universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Geschichte der inductiven Wissenschaften, der Astronomie, Physik, Mechanik, Chemie, Geologie

von der frühesten bis zu unserer Zeit

Whewell, William

Stuttgart, 1841

Dreizehntes Buch. Fortsetzung der chemisch-mechanischen Wissenschaften. Geschichte des Galvanismus oder der Volta´schen Electricität

urn:nbn:at:at-ubi:2-7767

Dreizehntes Buch.

Fortsetzung der chemisch-mechanischen Wissenschaften.

Geschichte des Galvanismus oder der Volta'schen Electricität.

Percussae gelido trepidant sub pectore fibrae,
Et nova desuetis subrepens vita medullis
Miscetur morti: tunc omnis palpitat artus
Tenduntur nervi, nec se tellure cadaver
Paullatim per membra levat, terrâque repulsum est
Erectumque simul.

Lucan. VI. 752.

Unter der erkalteten Bruſt (des Leichnams) erzittern die erſchütterten Fibern, und in dem erſtorbenen Mark miſcht ſich neues Leben heimlich mit dem Tode. Plötzlich werden alle Glieder gerüttelt, alle Nerven geſpannt, und nicht leiſe, Glied nach Glied, erhebt ſich die Leiche, ſondern plötzlich wird ſie von der Erde ausgeſtoßen und ſteht aufrecht da.

Erſtes Kapitel.

Entdeckung der Volta'ſchen Electricität.

Wir haben die Gegenſtände, mit welchen wir uns in den beiden vorhergehenden Büchern beſchäftigt haben und auch in dem gegenwärtigen noch beſchäftigen werden, *chemiſch-mechaniſche Wiſſenſchaften* genannt, weil es ſich in ihnen um ſolche Erſcheinungen handelt, bei denen nicht blos mechaniſche Einwirkungen, wie Attraction und Repulſion, vorherrſchen, ſondern bei denen auch, wie wir bald näher ſehen werden, einige chemiſche Beziehungen ſtatthaben. In dem, was wir bisher über den *Magnetismus* geſagt haben, lagen die rein mechaniſchen Erſcheinungen vor allen Augen offen, aber ihre Verwandtſchaft mit der Chemie blieb noch verborgen, da wir derſelben bisher noch nicht erwähnen konnten.

Der *Galvanismus*, zu dem wir jetzt übergehen, gehört zu derſelben Gruppe von Erſcheinungen, die aber im Gegenſatze mit jenen, auf den erſten Blick wenigſtens, ein blos chemiſches Gepräge zu tragen, und mit der Mechanik in keiner näheren Relation zu ſtehen ſcheinen. In der That hatten wir den Zuſammenhang der galvaniſchen Phänomene mit der Chemie ſchon gleich anfangs entdeckt, während man auf ihre Verwandtſchaft mit der Mechanik erſt durch eine Reihe ſpäterer Entdeckungen ganz anderer Art geleitet wurde. Jedoch muß vor allem bemerkt werden, daß unter den erwähnten mechaniſchen Wirkungen hier nicht etwa jene convulſiviſchen Zuckungen der thieriſchen Glieder, die den Galvanismus hervorzubringen pflegen, verſtanden werden, denn dieſe Bewegungen werden nicht durch Attraction oder Repulſion, ſondern nur durch die Reizbarkeit der Muskeln erzeugt, und obſchon ſie auf das Daſein eines

eigenen Agens deuten, ſo ſind ſie doch ihrer Natur nach ganz ungeeignet, um als Maaß der Intenſität einer Kraft zu dienen oder zu irgend einem beſtimmten Geſetz zu führen.

Die verſchiedenen Klaſſen von Wirkungen, die wir hier betrachten — der Magnetismus, die Electricität, der Galvanismus, des Electro-Magnetismus, die Thermo-Electricität — ſind unter einander vorzüglich durch die Umſtände verſchieden, unter welchen dieſe Wirkungen erregt oder in Bewegung geſetzt werden. Dieſe Verſchiedenheiten ſind aber größtentheils chemiſcher Natur, und können daher erſt dann näher betrachtet werden, wenn wir, in dem Verlaufe unſerer Geſchichte, zu den Inductionen gelangen, durch welche die allgemeinen Principien der Lehre von der Chemie aufgeſtellt worden ſind. In den gegenwärtigen Theilen unſerer Darſtellung müſſen wir demnach die chemiſchen Bedingungen, von welchen die Erregung jener verſchiedenen Wirkungen abhängt, als gegeben oder zugeſtanden betrachten, und uns auf die bloße Geſchichte der Entdeckung der mechaniſchen Geſetze von jenen Erſcheinungen beſchränken.

Der erſte Schritt auf dieſer Bahn wurde von Galvani [1]),

1) Galvani (Aloiſ), Arzt und Phyſiker, geb. 9. Sept. 1737 zu Bologna. Er wollte in's Kloſter gehen und konnte nur mit Mühe von dieſem Entſchluſſe zurückgehalten werden. Als Arzt beſchäftigte er ſich vorzüglich mit der vergleichenden Anatomie und der Phyſiologie. 1762 wurde er Profeſſor der Anatomie in Bologna. Als er 1790 der neuerſtandenen cisalpiniſchen Republik den Eid der Treue verweigerte, verlor er ſeine Stelle und ſank bis zur eigentlichen Dürftigkeit herab. Er zog ſich zu ſeinem Bruder Jakob G. zurück, wo er am zerbrochenen Herzen und an der Abzehrung ſtarb, 4. Dezbr. 1798. Kurz zuvor hatte ihm die Republik ſeine frühere Stelle an der Univerſität wieder angeboten, aber er war bereits unfähig, ſie anzunehmen. Seine meiſten Aufſätze ſind in den Mem. de Bologna enthalten. Der vorzüglichſte derſelben iſt die folgende: De viribus electricitatis in motu musculari commentarius, die 1791 in den VII. Theil der Mém. de l'institut abgedruckt worden iſt. Dieſe Schrift enthält nur wenige Blätter, aber dieſe machen ſeinen Namen für alle Zeiten unſterblich. — Seiner Frau wurde zur Wiederherſtellung ihrer Geſundheit Froſchſuppe verordnet, die G. ſelbſt ihr zu bereiten pflegte. Zufällig lagen einige bereits abgehäutete Froſchſchenkel auf einem Tiſche neben einer Electriſirmaſchine. Ein Gehülfe berührte eben ſo zufällig mit der Meſſerſpitze einen dieſer Schenkel, der ſogleich in lebhafte Zuckungen

