

14. Galvanismus.

Ruhende und strömende galvanische Elektrizität. Wenn man in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäß zwei Platten verschiedener (heterogener) Metalle, z. B. eine Zink- und eine Kupferplatte eintaucht, so werden die oberen, aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden der Metallplatten elektrisch, und zwar sammelt sich in der Zinkplatte negative, in der Kupferplatte positive Elektrizität an.

Die Entstehung dieser Elektrizität ist eine Folge der chemischen Vorgänge, die sich zwischen den Metallen und der verdünnten Säure abspielen.

Bringt man nun die aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden der Metallplatten in leitende Verbindung, z. B. durch einen Kupferdraht

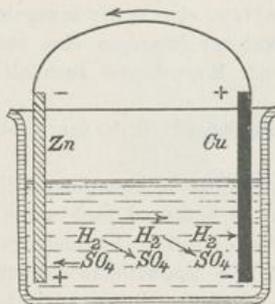


Fig. 93. Galvanischer Strom
(Galvanisches Element).

(Fig. 93), so findet eine Vereinigung der Elektrizitäten statt, indem die $+E$ des Kupfers (im Sinne des Pfeils) zum Zink und die $-E$ des Zinks (dem Pfeil entgegen) zum Kupfer hinüberströmt. Aber da die chemischen Vorgänge in der Flüssigkeit sich weiter abspielen, sammeln sich neue Mengen Elektrizität im Zink und im Kupfer an, welche sich abermals — durch den verbindenden

Kupferdraht hindurch — ausgleichen u. s. f. Auf diese Weise entsteht ein andauernder elektrischer Strom; von $+E$ vom Kupfer zum Zink und von $-E$ vom Zink zum Kupfer.

Ein ähnlicher Strom oder genauer gesprochen: zwei Ströme (ein positiv und ein negativ elektrischer) durchlaufen auch die Flüssigkeit im Gefäße; beides aber nur unter der Voraussetzung, dass die dualistische Hypothese der Elektrizität richtig ist oder, sagen wir: vorausgesetzt, dass wir uns auf der Grundlage dieser Hypothese bewegen. Die Richtung der Ströme in der Flüssigkeit ist die umgekehrte wie im Kupferdraht; die $+E$ geht vom Zink zum Kupfer (im Sinne des Pfeils), die $-E$ vom Kupfer zum Zink (entgegengesetzt der Richtung des Pfeils).

Diese Erscheinung lässt sich so erklären, dass die neutrale Elektrizität, welche anfänglich in den Metallen und der Flüssigkeit

vorhanden war, in Folge der chemischen Vorgänge sich in $+E$ und $-E$ trennte und dass an der Berührungsstelle zwischen Flüssigkeit und Zink sich die $+E$ in die Flüssigkeit, die $-E$ nach oben in die Zinkplatte begab, während die Vertheilung an der Berührungsstelle zwischen Flüssigkeit und Kupfer sich umgekehrt vollzog.

Im Ganzen entwickelt sich nun in dem System Zink / verdünnte Schwefelsäure / Kupfer (nebst Verbindungs- oder Leitungsdraht) ein zusammenhängender Strom positiver Elektrizität (vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer und weiter durch den Leitungsdraht zum Zink) und ein zusammenhängender Strom negativer Elektrizität (vom Kupfer durch die Flüssigkeit zum Zink und weiter durch den Leitungsdraht zum Kupfer).

Von beiden Strömen wird allgemein nur der positive näher betrachtet, da der negative ihm allemal entgegengesetzt gerichtet ist. Um die Richtung des ersteren zu behalten, merkt man sich zweckmässig die kurze Regel: Der positive Strom geht vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer.

Man nennt diesen (elektrischen) Strom einen galvanischen und die Elektrizität, welche er fortführt, galvanische Elektrizität oder Galvanismus.

Dieser Name rührt von dem Entdecker des Galvanismus her: dem Professor der Medicin Luigi Galvani in Bologna (1737—1798). Derselbe hatte enthäutete Froschschenkel mittels kupferner Haken an einem eisernen Gitter aufgehängt; kamen nun die Froschschenkel mit letzterem in Berührung, so stellten sich heftige Muskelzuckungen in ihnen ein. Hier lieferte das System Eisen / Froschschenkel / Kupfer einen elektrischen (galvanischen) Strom, dessen physiologische Wirkung in den Zuckungen der Froschschenkel bestand.

