elektrischer Strom im benachbarten Drahte erregt. Betrachtet man nach Ampère den Magnet selbst nach dem Bilde der Drahtspule, so ist der Strom beim Magnetisiren den nach der Ampère'schen Hypothese entstehenden Strömen entgegengesetzt gerichtet, beim Entmagnetisiren gleichgerichtet, so dass nach der Ampère'schen Hypothese dies nur ein specieller Fall der eben erwähnten Induction ist.

Hat man zwei bewegliche Drahtspulen, von denen die eine mit einem Galvanometer, die andere mit einer Volta-Batterie verbunden ist, und man nähert die letztere der ersteren, so wird ein entgegengesetzt gerichteter Strom durch Ablenkung der Magnetnadel sichtbar, so lange man die Lage der beiden Drahtspulen verändert. Bei jeder festen Stellung der Drahtspulen kehrt die Nadel in ihre Ruhelage zurück. Entfernt man die vom Strom durchflossene Drahtspule wieder, so erfährt die Nadel die entgegengesetzte Ablenkung als vorher und zeigt einen Strom an, der mit dem in der Drahtspule, die man entfernt, die gleiche Richtung hat.

Hat man eine einzige Drahtspule, die mit einem Galvanometer verbunden ist und steckt einen kräftigen

Stahlmagnet in den Hohlraum derselben, so verräth die Magnetnadel des Galvanometers einen Strom, welcher den nach der Ampère'schen Hypothese im Stahlmagnet kreisenden Strömen entgegengesetzt gerichtet ist. Zieht man den Stahlmagnet wieder heraus und entfernt ihn, so entsteht abermals ein momentaner Strom, der aber nach dem Ausschlag der Nadel den hypothetischen Ampère'schen Strömen im Stahlmagnet gleichgerichtet ist. Es ist also dieser vierte Fall nach der Ampère'schen Hypothese wieder nur eine specielle Folgerung des dritten.

In solcher systematischer Vollständigkeit und übersichtlicher Klarheit finden wir die Grundwahrheiten der Induction von Faraday in den ersten seiner unsterblichen Experimental-Untersuchungen über Elektrizität dargestellt, nachdem er zu ihrer Entdeckung durch die Frage nach der Gegenwirkung der Magnetisirung des weichen Eisens durch den elektrischen Strom geleitet worden war. Eine der ersten Folgen dieser aufgestellten Wahrheiten war die Erklärung des einige Jahre früher von Arago entdeckten, sogenannten Rotations-Magnetismus. Wie wir Anfangs bemerkten, sind die Entdeckungen in der Physik und insbesondere gerade die wichtigen, neue Gebiete eröffnenden vielweniger dem Zufall unterworfen als man glaubt. Der scharfsinnige und erfindungsreiche Kopf findet an gewissen allgemeinen ausnahmslos geltenden Grundsätzen den Leitfaden zu neuen unerforschten Gebieten. Ein anderes Hilfs-

mittel, welches einen genialen Forscher zu neuen Entdeckungen systematisch zu leiten vermag, ist: auch den kleinsten Nebenumstand einer Erscheinung der aus den bisher bekannten physischen Wahrheiten sich nicht erklären lässt, für wichtig und bedeutend zu halten und nicht zu ruhen, bis man diesem Nebenumstande nach den bekannten Grundsätzen alle Consequenzen abgerungen hat, und bis man nach der ausnahmslosen Wahrheit, dass jede Wirkung eine Ursache hat, womöglich die Ursache in ihrer einfachsten Form aufzufinden im Stand war. In letzterer Hinsicht würde es aber andererseits dem Fortschritt nur Abbruch thun, würde man durch kühne Hypothesen den Schein erwecken oder sich selbst dem Scheine hingeben, als wüsste man diese einfache Ursache, während es noch nicht der Fall ist. Ist der Stand der Wissenschaft eben nicht geeignet diese Ursache auffinden zu lassen, so wird es das Zeichen des für physikalische Forschung ausgezeichnet geschulten Geistes sein, diese Lücke lieber einzugestehen, als zu verhüllen. In der Befolgung aller dieser Grundsätze besteht die Disciplin des Entdeckers, der bei dem Kampfe um die Erkenntniss der Natur seine Gedanken eben so klar beherrschen muss, wie der Feldherr seine Soldaten. Dass der Forscher auch den Muth des Kriegers bedarf, habe ich schon in einem früheren Vortrage erwähnt, als ich anführte, wie Richmann den ihn tödtenden Blitz selbst auf sich gelenkt. Die höchst talentvollen Chemiker Boullay und Mansfield, wel-