Profeſſor der Anatomie zu Bologna, gethan. Um das Jahr 1790 war die Electricität, als eine experimentelle Wiſſenſchaft,

---

gerieth. Die dabei gegenwärtige kranke Frau glaubte bemerkt zu haben, daß dieſe Zuckungen in demſelben Augenblicke ſtatthatten, als der Funken aus der electriſchen Maſchine ſprang. Sie berichtete es ihrem Manne, der ſogleich den Verſuch wiederholte und weiter verfolgte. Er fand dieſe Zuckungen immer wiederkehren, ſo oft man der Electriſirmaſchine Funken entzog, und zu gleicher Zeit den Froſch mit einem Leiter der Electricität, z. B. mit einem Metalldrahte berührte. Ohne Zweifel ließ ſich dieſe Erſcheinung aus den bisher bekannten Einwirkungen der electriſchen Materie ſehr leicht und genügend erklären, wie es auch ſpäter Pfaff, Ackermann und andere Phyſiker, beſonders aber Volta, gethan hat. Allein Galvani's Ideen ſtreiften auf ganz anderen Wegen umher. Aus ſeinen vielen und vielfältig abgeänderten Verſuchen glaubte er den Schluß ziehen zu müſſen, daß der thieriſche Körper mit einer ihm eigenthümlichen Electricität begabt iſt, die ſich beſonders in den Nerven zeigen, und deren wichtigſter Träger die Muskeln ſein ſollen, ſo daß gleichſam jede Fiber eine kleine Leidner Flaſche iſt, wozu die Nerven als Conductoren dienen. Dieſe ſogenannte Theorie war eine bloße Hypotheſe, die ſich nicht bewährt hat, und deren Anwendungen auf die Arzneikunde, ſo große Hoffnungen man ſich auch anfangs davon verſprach, jetzt beinahe ganz zur Seite geſtellt werden. Allein Galvani's weitere Verſuche führten zu anderen, in der Phyſik höchſt wichtigen Entdeckungen. Einſt hing er ſolche friſch abgehäutete Fröſche mittels kupferner Haken an eine eiſerne Terraſſe auf und fand, daß auch hier, ohne alle Einwirkung einer Electriſirmaſchine, die längſt todten Fröſche zu zucken anfingen, ſo wie ſie das Eiſen berührten. Später fand man, daß wenn ſich zwei ungleichartige Metalle berühren (z. B. eine Platte von Kupfer und von Zink), das eine dieſer Metalle ſogleich poſitiv, und das andere eben ſo ſtark negativ electriſch werde. Schiebt man zwiſchen beide Platten eine feuchte Tuchſcheibe, jedoch ſo, daß ſich die Platten noch an einem Rande berühren, ſo erhält man eine ſogenannte galvaniſche Kette, ſo gehen die entgegengeſetzten Electricitäten durch die Tuchſcheibe hindurch und vereinigen ſich, und es entſteht auf dieſe Weiſe eine continuirliche Strömung entgegengeſetzter Electricitäten nach entgegengeſetzten Richtungen, die ſich in jedem Augenblicke vereinigen und wieder von Neuem erzeugen. Dieß wird der galvaniſche Strom genannt. Derſelbe Vorgang findet auch ſtatt, wenn beide Platten, ſtatt ſich direct zu berühren, durch einen Metalldraht in Verbindung geſetzt werden, wo dann der electriſche Strom durch den Draht geht. So wie nun die

beinahe ſtationär geworden. Der Aufſchwung, der ihr durch die glänzenden Reſultate mit der Leidner Flaſche gegeben wurde, war gleichſam abgeſtorben; Coulomb beſchäftigte ſich nur mit der Theorie der ſtatiſchen Wirkungen ſeines electriſchen Fluidums, und in allen übrigen Zweigen dieſer Wiſſenſchaft wurde ſeitdem

---

Vereinigung der beiden entgegengeſetzten Electricitäten bei der Electriſirmaſchine ſehr merkwürdige Erſcheinungen hervorbringt, ſo iſt dieß auch bei der galvaniſchen Kette der Fall, nur mit dem Unterſchiede, daß hier die Wirkung zwar ſchwach, aber anhaltend iſt, während ſie bei der Electriſirmaſchine ſtark und plötzlich zu ſein pflegt, weil bei dieſer letzten keine Electricität mehr entwickelt wird, ſobald die Vereinigung einmal erfolgt iſt, doch laſſen ſich auch die Wirkungen der galvaniſchen Kette ſehr verſtärken, wenn man mehrere ſolcher größeren Metallplatten-Paare mit einander verbindet, ſo daß immer eine Kupferplatte mit einer Zinkplatte wechſelt, und zwiſchen je zweien dieſer Platten eine angefeuchtete Tuchſcheibe legt. Eine ſolche Vorrichtung wird eine galvaniſche (oder beſſer eine Volta'ſche) Säule genannt. Wenn man dann die beiden Enden (oder die ſogenannten Pole) einer ſolchen Säule durch einen guten Leiter (Metalldraht) in Verbindung ſetzt, ſo ſtrömt die poſitive Electricität aller Zinkplatten einerſeits, und die negative Electricität aller Kupferplatten andererſeits durch jenen Leiter ſich entgegen. Die Geſammtwirkung aller Platten wird ſummirt, und dann laſſen ſich auch im Akte der Vereinigung ſehr ſtarke Wirkungen hervorbringen.