Alessandro Volta (1745—1827), der sich mit dieser Entdeckung beschäftigte, suchte die Erscheinung auf die Weise zu erklären, dass er annahm, es entstehe bei der blossen Berührung zweier verschiedener Metalle (Eisen und Kupfer) Elektrizität, und die Froschschenkel seien nur ein Mittel zum Nachweis dieser Elektrizität (durch ihre Zuckungen), ohne zu der Entstehung der Elektrizität selbst erforderlich zu sein. Nach seiner Anschauung heisst die in Frage stehende Art der Elektrizität daher Berührungs- oder Kontakt-Elektrizität.

Volta'scher Fundamentalversuch. In der That gelingt es auch mit Hilfe des von Volta erfundenen Kondensators (der im Princip der Einrichtung einer Leydener Flasche gleichkommt, in der äusseren Form einem Elektroskop ähnlich sieht), das Auftreten von Elektrizität bei der blossen Berührung zweier mit isolirenden Handhaben versehener Metallplatten (z. B. Kupfer und Zink) nachzuweisen (Volta's Fundamentalversuch). Doch ist es (auf Grund neuerer Versuche) wahrscheinlich, dass auf solchen Platten dünne Oxydschichten oder Ueberzüge von Feuchtigkeit sich gebildet haben, die dann bei der Berührung zur Abspiegelung chemischer Vorgänge den Anlass geben, auf Grund deren die galvanische Elektrizität gebildet wird.

Volta'sche Spannungsreihe. Die bei der Berührung zweier verschiedener (heterogener) Metalle entstehende Elektrizität ist auf dem einen positiv, auf dem andern negativ; und es lassen sich die Metalle in eine Reihe ordnen, derart, dass jedes voranstehende, mit einem folgenden berührt, positiv, jedes folgende, mit einem vorhergehenden berührt, negativ elektrisch wird. Diese Reihe heisst Volta'sche Spannungsreihe; sie lautet:

(+) Zink, Blei, Zinn; Wismuth, Antimon; Eisen, Kupfer, Silber; Gold und Platin. (—) An das negative Ende dieser Reihe schliesst sich von Nichtmetallen die Kohle (Gas- oder Retortenkohle) an.

Bei der Berührung zweier Körper der Spannungsreihe entsteht eine bestimmte elektrische Spannungsdifferenz (Potentialdifferenz), die ausschliesslich von der Natur der Körper, nicht aber von der Grösse und Form ihrer Berührungsfläche abhängig ist. Je weiter die sich berührenden Körper in der Spannungsreihe von einander entfernt sind, desto grösser ist die gebildete Spannungsdifferenz. Folgen die in Berührung gebrachten Körper nicht unmittelbar in der Spannungsreihe auf einander, so ist ihre Spannungsdifferenz gleich der Summe der Spannungsdifferenzen der zwischenliegenden Körper. Werden daher zwei Metalle durch ein Zwischenglied der Reihe in leitende Verbindung gesetzt, so ist die sich in beiden entwickelnde Spannungsdifferenz dieselbe, als ob sie sich unmittelbar berührten.

Leiter erster und zweiter Klasse. Diesem Gesetz der Spannungsreihe folgen nicht die Säuren, die Salzlösungen, die geschmolzenen Salze, überhaupt alle chemisch zusammengesetzten Flüssigkeiten. Sie nannte Volta Leiter zweiter Klasse im Gegensatz zu den Körpern der Spannungsreihe als Leitern erster Klasse. In einem geschlossenen Kreise, welcher mehrere Leiter erster Klasse und auch nur einen Leiter zweiter Klasse enthält, ist die Spannungsdifferenz von Null verschieden, wogegen ein geschlossener Kreis, der nur aus Leitern erster Klasse besteht, dem Gesetz der Spannungsreihe zufolge, die Spannungsdifferenz Null besitzt, d. h. keinen elektrischen Strom aufweist.

Die Leiter zweiter Klasse besitzen die Eigenthümlichkeit, den elektrischen Strom nur zu leiten, indem sie eine chemische Zersetzung erleiden, wie es in Fig. 93 angedeutet ist.