ehe in den letzten Jahren Opfer ihrer Experimente wurden, sind neue Beispiele hiefür. Ich zweifle, dass die Wissenschaft ein zweites glänzenderes Beispiel für die erwähnten Grundsätze geistiger Disciplin darbietet als Arago's Entdeckung des Rotations-Magnetismus. Er nahm wahr, dass eine Magnetnadel ihre Ruhelage gegen den Nordpol gerichtet schneller annahm, wenn eine Kupferscheibe sich in ihrer Nähe befand. Statt wie vielleicht hundert Andere gethan hätten, die schnellere Beruhigung der Nadel einer zufälligen stärkeren Reibung zuzuschreiben, suchte er die näheren Bedingungen der Erscheinung auf. Er erkannte, dass die hierbei wirksame Kraft durch die Bewegung der Nadel geweckt wurde. Da eine bewegte Nadel von einer ruhenden Scheibe festgehalten wird, so folgerte Arago nach dem Grundsätze von Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung, dass eine Kupferplatte, die sich über oder unter einer Magnetnadel befindet, wenn sie rasch gedreht wird die Magnetnadel in der ihr parallelen Ebene mit der gleichen Rotationsrichtung bewegen würde, was auch das Experiment bestätigte. Sind Magnetnadel und Kupferscheibe in relativer Ruhe, so ist nicht die mindeste wirksame Kraft dieser Art zwischen ihnen bemerkbar. Babbage und John Herschel erkannten, dass diese Wirkungen zwar nicht nur bei Kupferscheiben sondern auch bei Scheiben aus den übrigen Metallen oder aus Kohle von Gasretorten entstehen, dagegen nicht bei Scheiben

aus andern Stoffen. Sie glaubten, dass in den Scheiben Magnetismus erregt werde, Arago sprach sich gegen diese Erklärung aus und zeigte ihre Unzulässigkeit durch Experimente. Mit musterhafter Zurückhaltung eines frühschnellen Urtheils bekannte er, dass er das von ihm entdeckte und ausgebildete Gebiet des Rotations-Magnetismus nicht zu erklären vermöge. Eben dadurch war der Rotations-Magnetismus den Physikern ein der Erklärung bedürftiges Räthsel geblieben und da Faraday bemerkte, dass die von ihm entdeckte elektrische Induction das Räthsel zu lösen vermöchte, so lehrte es sowohl ihn als die anderen Physiker die Wichtigkeit der Induction erkennen und das Gebiet mit Sorgfalt auszubilden. Indem sich nämlich die Magnetnadel gegen die Kupferscheibe oder die Kupferscheibe gegen die Magnetnadel relativ bewegt, werden elektrische Ströme durch Induction in der Kupferscheibe geweckt, welche durch ihre Wirkung auf die Magnetnadel nach den bekannten Grundsätzen des Elektromagnetismus die Erscheinungen des Rotations-Magnetismus erklären. Die Unwirksamkeit einer von Isolatoren strahlenförmig durchbrochenen Kupferscheibe und andere Experimente bestätigten diese Erklärung Faraday's.

So wurde also der Rotations-Magnetismus durch die elektrische Induction erklärbar. Auf der anderen Seite wird durch den letzteren die Induction von einer beschränkenden Bedingung befreit, die man ohne diese Anwendung, vielleicht aus den ersterwähnten

Experimenten mit Drathspulen geschlossen hätte. Es können nämlich parallele Ströme in metallischen Körpern durch Induction entstehen, ohne durch isolirende Substanzen von einander getrennt zu sein. Die Ampère'sche Hypothese setzt schon im Magnet parallele Ströme, die nicht durch Isolatoren getrennt sind, voraus. Aus der rotirenden Kupferscheibe aber machte Faraday einen Inductions-Apparat, bei welchem er die Ströme unmittelbar an einem Galvanometer nachweisen konnte. Indem ich hier zuerst in diesem Vortrage den Ausdruck Inductions-Apparat gebrauche, so bemerke ich, dass man darunter jeden Apparat versteht, der einen elektrischen Strom durch Induction zu erzeugen gestattet.