Wenn ein abgehäuteter Froſchſchenkel zwiſchen die zwei ſich am Rande berührenden Platten einer galvaniſchen Kette (ſtatt dem erwähnten naſſen Tuche) gelegt wird, ſo wird dadurch der Froſchſchenkel in Zuckungen verſetzt. — Wenn man zwei mit den Polen einer galvaniſchen Säule in Verbindung ſtehende Metalldrähte in ein mit Waſſer gefülltes Gefäß leitet, ſo daß die Spitzen derſelben in geringem Abſtande von einander bleiben, ſo bewirkt der zwiſchen ihnen hindurchgehende Strom eine Zerſetzung des Waſſers, ſo daß ſich Sauerſtoff ~~in~~ an dem Zinkpole und Waſſerſtoff an dem Kupferpole entwickelt. Wenn man zwei große Platten, eine von Kupfer und eine von Zink, in ſaures Waſſer taucht, und ſie durch einen Metalldraht verbindet, ſo bringt der in dieſem Drahte ſich zuſammendrängende Strom eine ſolche Hitze hervor, daß der Draht zu glühen anfängt, mehrerer anderer Erſcheinungen hier nicht zu erwähnen, die man größtentheils alle den verſtärkten Wirkungen des Galvanismus durch die oben erwähnte „Säule“ verdankte, deren Erfinder Volta iſt. M. ſ. eine der nächſtfolgenden Noten. L.

weder eine bedeutende neue Entdeckung gemacht, noch auch für die früheren Entdeckungen irgend ein neues Princip aufgefunden.

Die erſte Ankündigung von Galvani's Entdeckung i. J. 1791 erregte großes Aufſehen, da uns dadurch die Electricität mit einem ganz neuen und merkwürdigen Charakter gezeigt wurde, deren Sitz nämlich in den Muskeln der Thiere ſein ſollte [2]). Man ſah die Schenkel eines ſecirten Froſches ſich bewegen, wenn ſie mit zwei Stücken verſchiedenen Metalls berührt wurden. Das Agens, welches dieſe Bewegungen erzeugte, wurde für identiſch mit der Electricität gehalten und daher auch animaliſche Electricität genannt. Dieſe erſten Verſuche Galvani's wurden ſofort, unter verſchiedenen Modificationen, in allen Theilen Europa's wiederholt, ſie erregten die allgemeine Aufmerkſamkeit und gaben endlich zu Speculationen der verſchiedenſten Art Veranlaſſung.

Das Geſchäft unſerer Geſchichte iſt es, den Charakter jeder großen Entdeckung zu zeichnen, die auf der Bahn der Erweiterung unſerer wiſſenſchaftlichen Kenntniſſe gemacht worden iſt. Man hat oft genug ſchon wiederholt, daß die meiſten dieſer Entdeckungen gewöhnlich nur das Werk des Zufalls ſind. Allein wir haben ſchon oben mehr als einmal Gelegenheit gehabt, dieſe Meinung als ungegründet zurückzuweiſen, und dafür jene vorbereitenden Ideen, aus welchen jene ſogenannten zufälligen Entdeckungen entſpringen, als die Hauptbedingungen ihres glücklichen Erfolges zu betrachten. Dieſe Zufälle, wenn ſie ja ſo genannt werden dürfen, ſind viel angemeſſener dem Funken zu vergleichen, der ein geladenes und auf ein beſtimmtes Ziel gerichtetes Feuergewehr entladet. Galvani's Entdeckung mag allerdings mit mehr Recht, als gewöhnlich, dem Zufalle zugeſchrieben werden, aber ſie enthielt auch in der Form, in welcher ſie zuerſt mitgetheilt wurde, nichts weſentliches Neues. Der Froſch lag in der Nähe des Conductors einer electriſchen Maſchine, und die Convulſionen deſſelben wurden nur dann bemerkt, wenn er von einem Funken aus der Maſchine getroffen wurde. Wäre Galvani ein eben ſo guter Phyſiker, als Anatom geweſen,

2) De viribus electricis in motu musculari, Commentar. Bonon. Vol. VII. 1792.

ſo würde er geſehen haben, daß die dadurch erzeugten Bewegungen bloß eine ſinnliche Anzeige der electriſchen Einwirkung auf die Muskeln oder Nerven oder auf beide zugleich ausdrücken. Erſt als er ſpäter, durch die bloße Berührung der beiden Metalle, dieſelben Bewegungen hervorbrachte, erſt dann war er in dem Beſitz einer für die Wiſſenſchaft neuen, wichtigen und fundamentalen Thatſache.