Elektromotorische Kraft. Die Thatsache, dass bei der Berührung zweier verschiedener leitender Stoffe nicht allein getrennte positive und negative Elektrizität auftritt, sondern auch eine Wiedervereinigung beider Elektrizitäten unterbleibt, findet ihre Erklärung in der Annahme einer besonderen Kraft, die an der Berührungsstelle wirksam wird und die Ursache der auftretenden elektrischen Spannungsdifferenz ist. Sie heisst elektromotorische Kraft. Man wird sie auf die stattfindenden chemischen Vorgänge zurückzuführen oder doch mit ihnen in innigem Zusammenhange stehend anzusehen haben.

Galvanisches Element und galvanische Batterie. Das auf S. 156 bis 157 beschriebene, einen galvanischen Strom liefernde System Zink/verdünnte Schwefelsäure/Kupfer (nebst Verbindungs- oder Leitungs-

draht) heisst eine einfache galvanische Kette oder ein galvanisches Element. Lässt man den Verbindungs- oder Leitungsdraht fort, so ist der Strom unterbrochen, und es sammeln sich — wie schon auf S. 156 erwähnt — die entstehenden Elektricitäten in den oberen Enden der Metallplatten an. Eine solche Kette heisst eine offene. Durch den Verbindungs- oder Leitungsdraht wird sie — und damit der galvanische Strom — geschlossen; daher heisst der Draht auch Schliessungsdraht. Die Enden der Metalle in einer offenen Kette heissen die Pole.

Wenngleich die galvanische Elektricität sich dadurch von der mittels Reibung erzeugten Elektricität vortheilhaft unterscheidet, dass sie einen andauernden Strom liefert, so steht sie doch insofern hinter letzterer zurück, als ihre Spannung geringer ist.

Einen stärkeren elektrischen Strom erzielt man durch Vereinigung mehrerer einfacher Ketten zu einer zusammengesetzten Kette oder einer galvanischen Batterie (Fig. 94).

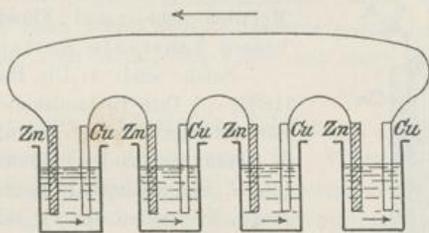


Fig. 94. Galvanische Batterie. (Von 4 Elementen.)

Die äusserste Zink- und die äusserste Kupferplatte einer Batterie bilden deren Pole, sie sind in der Figur durch einen Schliessungsdraht mit einander verbunden.

Ein anderes als das erwähnte Zink-Kupfer-Element ist das sogenannte Flaschenelement oder Chromsäureelement, das aus Zink und Kohle besteht, welche in eine mit Schwefelsäure gemischte Lösung von doppelt-chromsaurem Kali getaucht werden können.

Aus denselben Körpern sind die vielfach angewendeten Tauchbatterien zusammengesetzt.

Die Volta'sche Säule (1800) ist eine Batterie, welche aus über einander gelegten Zink- und Kupferplatten und damit abwechselnden, mit Kochsalzlösung getränkten Tuch- oder Pappscheiben aufgebaut ist; Reihenfolge z. B.: Kupfer, feuchter Leiter; Zink, Kupfer, feuchter Leiter; Zink, Kupfer, feuchter Leiter n. s. w., zuletzt: Zink, Kupfer, feuchter Leiter; Zink. Bei dieser Anordnung stellt ein von unten (vom Kupfer) kommender Draht den positiven Pol dar, ein von oben (vom Zink) kommender Draht den negativen Pol.

Konstante Ketten. Die Wirkung der angeführten galvanischen Ketten

(und Batterien) nimmt nach einiger Zeit an Stärke ab und der elektrische Strom hört zuletzt ganz auf. Der Grund für diese Erscheinung liegt in der chemischen Zersetzung, welche der Strom in der Flüssigkeit hervorrufft; das in derselben enthaltene Wasser wird in seine Grundstoffe Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Der Wasserstoff wandert mit dem positiven Strom (siehe S. 156, Fig. 93, sowie S. 162) und legt sich der Kupferplatte an, während der Sauerstoff sich in entgegengesetzter Richtung zur Zinkplatte begiebt und Oxydation und in Folge davon Auflösung des Zinks und Bildung von Zinkvitriol an Stelle der Schwefelsäure bewirkt. Die Umhüllung des Kupfers mit Wasserstoff verhindert die unmittelbare Einwirkung der Flüssigkeit auf das Kupfer und bewirkt sogar die Entstehung eines Gegenstromes (Berührung von Kupfer und Wasserstoffgas) — eine Erscheinung, die als elektrische Polarisation bezeichnet wird.