Ein anderer Fall, wo parallele Inductionsströme in einem Metalle entstehen, ohne von einander isolirt zu sein, ist von Poggendorff angegeben worden. Poggendorff schiebt eine aufgeschlitzte und mit ihren Rändern wieder zusammengedrückte Blechröhre über eine Drathspule, die von einem unterbrochenen Strom durchflossen ist. Eine Reihe von unter sich und mit den Windungen der Drathspirale parallelen Inductionsströmen erzeugt ein sehr merkwürdiges Tönen und Klirren, welches ich an einem anderen Orte als Brücke zur Verknüpfung aller galvanischen Töne benützt habe.

Ist aber auf der einen Seite die Existenz der Inductionsströmung nicht an Isolirung geknüpft, so werden wir doch später sehen, wie die Ausbildung

und kräftige Wirkung unserer heutigen Inductions-Apparate gerade durch die möglichste Vervollkommnung der Isolirung der einzelnen Windungen der für den Inductionsstrom verwendeten Drahtspirale erreicht wurde.

Indem ich strebe, durch meinen heutigen Vortrag nicht nur die Induction und die Inductions-Apparate zu erläutern, sondern vorzüglich auch an Beispielen zu zeigen, wie der wissenschaftliche Physiker systematisch seine Entdeckungen macht, so kann ich die beim Rotationsmagnetismus auftretenden Inductionsströme nicht verlassen, ohne ein Experiment Foucault's zu erwähnen. Da eine zwischen feststehenden Magnetpolen rasch gedrehte Kupferscheibe die Magnetpole nach sich zu ziehen strebt und wenn sie dies nicht kann, eine Hemmung ihrer Bewegung erfährt, auf deren Ueberwindung ein Theil der Kraft, welche die Kupferscheibe in Bewegung zu setzen strebt, verwendet wird, so fragt Foucault, was aus dieser Kraft wird, da nach dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft, keine Kraft verloren gehen kann. Er vermuthete mit Recht, dass diese Kraft in der Scheibe zu jener Erscheinungsform lebendiger Kraft, welche man Wärme nennt, geworden ist und ein angelegtes Thermometer bestätigte die Vermuthung. Dieses schöne Beispiel einer Umwandlung von Kräften verdankt man wieder der Anwendung eines jener Grundsätze: Erhaltung des Stoffes, Erhaltung der lebendigen Kraft, Gleichheit von Wir-

kung und Gegenwirkung u. s. f., welche ich am Anfange meines Vortrages als die Leitsterne der nach der Geburtsstätte der Wahrheit hinstrebenden Forscher bezeichnete.

Wir haben im Bisherigen die vier Hauptfälle der elektrischen Induction nebst einer Anwendung der Induction zur Erklärung des Rotations-Magnetismus kennen gelernt. Wir wenden uns nun zur speciellen Betrachtung der Inductionsapparate, welche sowohl für das praktische Leben, als für die weitere Erforschung der Naturgesetze hohe Wichtigkeit besitzen. Die älteste Art allgemein angewendeter Inductionsapparate beruht auf dem 2. oben angeführten Fall, nämlich auf der Induction durch entstehenden und verschwindenden Magnetismus. Diese Apparate benützen, dass ein weicher Eisenkern, welcher von einer Drahtspirale für den Inductionsstrom umwickelt ist, durch Annäherung an einen kräftigen permanenten Stahlmagnet bald magnetisirt bald entmagnetisirt wird. Die rasch sich folgenden entgegengesetzt gerichteten Inductionsströme werden durch einen durch die Bewegung der Eisenkerne mitbewegten Commutator in die gleiche Richtung gelenkt. Man nennt solche Inductions-Apparate magneto-elektrische und die von ihnen entwickelte Elektrizität, Magneto-elektricität. Kräftigere Apparate solcher Art wurden nahezu zu gleicher Zeit von Etingshausen in Wien und Clarke in England angegeben, Stöhrer in Leipzig und Andere vervollkommneten sie später noch