Die Analyſe dieſer Erſcheinung und ihre weitere Entwicklung war das Werk von Alexander Volta [3]), eines andern

---

3) Volta (Alexander), geb. 18. Febr. 1745 zu Como, ſcheint ſich ſehr früh ſchon mit Phyſik und Chemie beſchäftigt zu haben, da er in einer lateiniſchen Diſſertation, de vi attractiva ignis electrici von 1769 ſagt, daß er bereits vor ſechs Jahren über dieſen Gegenſtand mit Nollet in Korreſpondenz geweſen ſei, ein Umſtand, den wir beinahe bei allen großen wiſſenſchaftlichen Männern wieder finden und die mit Newtons bekannten Ausſprüchen, wie er zu ſeinen Entdeckungen gekommen ſei, im Zuſammenhange zu ſtehen ſcheint. Obſchon er durch dieſe Abhandlung und durch eine zweite von d. J. 1771 über denſelben Gegenſtand ſeinen Ruf gründete, ſo ſieht man doch ſchon in ihnen den Weg, den Volta auch fernerhin zu gehen beſtimmt war. In allen ſeinen Arbeiten bemerkt man nämlich einen beſondern Scharfſinn in der Deduction der von ihm beobachteten Thatſachen, inſofern dieſelben auf experimentellem Wege erreicht werden können, nicht aber jenen philoſophiſchen, von der mathematiſchen Analyſis geleiteten Geiſt, durch den z. B. Fresnel oder in ein noch höherem Grade Newton ausgezeichnet war. Dieſes ſein eigenthümliches Talent führte ihn 1775 auf die Entdeckung des Electrophors, und die fortgeſetzten Verſuche, dieſes nützliche Inſtrument immer mehr zu verbeſſern, leitete ihn endlich auch i. J. 1782 auf die Entdeckung des electriſchen Condenſators, der in der Phyſik von der größten Wichtigkeit geworden iſt. Indeß wurden dieſe zwei Inſtrumente ſchon zwanzig Jahre früher von Aepinus (m. ſ. die vorhergehende Note über Aepinus) gleichſam vorausgeſehen und auch die mathematiſche Theorie derſelben aufgeſtellt, während ſie Volta, ohne Zweifel auf ſeinem eigenen empiriſchen Wege, aber doch nur durch Combination der von ihm angeſtellten Experimente gefunden hat, ohne ſelbſt nachher die eigentliche Theorie derſelben gekannt zu haben. Er ſchrieb die Eigenſchaften dieſer beiden Inſtrumente einer Ausbreitung der electriſchen Materie um die Oberfläche der Körper zu, was er die electriſche Atmoſphäre dieſer Körper nannte, und es war ſelbſt Coulomb und Laplace unmöglich, ihn von dieſer irrigen Hypotheſe abzubringen. Eben ſo wenig konnten ihn

italiäniſchen Profeſſors. Seine innige Vertrautheit mit der Lehre von der Electricität und ſein Scharfſinn ſetzte ihn in den

---

dieſe Männer überzeugen, daß ſein aus Strohhalmen zuſammengeſetztes Electroſcop zwar das Daſein der kleinſten Theile der Electricität, aber keineswegs ein Mittel angeben könne, dieſelbe mit Genauigkeit zu meſſen. Dieſes letzte Mittel mußte erſt von Coulomb ſelbſt gefunden werden, und auf ihm beruht auch in letzter Inſtanz die wahre Lehre von der Electricität. Volta's nicht mathematiſcher Geiſt mißkannte den großen Vortheil eines ſolchen Maaßes noch lange, nachdem es ſchon von andern gefunden war, und er zog beſtändig ſeine unvollkommene Approximationen jener ſtrengen Meſſungen vor (Volta's Werke Vol. I. Pars II. S. 71.) Noch mehr tritt dieſer Unterſchied zwiſchen ihm und Coulomb hervor in ihren beiderſeitigen Abhandlungen über die electriſchen Conductoren, wo Volta's Talent als Beobachter und Combinator ſeine Experimente ihn durch eine Art von Inſtinkt zwar immer der Wahrheit entgegenführt, ohne ſie jedoch zu erreichen, während die genauen Meſſungen Coulombs, mit Hülfe der mathematiſchen Analyſis, ſogleich zu den wahren Geſetzen der hier in Rede ſtehenden Erſcheinungen leitet und dieſelben unabänderlich feſtſtellt. Dieſe Bemerkungen haben nicht die Abſicht, das in der That oft wahrhaft bewunderungswürdige Talent Volta's zu verkleinern, ſondern vielmehr nur die Nothwendigkeit zu zeigen, alle Unterſuchungen in den Naturwiſſenſchaften von der Hand der mathematiſchen Analyſis leiten zu laſſen. — Noch hat Volta's Scharfſinn mehrere andere Inſtrumente ausgedacht, die in der Phyſik und Chemie noch heut zu Tage von dem größten Nutzen ſind, wie z. B. das electriſche Eudiometer, die Lampe mit brennbarer Luft, das electriſche Piſtol u. dergl. Am meiſten aber wurde er berühmt durch ſeine große und wichtige Entdeckung der Entwicklung der Electricität durch die gegenſeitige Berührung zweier Körper, und durch die Erfindung der nach ihm benannten Volta'ſchen Säule (m. ſ. die vorhergehende Note über Galvani), durch welche erſt die Erſcheinungen des Galvanismus im Großen dargeſtellt, und der eigentlichen Wiſſenſchaft angeeignet werden konnten. — Volta, ſeit 1774 Profeſſor der Phyſik in Pavia, wiederholte die Verſuche, die Galvani in Bologna 1790 an Froſchſchenkeln, an dem Eiſengitter ſeiner Terraſſe und zwiſchen zwei Platten von Zink und Kupfer gemacht hatte. Er variirte und vervollkommnete dieſe Verſuche, verſtärkte ihre Reſultate durch Anwendung ſeiner „Säule," und konnte ſelbſt die kleinſten Wirkungen der in dieſem Verſuche thätigen Electricität mittels des von ihm erfundenen „Condenſators" deutlich erkennen. Die erſten Entdeckungen, die er auf dieſe Weiſe gemacht hatte, ſendete er 1792 an die k. Societät in London, nur