Um dem gedachten Uebelstande abzuweichen, wendet man statt einer: zwei Flüssigkeiten an, von denen die eine den entwickelten Wasserstoff verbraucht (Kupfervitriollösung, Salpetersäure u. a.). Beide Flüssigkeiten werden durch einen porösen, den Durchtritt des elektrischen Stromes nicht hindernden Thon-

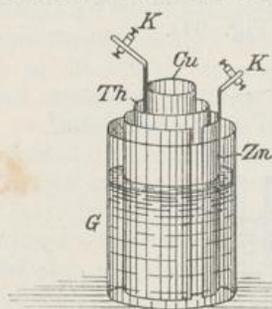


Fig. 95. Daniell'sche Kette.

cylinder (eine Thonzelle) von einander getrennt. Derartige Ketten, welche aus zwei Metallen und zwei Flüssigkeiten bestehen, heißen konstante Ketten.

Solche sind: 1. Die Daniell'sche Kette (1836). — Ihre Bestandtheile sind Kupfer in konzentrierter Kupfervitriol-Lösung und Zink in verdünnter Schwefelsäure. Das Glasgefäß *G* (Fig. 95) enthält die verdünnte Schwefelsäure, in welche der an beiden Enden offene Zinkcylinder *Zn* eingestellt ist; er umgibt die unten geschlossene Thonzelle *Th*, welche zur Aufnahme der Kupfervitriol-Lösung und des Kupferblechcylinders *Cu* bestimmt ist. In Folge von Zersetzung des Kupfervitriols lagert sich auf dem Kupferblechcylinder metallisches Kupfer (statt des Wasserstoffs) ab. — Die Klemmschrauben *K* dienen zur Aufnahme des Schliessungsdrahtes, bezw. eines Drahtes, der das Element mit einem zweiten, benachbarten zu einer Batterie verbindet. — Eine Zink-Kupfer-Kette ohne Thonzelle ist die Meidinger'sche (1859).

2. Die Bunsen'sche Kette (1842). — Ihre Bestandtheile sind Kohle in konzentrierter Salpetersäure und Zink in verdünnter Schwefelsäure.

3. Das Leclanché- oder Braunstein-Element. — Dessen Bestandtheile: Kohle, welche zwischen zwei Platten eingeklemmt ist, die aus einer Mischung von Braunstein, Kohle, Gummiharz und doppelt schwefelsaurem Kali bestehen, und Zink; nur eine Flüssigkeit: Salmiaklösung, die andere wird durch den sauerstoffreichen Braunstein ersetzt.

Accumulatoren. Von besonderer Bedeutung in der modernen Elektrotechnik sind die Polarisations- oder Sekundär-Elemente (Planté, 1859), auch Accumulatoren genannt. Zwei Bleiplatten werden unter Zwischenlagerung eines isolirenden Stoffes (Kautschukbänder) spiralförmig zusammen-

gerollt und in verdünnte Schwefelsäure getaucht. Der Anfang der inneren und das Ende der äusseren Bleiplatte sind mit Ansätzen versehen, die aus dem die Schwefelsäure enthaltenden Gefässe hervorragen und als Pole dienen. Zunächst wird nun vermittelst dieser Pole ein galvanischer Strom durch das Element hindurchgeleitet. Derselbe zersetzt das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Letzterer begiebt sich an den einen Pol und oxydirt die betreffende Bleiplatte zu Bleisuperoxyd (PbO_2), während der Wasserstoff an den andern Pol wandert und die dazugehörige Bleiplatte entweder unverändert lässt oder — wenn sie die Schwefelsäure chemisch verändert haben sollte — zu metallischem Blei reducirt. Auf diese Weise ist das Element geladen und giebt nun — nach Ausschaltung der zum Laden benutzten Batterie — selbst einen Strom, und zwar von entgegengesetzter Richtung wie der Ladungsstrom: Sekundärstrom.