mehr. Diese Apparate werden häufig zu medicinischen Zwecken verwendet. Ferner bilden sie die Elektrizitätsquelle bei den von Siemens verfertigten Feldtelegraphen. Man kann sie natürlich auch bei andern Telegraphen als Elektrizitätsquelle benutzen. Da man aber bei einer Armee stets Hände genug hat, die Inductionsspulen zu drehen, es aber sehr beschwerlich wäre, Säuren mitzuführen und Volta-Batterien im Felde in Wirksamkeit zu setzen, so leuchtet ein, dass die Magnetelektricität bei der Anwendung der Telegrafie für Kriegszwecke besondere Vorzüge besitzt. Eine fernere Anwendung haben magnetelektrische Apparate bei den englischen und französischen Leuchthürmen nach der Angabe Faraday's gefunden. Sie dienen hier in riesigen Dimensionen ausgeführt und von einer Dampfmaschine von einer bis anderthalb Pferdekräften getrieben, als Elektrizitätsquellen zur Unterhaltung eines elektrischen Kohlenlichtes. Sind hier auch die Anschaffungskosten gross, so sind doch die Unterhaltungskosten des elektrischen Lichtes bei dieser Verfahrungsweise am geringsten. Der nöthige Kraftaufwand kostet eben, in der Form des Kohlenverbrauches der Dampfmaschine viel weniger als in der Form des Zinkverbrauches der Volta-Batterie. Ein merkwürdiges Beispiel der praktischen Verwendung der theoretischen Umsetzung der Kräfte, an welche Faraday, indem er die geistreichen Folgerungen der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung zog, gewiss nicht gedacht

hat. Eben so wenig konnte er ahnen, dass im neuesten Rivalen der Dampfmaschinen, in der Lenoir'schen Gasmaschine der Inductionsfunken des vermöge seiner Entdeckungen construirten Ruhmkorff-Apparates, die Entzündung des Gases bewirken würde, dessen Verbrennungswärme die treibende Kraft ist. Es bewähren sich hier wie überall in den Naturwissenschaften folgende Aussprüche des grossen Nationalökonomens Stuart Mill, die ich mir ihrer Wichtigkeit wegen zu citiren erlaube: „Vom nationalen oder allgemeinen Gesichtspunkte aus ist die Arbeit des gelehrten oder forschenden Denkers eben so gut ein Theil der Production im engsten Sinne des Wortes, als die des Erfinders irgend eines Industriezweiges; viele solche Erfindungen waren die directen Folgerungen theoretischer Entdeckungen und jede Ausdehnung der Erkenntniss der Naturkräfte ist fruchtbar an Anwendungen für die Zwecke des äusseren Lebens. Der elektromagnetische Telegraph war die wundervolle und höchst unerwartete Folge des Experimentes von Oersted und der mathematischen Forschung von Ampère und die moderne Kunst der Schifffahrt ist eine unvorhergesehene Nachwirkung der rein spekulativen und scheinbar müssigen Untersuchung der Mathematiker von Alexandria über die Eigenschaften dreier krummer Linien, welche durch den Schnitt zwischen einer Ebene und einer Kegeloberfläche gebildet werden. Keine Gränze kann gegenwärtig der Wichtigkeit des blossen Gedankens

vom rein productiven und materiellen Gesichtspunkte aus gesetzt werden.“ Der grosse englische Staatsmann, Lord Brougham, wies darauf hin, wie Watt in seiner Werkstätte in wissenschaftlicher Weise die theoretischen Resultate des Professors Black über Dampf und Wärme zur Construction jener grossen Maschine verwandte, welche unter dem Namen Dampfmaschine die Oberfläche der Welt verändert hat. So betrachten Nationalökonomien und Staatsmänner England's, ich habe mit Vorsatz keine Fachgelehrten citirt, die Forschungen in Chemie und Physik als die Quelle ihres National-Wohlstandes und Stuart Mill sagt ausdrücklich: „Der Theil der Hilfsquellen der Gesellschaft, welcher zur Unterstützung und Belohnung solcher Arbeit verwandt wird, muss als in hohem Masse productiv betrachtet werden.“