Stand, aus dieſem Winke Galvani's die Baſis einer neuen Wiſſenſchaft zu machen. Galvani ſcheint nur wenig allgemeine Kenntniß der Electricität beſeſſen zu haben, Volta aber hatte ſich ſeit ſeinem achtzehnten, bis nahe zu ſeinem fünfzigſten Jahre eifrigſt damit beſchäftigt, wie er denn auch der Erfinder des Electrophors und des electriſchen Condenſators iſt, welche beide Inſtrumente viel practiſche Geſchicklichkeit vorausſetzen. Als er zuerſt ſeine Aufmerkſamkeit auf Galvani's Verſuch gerichtet hatte, bemerkte er bald, daß der letzte ſich weit mehr, als er ſollte, über diejenigen ſeiner Experimente verwunderte, bei welchen der Funken der Electriſirmaſchine mit im Spiele war, und daß eigentlich nur jene anderen galvaniſchen Verſuche ein neues Naturgeſetz oder eine neue Gattung von

---

ein Jahr nach der Bekanntmachung des Galvaniſchen Werkes über die „animaliſche Electricität." Im Jahre 1800 theilte er derſelben Societät auch ſeine Erfindung der „Säule" mit, nachdem er ſchon 1794 von ihr die Copley'ſche goldene Medaille erhalten hatte. Galvani hatte aus ſeinen Beobachtungen die Anſicht abgeleitet, daß der thieriſche Körper eine ihm eigenthümliche Electricität enthalte, die durch das gleichzeitige Berühren der Muskeln und Nerven in dem Körper in Umlauf geſetzt und zu einer Entladung gebracht werde. Er nahm alſo den animaliſchen Körper als den Erreger, und die ihn berührenden Metalle als die bloßen Leiter dieſer Electricität an. Volta aber fand ſich aus ſeinen Verſuchen berechtigt, die Sache umzukehren, und er ſah die Metalle als Erreger, und den animaliſchen Körper als bloßen Ableiter der Electricität an. Durch Napoleons Eroberungen in Italien 1801 wurden Volta's Entdeckungen auch in Frankreich bekannt und ſchnell verbreitet. Volta wurde von dem erſten Conſul nach Paris berufen, wo er vor ihm und den Mitgliedern des Inſtituts ſeine Verſuche wiederholte. Sie wurden mit dem größten Beifall aufgenommen. Volta erhielt ein anſehnliches Geſchenk und wurde nach einander zum Deputirten der Univerſität Pavia, zum Mitgliede des Inſtituts von Frankreich und Italien, zum Senator und endlich zum Grafen erhoben. Seit dieſer Zeit hörte man nur wenig mehr von ſeinen wiſſenſchaftlichen Arbeiten. Im Jahr 1815 wurde er zum Director der philoſophiſchen Studien in Pavia ernannt. Seine letzten Jahre verlebte er in ſeiner Vaterſtadt Como, wo er am 6. März 1826 im 81ſten Jahre ſeines Alters ſtarb. Seine Mitbürger errichteten ihm ein Denkmal. Eine vollſtändige Ausgabe ſeiner Werke gab Antinori zu Florenz 1826 in fünf Bänden. M. ſ. noch Zuccala's Elogio del Conte Aless. Volta. Bergamo 1827. L.

Electricität anzuzeigen ſcheinen, bei welchen jene Maſchine nicht weiter gebraucht wurde [4]). Auch überzeugte er ſich bald darauf (gegen das Jahr 1794) von den folgenden Thatſachen [5]): daß die weſentliche Bedingung der hier in Rede ſtehenden Erſcheinungen von den Metallen abhänge; daß die Wirkung am deutlichſten hervortrete, wenn zwei verſchiedene Metalle einander berühren und mit einem andern feuchten Körper in Verbindung gebracht werden, und daß endlich die bei dieſen Verſuchen angewendeten Theile des thieriſchen Körpers zugleich das Geſchäft jener feuchten Körper und das eines ſehr empfindlichen Electrometers übernahmen. Nach dieſen Bemerkungen wollte er auch die animaliſche Electricität, wie Galvani ſie genannt hatte, mit größerem Rechte, wie er glaubte, die Metall-Electricität genannt wiſſen.

Daß man in dieſen Erſcheinungen eine ganz neue Art von Electricität erkennen wollte, daran war wohl die Verwirrung ſchuld, in welcher Galvani gleich anfangs jene beiden Verſuche, wo die Electriſirmaſchine gebraucht und nicht gebraucht wurde, mit einander verwechſelte. Allein man kam von dieſem Irrthume bald wieder zurück, und man erkannte ſofort die Identität aller dieſer Erſcheinungen, nachdem man bei dieſen neuen Verſuchen gefunden hatte, daß auch hier der alte Unterſchied der Körper, in leitende und nicht leitende, dieſelbe Hauptrolle ſpielte. Die genauere Zurückführung der neuen Phänomene auf die bereits bekannten Geſetze der Electricität bildet einen ſehr wichtigen Fortſchritt der Wiſſenſchaft.

Die Benennung der „thieriſchen Electricität“ ging ſpäter in die jetzt gewöhnlichere des „Galvanismus“ über. Aus dem Vorhergehenden aber ſcheint mir zu folgen, daß bei dieſer Entdeckung Volta's Verdienſt von einer viel höheren und mehr wiſſenſchaftlichen Art ſind, als die ſeines Vorgängers, und daß daher die Benennung der „Volta'ſchen Electricität,“ die auch mehrere der beſſeren Naturforſcher bereits angenommen haben, unter allen die angemeſſenſte ſein möchte.