Die Ladung des Elements bleibt längere Zeit unverändert. Erst nach ausserordentlich langem (unbenutztem) Stehenlassen nimmt die Ladung in erheblicherem Maasse ab, und erst nach tagelangem Gebrauch entladet sich das Element vollständig (durch allmählich fortschreitende Reduktion der oxydirten Bleiplatte).

Zu erneutem Gebrauch ist eine abermalige Ladung vonnöthen.

Die Ladung eines Planté'schen Elementes geht leichter und ausgiebiger vor sich, wenn die Bleiplatten (nach Faure) mit einem Ueberzug von Mennige versehen werden.

Wirkungen des elektrischen Stromes. Die Wirkungen des elektrischen Stromes sondern sich in: Wärme- und Lichterscheinungen, chemische Wirkungen, magnetische Wirkungen, physiologische Wirkungen und Induktionswirkungen.

Wenn zwischen die Pole eines galvanischen Elements bzw. einer Batterie ein Metalldraht gespannt wird, so dass der elektrische Strom ihn durchfließt, so findet eine Erwärmung des Drahtes statt, die sich bis zum Glühen und Schmelzen steigern kann, wenn der Draht dünn genug ist. Ferner erscheint in dem Augenblicke, in welchem eine metallische Leitung des elektrischen Stromes an einer Stelle unterbrochen wird, so dass eine Oeffnung des Schliessungskreises der Kette eintritt, ein Funke: der Oeffnungsfunke.

Von diesen Erscheinungen wird im elektrischen Licht Anwendung gemacht. Es sind zwei Arten desselben zu unterscheiden: das Glühlicht, das darin besteht, dass in einem luftleer gemachten Glasgefäss (Glasbirne) ein Kohlenfaden zum Glühen gebracht wird; und das Bogenlicht (der Davy'sche Lichtbogen), bei dem zwei Kohlenstäbe in die metallische Leitung eingeschaltet werden, zwischen denen ein Lichtbogen übergeht.

Gase, welche in Röhren eingeschlossen sind, glühen, wenn der elektrische Strom hindurchtritt, in verschiedenartigem farbigem Licht (Geissler'sche Röhren).

Elektrolyse. Die chemischen Wirkungen des Stromes sind bereits auf S. 158 und 160 erwähnt worden. Die dort beschriebene Zersetzung des Wassers in einem Leiter zweiter Klasse, sowie jede elektrische Zersetzung eines solchen Leiters selbst wird Elektrolyse genannt; der zersetzte Körper heisst Elektrolyt, die Bestandtheile, in die er zerfällt, die Ionen (oder Jonten). Diese wandern — das eine mit dem positiven, das andere mit dem negativen Strom und kommen an den Stellen zur Ausscheidung, wo der (positive) Strom in den Elektrolyten ein- bzw. aus ihm austritt, wie dies Fig. 93 an der Schwefelsäure veranschaulicht (die Ionen sind H_2 und SO_4).

Das mit dem positiven Strom wandernde Ion nennt man den elektropositiven Bestandtheil oder das Kation, das ihm entgegen (also mit dem negativen Strom) wandernde Ion den elektronegativen Bestandtheil oder das Anion.

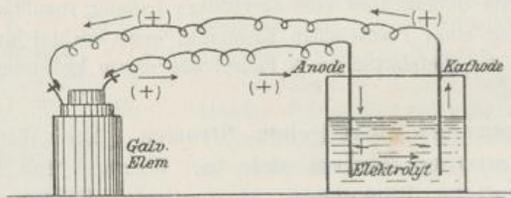


Fig. 96. Elektrolyse.

Die Pole eines galvanischen Elements oder einer Batterie, welche in ein Gefäss eintauchen, in dem ein Elektrolyt enthalten ist (vergl. Fig. 96), heissen Elektroden und werden als Anode (positiver Pol) und Kathode (negativer Pol) unterschieden. Da der positive Strom am positiven Pol oder an der Anode austritt und innerhalb des Elektrolyts von der Anode zur Kathode wandert, so scheidet sich nach dem zuvor Gesagten das Kation an der Kathode ab und dem entsprechend das Anion an der Anode (der elektropositive Bestandtheil am negativen Pol, der elektronegative Bestandtheil am positiven Pol).