Doch kehren wir zu den Inductions-Apparaten zurück. Jene Inductions - Apparate, die heutzutage unter dem Namen der Ruhmkorff - Apparate eines der wichtigsten Hilfsmittel des Physikers sind, beruhen auf dem ersten und zweiten Falle der Induction. Ein solcher Apparat besteht aus einigen spiralförmig gewundenen Lagen dicken Drathes, welche bestimmt sind vom inducirenden Strom durchflossen zu werden. In diese Spiralen hineingeschoben ist ein Bündel Stäbe aus weichem Eisen; umgeben sind diese Spiralen von zahlreichen Lagen sehr feinen gut isolirten Drathes. Indem ein Strom in diesen Spiralen entsteht, magnetisirt er die weichen Eisenstäbe und so erzeugt er

sowol durch sein eigenes Entstehen, als durch die Entstehung des Magnetismus im weichen Eisen einen ihm selbst entgegengesetzt gerichteten Inductionsstrom. Hört der ursprüngliche Strom auf, so verschwindet auch der Magnetismus und beide Umstände wirken zusammen, einen Inductionsstrom von der Richtung des in den inducirenden Spiralen verschwindenden Stromes zu erregen. Schon frühe hat man angefangen, das Schliessen und Oeffnen des inducirenden Stromes von dem Strome selbst dadurch besorgen zu lassen, dass ein sogenannter Neef'scher Hammer vom Strome und den erwähnten weichen Eisenstäben im Innern der Spiralen bewegt wird. Liegt der Hammer vermöge seiner Schwere auf dem Ambos, so ist der Strom geschlossen, da aber der Hammer weiches Eisen ist und durch den geschlossenen Strom das Bündel weicher Eisenstäbe, das über dem Hammer sich befindet, magnetisirt wird, so wird der Hammer angezogen und dadurch emporgehoben und der Strom unterbrochen. Hiedurch aber werden die weichen Eisenstäbe entmagnetisirt und der Hammer fällt dann vermöge seiner Schwere wieder auf den Ambos zurück; dadurch wird der Strom geschlossen und das Spiel beginnt von Neuem.

Auf diese Principien gegründete Apparate finden in der Medicin vielfache Anwendung zu Erschütterungsschlägen. Der von Du Boys Raymond angegebene sogenannte Schieberapparat wird von Aerzten am meisten benützt.

Ich muss nun noch einen theoretischen Satz aus der Lehre der Induction anführen, bevor ich die Wirkungsweise des eigentlichen Ruhmkorff-Apparates völlig klar machen kann. Die Kraft nämlich, welche ein inducirter elektrischer Strom, der durch Entstehen oder Verschwinden benachbarter Ströme oder Magnetismen erregt wird, zur Ueberwindung von Widerständen besitzt oder was dasselbe ist die Spannung freier angehäufter Elektrizität an den beiden Elektroden einer Unterbrechungsstelle eines solchen Stromes, wird um so grösser, je schneller das Entstehen oder Verschwinden der benachbarten Ströme oder Magnetismen vollzogen wird. Nun werden aber die beim Verschwinden eines Stromes mit ihm selbst gleich gerichteten, in ihm selbst inducirten Ströme durch die unterbrechende Luft rasch aufgehoben und der Strom wird schnell von seiner grössten Stärke auf Null sinken, während der Strom bei der Schliessung durch die entgegengesetzten in ihm selbst inducirten Ströme nur langsam die grösste Stärke erreichen kann. Daher vollzieht sich das Entstehen eines Stromes langsam, das Verschwinden rasch und da man beim Ruhmkorff-Apparat eben den mit Spannung versehenen Strom benützt, so begreift man, dass man hier nicht eines künstlichen Commutators, sondern nur einer Luftstrecke bedarf, um den gewünschten einseitigen inducirten Strom zu Gebote zu haben.