Volta begründete ſeinen Anſpruch auf die eigentliche Be-

4) Philos. Transact. 1793, p. 21.

5) M. ſ. Fiſchers Geſchichte, VIII. p. 625.

gründung dieſer Wiſſenſchaft noch durch eine andere wichtige Erfindung. Mehrere von denen, die Galvani's Verſuche in allen Gegenden Europa's eifrig wiederholten, hatten ſchon den Wunſch laut werden laſſen, ein Mittel zu beſitzen, die Wirkungen dieſer neuen Electricität, wie ſie dieſelbe nannten, eben ſo zu verſtärken und zu vervielfältigen, wie dieß bisher bei der Electriſirmaſchine durch die Leidner Flaſche geſchehen war. Wahrſcheinlich glaubten ſie damals ihren Wunſch noch weit von ſeiner Erfüllung entfernt. Aber die Volta'ſche Säule, die Volta bald darauf in den Philos. Transactions für das Jahr 1800 bekannt machte, wurde ſofort der gehegten Erwartung vollkommen entſprechend gefunden, und war auch in der That ein weit wichtigerer Schritt noch in der Geſchichte der Electricität, als ſelbſt die Leidner Flaſche. Dieſes Inſtrument hat ſeitdem verſchiedene Abänderungen und Verbeſſerungen erlitten, von denen die vorzüglichſte die von Cruikshanks [6]) iſt, der jene Säule mit großem Vortheile einen Trog ſubſtituirte, wodurch gleichſam eine fortgeſetzte Wiederholung jener dreifachen Combination zweier Metalle mit einem ſie berührenden feuchten Körper erhalten wird, in welcher dieſelben einen in ſich ſelbſt zurückkehrenden krummen Kanal bilden.

Eine Vorrichtung dieſer Art iſt geeignet, ganz außerordentliche Wirkungen für die Erzeugungen des Lichts und der Wärme ſowohl, als auch der chemiſchen Veränderungen hervorzubringen. Allein hier iſt nicht der Ort, in die näheren Umſtände und Folgen dieſer Wirkungen, die eigentlich in das Gebiet der Chemie gehören, einzugehen. Wir begnügen uns mit der Analyſe der Bedingungen, unter welchen jene Wirkungen ſtatthaben, und dieſe Analyſe hat uns, man kann es mit Recht ſagen, Volta zu der Zeit, von welcher wir hier ſprechen, vollſtändig geliefert.

---

6) M. ſ. Fiſcher's Geſchichte, VIII. p. 688.

Zweites Kapitel.

Aufnahme und Beſtätigung der Entdeckung der Volta'ſchen Electricität.

Galvani's Verſuche erregten in ganz Europa ein großes Intereſſe, vorzüglich wegen dem, wie wir bereits geſagt haben, eigentlich unweſentlichen Umſtande, daß ſie mit den Contractionen und Senſationen der thieriſchen Muskeln in ſo naher Verbindung ſtanden. Galvani ſelbſt hatte nicht nur den Urſprung dieſer Electricität in dem animaliſchen Körper geſucht, ſondern auch auf dieſe Vorausſetzung hin eine Art von Theorie [1]), in welcher er die thieriſchen Muskeln als mit Electricität geladene Gefäße, und die Nerven als die entladenden Drähte betrachtete, und darüber erhob ſich in Italien durch längere Zeit ein Streit zwiſchen den Anhängern von Volta und Galvani [2]).

Die galvaniſchen Verſuche, beſonders die eine nähere Verwandtſchaft mit der Phyſiologie anzudeuten ſchienen, wurden von den meiſten Naturforſchern Europa's, vorzüglich aber von Wilhelm von Humboldt berichtiget und erweitert. Eine zu dieſem Zwecke im Jahre 1797 ernannte Kommiſſion des Inſtituts von Frankreich wiederholte mehrere dieſer Experimente, aber ohne, wie es ſcheint, einen der beſtrittenen Punkte zu entſcheiden. Die Unterſuchungen dieſer Kommiſſion bezogen ſich mehr auf die Entdeckungen Galvani's, als auf die von Volta, und in der That war auch die letzte in Frankreich kaum bekannt, bis zur Eroberung Italiens von Bonaparte im Jahre 1801. Zu dieſer Zeit war Frankreich, durch ſeine Kriege von allen andern Ländern Europa's, beſonders aber von England [3]) getrennt, wo Volta's Memoiren zuerſt gedruckt wurden.

Die politiſche Umwälzung Italiens wirkte auf jene beiden Entdecker auf eine ganz verſchiedene Weiſe. Galvani weigerte ſich, der cisalpiniſchen Republik, die der franzöſiſche Eroberer

---

1) Fiſcher's Geſchichte, VIII. p. 613. 2) Ibid. VIII. p. 619.
3) Biographie universelle. Art. Volta (von Biot).

errichtet hatte, den Eid der Treue zu leisten. Er wurde deßhalb von allen seinen amtlichen Geschäften entfernt und in Folge der Noth jener Zeiten, auch der meisten seiner Verwandten beraubt. Er versank in Armuth, Trübsinn und geistige Schwäche. Endlich fanden sich die republikanischen Regenten, durch seinen wissenschaftlichen Ruf bewogen, ihn wieder in seine frühere Professorstelle einzusetzen. Aber ihre Anerkennung seiner Ansprüche kamen zu spät: Galvani starb im Jahre 1798, ohne Genuß der ihm zugedachten Gunst.