Im Wasser ist der Wasserstoff elektropositiv (das Kation), der Sauerstoff elektronegativ (das Anion). Jener wandert also bei der Zersetzung des Wassers mit dem positiven Strom und scheidet sich an der Kathode (dem negativen Pol) ab, dieser wird an der Anode (dem positiven Pol) frei.

Das Volumverhältniss der frei werdenden Gase (Wasserstoff und Sauerstoff) ist dabei 2:1. Erste Zerlegung des Wassers durch die Volta'sche Säule durch Nicholson und Carlisle (1800).

Da die Menge der in einer bestimmten Zeit abgeschiedenen Gase der Stärke oder Intensität des galvanischen Stroms — der Stromstärke — proportional ist, so kann sie zur Messung der letzteren benutzt werden. (Voltmeter; Jacobi, 1839).

Die Hypothese von der Wanderung der Ionen (Grothuss, 1805) besagt, dass in jedem Wassermolekül der positiv elektrische Wasserstoff und der negativ elektrische Sauerstoff sich trennen, sobald der elektrische Strom hindurchgeht (nach Arrhenius' neuerer Ansicht herrscht von vornherein in jedem Elektrolyt Dissociation), und dass der Wasserstoff eines Wassermoleküls an der Anode von dieser abgestossen wird (beide positiv elektrisch!) und sich mit dem (negativ elektrischen) Sauerstoff des nächsten Wassermoleküls verbindet u. s. f., bis der Wasserstoff des letzten Wassermoleküls — an der Kathode — übrig bleibt und frei wird. Umgekehrt verhält es sich mit dem Sauerstoff. (Vergl. auch Fig. 93.)

Nach Faraday (1834) verhalten sich die Gewichtsmengen der durch den gleichen Strom aus verschiedenen Elektrolyten ausgeschiedenen Bestandtheile wie ihre chemischen Aequivalentgewichte. (Aequivalentgewicht = Atomgewicht, dividirt durch die Werthigkeit oder Valenz, also 1 g Wasserstoff = 1 H, 35,5 g Chlor = 1 Cl, 8 g Sauerstoff = $\frac{O}{2}$, $\frac{14}{3}$ g Stickstoff = $\frac{N}{3}$ u. s. w.)

Wie aus Wasser und Schwefelsäure der Wasserstoff an der negativen Elektrode (der Kathode) frei wird, so werden aus Lösungen von Metallsalzen, z. B. Kupfervitriol, Cyansilber + Cyankalium, Cyangold oder Goldchlorid, die Metalle (als elektropositive Körper gleich dem Wasserstoff) an der negativen Elektrode abgeschieden. Werden Gegenstände mit dieser verbunden oder bilden sie selbst die Kathode, so schlägt sich auf ihnen das Metall (Kupfer, Silber, Gold) nieder; es lassen sich so Kupferabdrücke von ihnen herstellen (Galvanoplastik; Jacobi, 1838, St. Petersburg), oder sie werden galvanisch versilbert oder vergoldet, desgl. vernickelt u. s. w. (Galvanisation oder Galvanostegie.)

Magnetische Wirkungen des elektrischen Stroms. Die eine Art der magnetischen Wirkung eines elektrischen oder galvanischen Stromes ist die Ablenkung der Magnetnadel aus ihrer durch den Einfluss der Erde bestimmten Lage. (Entdeckt durch Örsted, 1777—1851, zu Kopenhagen im Jahre 1820.) Die Art der Ablenkung wird am besten durch die Ampère'sche Regel bestimmt, und zwar für alle Fälle, mag die Nadel über, unter oder neben dem den galvanischen Strom leitenden Drahte sich befinden. Die Regel lautet: Denkt man sich selbst in den galvanischen Strom versetzt und zwar mit dem positiven Strome schwimmend, so, dass das Gesicht dem Nordende der Magnetnadel zugewendet ist, so wird dieses stets nach links abgelenkt.

Die Nadel kehrt in ihre ursprüngliche, normale Lage erst zurück, wenn der Strom unterbrochen wird.