Die Anwendung des Ruhmkorff-Apparates besteht darin, dass man eine Quelle von Elektrizität

zu Gebote hat, welche an Reichhaltigkeit dem Volta-Strome sich nähert und an Spannung der Elektrisir-Maschine gleich ist. Da nach dem Bisherigen diese Wirksamkeit des Ruhmkorff-Apparates auf der Ueberlegenheit des Oeffnungsstromes über den Schliessungsstrom beruht, so wird jede Vorrichtung, die diesen Unterschied vergrössert die Zwecke des Ruhmkorff-Apparats fördern. Hierauf beruht die Verstärkung, welche der von Fizeau angegebene mit dem inducirenden Strom verbundene Condensator liefert. Indem er die in dem letzteren inducirten Extrastrome aufsaugt, so verkleinert er den Funken und beschleunigt das Verschwinden des Stromes. Aus demselben Grunde wird die Wirksamkeit des Ruhmkorff-Apparates auch dadurch erhöht, wenn sein Unterbrecher unter einer isolirenden Flüssigkeit statt in der Luft spielt. Darauf machte Poggendorff zuerst aufmerksam und es findet sich dieser Kunstgriff bei Foucault's Unterbrecher angewandt.

Ferner ist zu beachten, dass wenn der inducirende Strom den Hammer bewegt, der Magnetismus der Eisenstäbe, ohne noch den höchsten der Stromstärke entsprechenden Grad erreicht zu haben, wozu es einer Zeit bedarf, schon genügen wird, den Hammer zu heben; da aber die Stärke des Inductionsstromes von der Stärke des verschwindenden Magnetismus abhängt, so ist durch die unterbrechende Vorrichtung das Maximum der Wirkung des Apparates verringert. Diesem Uebelstande zu begegnen

gestattet der eben erwähnte Unterbrecher Foucault's, indem er durch einen eigenen Elektromagnet, der mit einer bloß für ihn bestimmten kleinen Volta-Batterie in Verbindung steht, in Bewegung gesetzt wird. Die lästige Abnützung der Metallblättchen im älteren Unterbrecher beseitigt Foucault dadurch, dass er die eine Elektrode durch flüssiges Quecksilber oder Platin-Amalgam ersetzt. Es hat also Foucault einen Unterbrecher angegeben, der durch eine Reihe von Vortheilen sich vor dem älteren Hammer auszeichnet und dem man einen grossen Theil der verstärkten Wirkung der neueren verbesserten Ruhmkorff-Apparate verdankt. Von Foucault selbst aber, der diese praktischen Verbesserungen angab, wurde im Früheren ein theoretisch-interessantes Experiment mitgetheilt. Von ihm stammt der berühmte Pendelversuch, der die Bewegung der Erde um ihre Axe unmittelbar sinnfällig macht, und das „*è pur se muove*“ des Galilei auch für den Nichtastronomen bestätigt. Er sprach zuerst den Gedanken aus, dass man die chemische Beschaffenheit von Sonne und Sternen durch Spectralanalyse ermitteln könne, ein Gedanke, den, wie bekannt Kirchhof in neuester Zeit mit so glücklichem Erfolge ausgeführt. Es ist eben die Eigenthümlichkeit der Naturwissenschaft, dass in ihr praktische Findigkeit und erhabene Speculation Hand in Hand zu gehen vermögen.

Da die Hauptforderung an den Ruhmkorff-Apparat die hohe Spannung der von ihm entwickelten

Elektricität ist, so begreift sich, dass eine möglichst sorgfältige Isolirung eine Hauptbedingung seiner Wirksamkeit ist. Vorzüglich durch ausgezeichnete Isolirung ertheilte Ruhmkorff seinen Apparaten ihre Vorzüge. Jene grösseren und verbesserten Apparate, welche durch eine Schlagweite des Funkens von 1 bis 2 Fuss allgemeine Bewunderung erregen, haben nicht nur die einzelnen Windungen und Lagen des Drathes möglichst vollkommen isolirt, sondern insbesondere noch die Spirale des Inductionsstromes von der inducirenden Spirale durch einen dicken Glas-cylinder getrennt. Diese grösseren Apparate, welche nebst einer sehr langen, feinen und überaus sorgfältig isolirten Inductionsspirale noch Foucault's Unterbrecher und Fizeau's Condensator in möglichst vollkommener Form besitzen, sind die Repräsentanten des höchsten Standpunktes, den bis jetzt die menschliche Geschicklichkeit in dieser Hinsicht zu erreichen im Stande war.