Volta, im Gegentheile, wurde von Bonaparte nach Paris berufen und als ein ausgezeichneter Mann der Wissenschaft mit Ehren, Besoldungen und Titeln überhäuft. Der Eroberer selbst hatte an den Untersuchungen des Naturforschers einen innigen Antheil genommen [4]), und nahmhafte Preise ausgestellt, um den interessanten Gegenstand weiter zu verfolgen. Zu jener Zeit lag etwas in diesem Gegenstande, das auf den italiänischen Geist Napoleons mit vorzüglicher Anziehungskraft zu wirken schien. Denn die ersten Schimmer von großen, viel versprechenden Entdeckungen pflegten immer in seinen denkenden Landsleuten eine enthusiastische Thätigkeit der Speculation zu erregen, die aber im Allgemeinen von einem Mangel an scharfbestimmten Begriffen begleitet ist. Als der Kaiser, so erzählt man [5]), einst einer Zersetzung des Salzes durch die Volta'sche Säule als Zuschauer beiwohnte, wendete er sich zu seinem Leibarzt Corrisart mit den Worten: „Sehen Sie hier, Doctor, das Bild des Lebens: „die Wirbelbeine bilden die Säule, und die Leber ist der negative, „so wie die Blase der positive Pol."

Die Verbindung der mechanischen Wirkung mit der chemischen war der erste große Gegenstand mit dem man sich beschäftigte, und zu diesem Zwecke wurden denn auch die Gesetze der mechanischen Wirkung der Volta'schen Säule vor allem näher untersucht.

Man wird leicht zugeben, daß die auf diese Weise begonnenen Untersuchungen den Weg zu einer großen Anzahl von interessanten Discussionen eröffnete; doch wollen wir bei ihnen nicht länger verweilen, da sie größtentheils unentschieden blieben,

4) Becquerel, Traité d'Electr. Vol. I. p. 107. 5) Ibid. p. 108.

bis ſie endlich ihr wahres Licht aus einer ganz anderen Quelle erhielten. So wurde z. B. die Identität des Galvanismus mit der Electricität anfangs, wie bereits erwähnt, mehr geahnet, als in der That bewieſen. Dr. Fowler läugnete dieſe Identität im Jahre 1793, aber zwei Jahre ſpäter wurde ſie von Dr. Wells wieder in Schutz genommen, und nachher von Davy neuerdings bezweifelt. Auch hatte man über die Natur der Wirkungen der Volta'ſchen Säule ſehr verſchiedene Anſichten aufgeſtellt. Volta hatte im Jahre 1800 die durch ſeine ſpäteren Verſuche beſtätigte Idee gefaßt [6]), daß dieſe Wirkungen dann einer ſchwach geladenen electriſchen Batterie ähnlich ſeien, deren immer neue Entladungen ſchnell nach einander erfolgen. In Folge dieſer Anſicht wurde ſpäterhin (z. B. von Ampère im Jahre 1820) die gewöhnliche electriſche Wirkung eine *electriſche Spannung*, die Volta'ſche Wirkung aber ein *electriſcher Strom* (oder auch eine electromotirte Action) genannt. — Nicht weniger merkwürdig erſchienen die ſehr verſchiedenen Wirkungen, die man durch die Vergrößerung der Oberfläche, oder der Anzahl der Metallplatten in dem Volta'ſchen Trog erhielt. Die Entwickelung hoher Temperaturen wurde von der Größe dieſer Platten abhängig gefunden, während auf der anderen Seite die Erzeugung chemiſcher Veränderungen mehr von der Anzahl dieſer Platten abzuhängen ſchien. Die erſte dieſer Wirkungen wurde der größeren *Quantität*, die zweite der größeren *Intenſität* des electriſchen Fluidums zugeſchrieben. Wir erwähnen hier dieſe Unterſcheidungen mehr um die Sprechweiſe anzuführen, in welchen die Reſultate der nun folgenden Unterſuchungen dargeſtellt worden ſind, als in der Abſicht, die zu jener Zeit herrſchenden Hypotheſen, auf welche ſie ſich beziehen, dadurch auch ſchon als klar aufgefaßt und wohl begründet zu erklären. Zu dieſem letzten Zwecke mußten noch mehrere neue Entdeckungen gemacht werden, zu welchen wir jetzt übergehen wollen.

---

6) Philos. Transact. 1800. p. 403.

Drittes Kapitel.

Entdeckung der Geſetze der gegenſeitigen Attraction und Repulſion der Volta'ſchen Ströme. Ampère.

Um die Stelle, welche die Volta'ſche Electricität unter den chemiſch-mechaniſchen Wiſſenſchaften einnimmt, näher zu bezeichnen, müſſen wir vorerſt von den mechaniſchen Geſetzen derſelben ſprechen, abgeſondert von den Geſetzen der electro-magnetiſchen Wirkung, obſchon man in der That erſt durch die Wirkungen, welche die conducirenden Volta'ſchen Drähte auf den Magnet äußern, diejenigen Kräfte erkennen lernte, die ſie unter einander ausüben. Dieſe letzte Entdeckung hat Ampère gemacht, und die außerordentlich ſchnelle und ſcharfſinnige Weiſe, mit welcher er aus dem electro-magnetiſchen Verſuche Oerſted's (von dem wir im nächſten Kapitel ſprechen werden), die Idee dieſer Kräfte in ſeinem Geiſte aufgefaßt hat, berechtigt uns, ihn als einen großen und von anderen ganz unabhängigen Entdecker zu betrachten. Ganz richtig, ſagte er [1]): „Wenn ein „Conductordraht auf den Magnet einwirkt, ſo folgt daraus noch „nicht, daß zwei ſolche Drähte auch auf einander einwirken „müſſen, da ja auch zwei weiche Eiſenſtücke, deren jedes auf „den Magnet wirkt, gegen einander ſelbſt ohne alle Wirkung „ſind.“ — Aber unmittelbar nach der Bekanntmachung von Oerſted's berühmtem Verſuche, im Jahre 1820, wußte ſich Ampère gleichſam mit einem einzigen Sprunge zu einer allgemeinen Theorie dieſer Erſcheinungen zu erheben, zu einer Theorie, von der die gegenſeitige Attraction und Repulſion der Volta'ſchen Conductorfäden die Grundlage bildeten. Dieſe ſeine Vorausſetzung wurde ſofort durch directe Verſuche bewährt, und Ampère wußte mit eben ſo großer practiſcher Geſchicklichkeit, als theoretiſcher Gewandtheit in der mathematiſchen Analyſe dieſe Geſetze der Attraction und Repulſion ſchnell und ſicher zu beſtimmen.