Wird der Strom umgewendet, d. h. nimmt er — durch Vertauschung der Pole der Batterie oder mittels Anwendung eines sogenannten Kommutators oder Stromwenders — die entgegengesetzte Richtung im Drahte an, so schlägt das Nordende der Nadel nach der entgegengesetzten Seite aus wie zuvor.

Da die Grösse der Ablenkung nach einem bestimmten Gesetz von der Stromstärke abhängt, so kann sie zur Messung der letzteren benutzt werden. (Tangentenbussole; Pouillet, 1837.)

Der Einfluss schwacher elektrischer Ströme auf die Magnetonadel wird verstärkt, indem man den den Strom leitenden Draht in mehrfachen (möglichst zahlreichen) Windungen um die Nadel herumführt. Dies geschieht im Multiplikator (Schweigger, 1820 und Poggendorff, 1821). Die verschiedenen Drahtwindungen sind der Isolirung halber mit Seide umspunnen. Der Multiplikator wird als Strommesser auch Galvanometer genannt.

Jeder galvanische Strom erleidet eine gewisse Schwächung, wenn er eine Leitung — die die Pole verbindenden Drähte — durchläuft: Leitungswiderstand. Bei gleichem Querschnitt der leitenden Drähte ist dieser Widerstand der Länge proportional, bei gleicher Länge der Grösse des Querschnitts umgekehrt proportional. Von der Gestalt des Querschnitts ist er unabhängig, dagegen noch abhängig von der Natur (Substanz) der leitenden Drähte. Als Einheit des Leitungswiderstandes hat man den Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt festgesetzt: Siemens'sche Einheit (= 1 Siemens) (1849).

Eine besondere Schwächung erfährt der Strom beim Durchgang durch Flüssigkeiten, so innerhalb der Elemente, die den Strom erzeugen selbst: innerer Widerstand.

Nach dem Ohm'schen Gesetz (1826) ist die Stromstärke der Summe aller in der Kette wirksamen elektromotorischen Kräfte direkt, der Summe aller Leitungswiderstände umgekehrt proportional.

Die zweite Art der magnetischen Wirkung eines galvanischen Stroms wird im nächsten Kapitel besprochen werden.

Physiologische Wirkungen des Galvanismus. Die physiologischen Wirkungen des Galvanismus bestehen in Muskelzuckungen (beim Anfassen und Loslassen der beiden Pol-Enden mit angefeuchteten Fingern), sowie in Lichterscheinungen vor den Augen (wenn eine Stelle der Stirn mit der einen Pol-Platte, die Lippen mit der andern berührt werden) und in Geschmacksempfindungen (wenn der Strom die Zungennerven durchströmt).

Elektrische Induktion. Der galvanische Strom vermag ähnlich wie die Reibungselektricität Fernwirkungen auszuüben, welche man als Induktion bezeichnet.

Wenn ein auf eine Holzspule gewickelter, isolirter Kupferdraht — eine Drahtspirale —, welche ein galvanischer Strom durchfliesst, einer anderen Drahtspirale, welche mit einem Galvanometer verbunden ist (die aber kein Strom durchfliesst), genähert wird,

so entsteht in der zweiten Spirale ein elektrischer Strom, wie man an dem Ausschlag der Galvanometernadel erkennt. Dieser Strom heisst Induktionsstrom; seine Richtung ist der des erzeugenden Stroms oder Hauptstroms entgegengesetzt. Er ist nur von kurzer Dauer; aber beim Entfernen der ersten Spirale entsteht in der zweiten Spirale abermals ein Induktionsstrom, der dem ersten Induktionsstrom entgegen-, dem Hauptstrom also gleichgerichtet ist. (Fig. 97.)

Die erste Spirale, welche der erzeugende Strom durchfliesst, heisst Hauptspirale oder primäre Spirale, die zweite, in welcher der inducirte Strom auftritt, heisst Nebenspirale oder sekundäre Spirale.