Da man die Stärke der Wirkung eines solchen grossen Ruhmkorff-Apparates von Null bis zu ihrem Maximum durch die Volta-Batterie völlig in Händen hat, so kann man einen solchen Apparat zu allen Zwecken der früheren kleineren verwenden, während in sehr vielen Fällen der kleinere den grösseren nicht zu ersetzen vermag. Ich werde daher in der nun noch folgenden kurzen übersichtlichen Darstellung der Anwendung des Ruhmkorff-Apparates zur physikalischen Forschung von dem grösseren Apparate

ausgehen. Indem man die grösste Schlagweite dieses Apparates sucht, so erfährt man bald, dass man sie erreicht, wenn man die Entladung zwischen einer Metallspitze und einer Metallplatte erfolgen lässt. Diese grösste Schlagweite findet nur dann statt, wenn die Spitze die positive, die Platte die negative Elektrode ist; wenn dagegen die Spitze die negative, die Platte die positive Elektrode ist, so ist die Schlagweite eine viel geringere. Da die Verwechslung der Elektroden durch blossen Stromwechsel geschieht, während alles Uebrige unverändert bleibt, so kann man hier von einem wirklichen Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität sprechen. Den eben erwähnten Unterschied der Schlagweiten hatte zwar schon Faraday bei Elektrisir-Maschinen wahrgenommen, aber bei diesen wurde von Manchen gezweifelt, ob die Erscheinung ein Artunterschied sei, oder nicht vielmehr der verschiedenen Ansammlungsweise der Elektrizität im Reibzeug und Conductor zuzuschreiben sei. Faraday hatte die Erscheinung als Artunterschied betrachtet, aber erst durch den Inductionsapparat wurde die ausgezeichnete Richtigkeit seines Urtheils bewiesen. So wie in diesem Falle, so ist in sehr vielen anderen Fällen der Inductionsapparat das geeignetste Hilfsmittel zum Studium der Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität. In dieser Richtung habe ich ihn selbst bei meinen Untersuchungen, die zu der Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren

fürten, benützt, wobei schon die Kraft des kleinern Ruhmkorff-Apparates ausreichte. Beim Studium anderer Artunterschiede wird in diesem Augenblicke der grosse Ruhmkorff-Apparat im physikalischen Institute verwendet. Die Wichtigkeit solcher Forschungen ergibt sich aus den Bemerkungen, welche wir der Erzählung von der Entdeckung des Rotationsmagnetismus durch Arago voraussendeten. Da nämlich die Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität nach den älteren Theorien mehr oder weniger unerklärlich sind, so darf man hoffen gerade durch ihr Studium Aufschluss über das Wesen der Elektrizität zu erlangen.

Eine fernere Verwendung des grossen Ruhmkorff-Apparates ist zum Laden von Leidnerflaschen und Franklin'schen Batterien. Natürlich muss man in diesem Falle zwischen der die Elektrizität liefernden Elektrode und der zu ladenden Flasche eine Luftstrecke einschalten, damit nur die eine die grössere Spannung besitzende Elektrizität übergehe. Man kann in solcher Weise mit dem Ruhmkorff-Apparat ohne jede physische Anstrengung in wenigen Sekunden grosse Batterien von Leidnerflaschen laden, wozu man sonst mehr als eine Viertelstunde eine Elektrisirmaschine angestrengt drehen musste. Wie in diesem, so kann man auch in anderen Fällen den Inductionsapparat statt der Elektrisirmaschine verwenden und ist des lästigen Drehens überhoben. Die Oxydirung des Zinkes liefert hier jene Arbeitskraft,

die bei der Elektrisirmaschine vom Menschen selbst geleistet wurde. Es ist dies ein Fortschritt, so recht im Geiste der neuen modernen Zeit. Naturkräfte übernehmen die physische Arbeit des Menschen und jemehr dieselben für den modernen Menschen das zu leisten werden im Stande sein, was die Sklaven dem Athener, um so mehr wird sich der Geist der Menschen frei entwickeln und höher aufschwingen können. Man sieht voraus, dass der als materiell verschrieene Fortschritt unserer Zeit gerade die Keime der geistigen Emancipation für Massen von Menschen in sich trägt, die wenn nicht Naturkräfte ihre Arbeit übernehmen würden, nie einer solchen hätten theilhaftig werden können.

Schon mit dem kleineren Ruhmkorff-Apparate erhielt man sehr schöne Lichterscheinungen in luftverdünnten Räumen. Ich kann mich hier nicht in die Einzelheiten derselben einlassen. Es würde dies allein eines Vortrags bedürfen. Ich will nur erwähnen, dass Grove die Schichtung des elektrischen Lichtes entdeckte, indem er die Entladungen des Ruhmkorff-Apparates durch ein sogenanntes elektrisches Ei leitete. Durch diesen Umstand war man veranlasst das Spiel des Unterbrechers als Ursache des geschichteten Lichtes zu betrachten. Gassiot widerlegte später diese Ansicht durch Versuche. So wohl durch Volta-Batterien, als durch Elektrisirmaschinen bringt man geschichtetes Licht hervor. Gassiot schrieb die Schichtung den Impulsen elektrischer

Entladungen zu. Ich selbst wies später die Schichtung durch Spectralanalyse als Stoffschichtung nach. Sowol über die Stoffschichtung selbst, als über die Weise wie die Stoffschichtung durch Impulse entstanden gedacht werden kann, als auch über Schichtungen bei Entladungsschlägen von Leidnerflaschen sind Untersuchungen seit Jahr und Tag im physikalischen Institute im Gange. Die Lichterscheinungen in verdünnten Gasen sieht man sehr schön und bequem in sogenannten Geissler'schen Röhren. Das sind Röhren, welche schon mit den verdünnten Gasen gefüllt sind und durch Einschaltung in den Inductionsstrom leuchtend werden. Diese Röhren gaben uns die Möglichkeit Spectra der permanenten Gase, Sauerstoff, Wasserstoff u. s. w. zu erhalten. Plücker machte diese Spectra zum Gegenstand ausgezeichneter Forschungen und lenkte hiedurch zuerst die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit der Spectra der einfachen Stoffe.

Indem man durch eine Leidnerflasche den vom grossen Ruhmkorff-Apparat gelieferten Inductionsfunken an Intensität verstärkt, vermag man die Verflüchtigung der Elektroden so weit zu steigern, dass man im Spectrum des Funkens auch die charakteristischen Linien der Dämpfe der am schwersten schmelzbaren Metalle z. B. Eisen, Platin, Gold erhält. Die menschliche Kunst hat kein anderes Mittel sich diese Linien zu verschaffen. In meinem ersten Vortrage habe ich gezeigt wie Kirchhof aus der

Vergleichung dieser Linien mit den dunklen Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums auf die chemische Beschaffenheit der Photosphäre der Sonne schliessen konnte. Wenn er nachwies, dass Eisen in der Photosphäre der Sonne ist, Gold dagegen nicht, so konnte er beide Resultate nur durch Anwendung des grossen Ruhmkorff-Apparates, wie es auch wirklich geschah, erringen. So liefert die Ausbildung der Inductionsapparate der so viel Staunen erregenden Sonnenchemie eines ihrer wichtigsten Hilfsmittel. Gewiss wird dies Faraday, den am Abend seines Lebens stehenden Entdecker der Induction, mit besonderer Freude erfüllen und zeigt wie alle Fortschritte in der Erkenntniss der Naturgesetze, wenn sie auch scheinbar sich ferne stehen, sich früher oder später unterstützen und wie die Ausbildung eines jeden einzelnen Spezialgebietes für das grosse Ganze von Wichtigkeit ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1863

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Reitlinger Edmund

Artikel/Article: [Ueber elektrische Induction. 405-431](#)