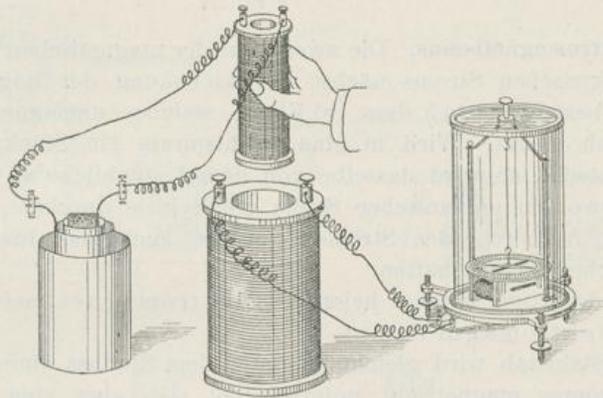


Fig. 97. Elektrische Induktion.

Die gleichen Induktionsströme, wie beschrieben, werden auch erzeugt, wenn man die Hauptspirale, bevor sie von einem galvanischen Strom durchflossen wird, in die (grössere) Nebenspirale hineinsteckt und dann in jener einen Strom entstehen und verschwinden lässt, was durch Schliessen und Oeffnen der mit der Hauptspirale verbundenen galvanischen Kette geschieht. Der durch Schliessen der Kette erzeugte Induktionsstrom heisst Schliessungsstrom (er ist dem inducirenden Strom entgegengesetzt), der durch Oeffnen der Kette erzeugte Induktionsstrom heisst Oeffnungsstrom (er ist dem inducirenden Strom gleichgerichtet).

Entdeckung der Induktionsströme durch Faraday, 1831.

Um mittels der Induktionsströme starke physiologische Wirkungen zu erzielen, ist in den Induktionsapparaten ein selbstthätiger Stromunterbrecher (Neef'scher Hammer) angebracht, welcher ein fortgesetztes schnelles, abwechselndes Oeffnen und Schliessen des Hauptstroms bewirkt. Dadurch erhält man in

der Nebenspirale eine Reihe schnell auf einander folgender Induktionsströme, die von grosser Stärke sein können.

Anziehung und Abstossung von Stromleitern. Sind zwei bewegliche Stromleiter (Drähte) parallel neben einander aufgehängt, so ziehen sie sich nach der Entdeckung Ampère's (1820) gegenseitig an, wenn sie von gleichgerichteten Strömen durchflossen werden, und stossen einander ab, wenn sie von entgegengesetzt gerichteten Strömen durchflossen werden.

15. Elektromagnetismus und Magnetoelektricität; Elektrodynamik und Dynamoelektricität.

Elektromagnetismus. Die zweite Art der magnetischen Wirkung eines elektrischen Stroms nächst der Ablenkung der Magnethadel (S. 163) besteht darin, dass er Eisen, welches unmagnetisch ist, magnetisch macht. Wird in eine Drahtspirale ein Stück weiches Eisen gesteckt, so wird dasselbe von dem Augenblicke an zu einem Magnet, wo ein galvanischer Strom die Spirale durchfliesst. Erst mit dem Aufhören des Stromes verliert auch das Eisen seine magnetischen Eigenschaften.

Ein derartiger Magnet heisst ein Elektromagnet, sein Magnetismus Elektromagnetismus.

Ein Stahlstab wird gleichfalls unter dem Einfluss eines elektrischen Stromes magnetisch, unterscheidet sich aber vom weichen Eisen dadurch, dass er seinen Magnetismus beibehält, wenn der Strom unterbrochen ist.

Auch wenn man ein Stück weiches Eisen einer von einem elektrischen Strome durchflossenen Drahtspirale nähert, wird es magnetisch; beim Entfernen wird es wieder unmagnetisch.

Aus der Thatsache des Elektromagnetismus, zusammengehalten mit der Erfahrung, die über Anziehung und Abstossung beweglicher Stromleiter gemacht worden war, leitete Ampère seine elektrische Theorie des Magnetismus ab (1826). Danach ist ein Magnet als ein von einem elektrischen Strome in spiralförmigen Windungen umflossener Eisenstab aufzufassen. Die Richtung dieses Stromes ist derart, dass, wenn man sich in demselben und mit ihm schwimmend denkt, so, dass man den Magnet anblickt, der Nordpol desselben sich zu linker Hand befindet.

Werden nun zwei Magnete einander mit ungleichnamigen Polen genähert, so sind die elektrischen Ströme der Magnete gleich gerichtet, und die Pole ziehen sich an; werden die Magnete einander