Allein die experimentelle ſowohl, als auch die analytiſche Unterſuchung der gegenſeitigen Einwirkungen der Volta'ſchen

---

1) Théorie des Phénom. Electrodynamiques, p. 113.

oder electriſchen Ströme war mit der Aufſuchung der Geſetze des Electro-Magnetismus, der zu dieſer Inveſtigation Gelegenheit gegeben hatte, ſo innig vermengt, daß wir dieſe beiden Unterſuchungen nicht weiter als von einander getrennt betrachten können. Wenn daher die Erwähnung der Entdeckungen Ampère's an dieſer Stelle ſchon als vorſchnell erſcheint, ſo konnte ſie doch auch nicht ganz vermieden werden, da Ampère als der Gründer einer eben ſo ſchönen als allgemeinen Theorie zu betrachten iſt, die nicht nur die Phänomene, die aus Oerſted's Verſuche hervorgingen, vollkommen erklärt, ſondern die uns auch mit anderen bisher verborgenen Kräften bekannt gemacht hat, mit Kräften, die in vielen, beinahe alltäglichen Erſcheinungen wirkſam ſind, und von deren Daſein man doch nicht eher etwas erfuhr, bis jene Theorie ſie uns erkennen lehrte.

Viertes Kapitel.

Entdeckung der electro-magnetiſchen Wirkung. Oerſted.

Der Aufſchwung, den die Lehre von der Electricität als einer mechaniſchen Wiſſenſchaft im Jahre 1791 durch die Entdeckung des Galvanismus und im Jahre 1800 durch die der Volta'ſchen Säule erhalten hatte, verlor ſich wieder im Laufe der zwei nächſten Decennien, und dieſe Wiſſenſchaft ſchien wieder ſtationär zu werden, als im Jahre 1820 Oerſted [1]) in

---

1) Oerſted (Johann Chriſtian), Profeſſor der Phyſik in Kopenhagen und Staatsrath, geb. 14. Aug. 1777 auf der däniſchen Inſel Langeland, wo ſein Vater Apotheker war. Seit 1794 beſuchte er die Vorleſungen der Univerſität zu Kopenhagen, wo er mehrere Preiſe gewann, und 1799 Doktor der Philoſophie und pharmaceutiſcher Adjunct der mediciſchen Facultät wurde. Schon zu dieſer Zeit beſchäftigte er ſich eifrigſt mit den damals ſo beliebten Unterſuchungen an der Volta'ſchen Säule. Im Jahr 1801 — 1803 bereiſte er Deutſchland, Holland und Frankreich. Nach ſeiner Rückkehr hielt er ſchon beſuchte Vorleſungen über Chemie

Kopenhagen ſeine Entdeckung bekannt machte, nach welcher der Conductordraht der Volta'ſchen Säule auf die Magnetnadel einwirkt. Dadurch wurde der früher ſchon öfter gewagte, aber immer mißrathene Verſuch, den Magnetismus mit der Electricität in nähere Verbindung zu bringen, auf eine ſehr lebhafte Weiſe wieder aufgeweckt, und die Aufmerkſamkeit aller Naturforſcher auf dieſen intereſſanten Gegenſtand gerichtet. Oerſted fand aus ſeinen Verſuchen, daß die Magnetnadel ein Beſtreben äußere, ſich gegen den Draht unter einen rechten Winkel zu ſtellen, eine Erſcheinung, die man bisher auch nur zu ahnen weit entfernt war.

Dieſe Beobachtung Oerſted's war von großer Wichtigkeit, auch beſchäftigte ſie, gleich nach ihrer Bekanntwerdung, die erſten

---

und Phyſik und wurde 1806 zum Profeſſor der Phyſik ernannt. 1812 und 1813 unternahm er eine zweite Reiſe und gab während derſelben zu Berlin ſeine „Anſichten der chemiſchen Naturgeſetze“ heraus, die er ſpäter mit Marcel de Serres in einer franzöſiſchen Ueberſetzung und Umarbeitung unter dem Titel herausgab: Recherches sur l'identité des forces électriques et chimiques. Nach ſeiner Rückkunft in Kopenhagen erſchien 1815 ſein Tentamen nomenclaturae chemicae omnibus linguis scandinavico-germanicis communis. Nach einer Reiſe nach England 1822—1823 ſtiftete er in Dänemark die Geſellſchaft zur Verbreitung der Naturlehre, die in den verſchiedenen Städten des Landes Vorleſungen halten läßt. 1829 wurde er Director der polytechniſchen Anſtalt. Am meiſten wurde ſein Ruf begründet durch ſeine Entdeckung des Electro-Magnetismus, die er 1819 machte und in ſeiner Schrift (Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticum) veröffentlichte. Wenn der die Pole einer Volta'ſchen Säule verbindende Draht parallel mit einer frei ſchwebenden Magnetnadel, über oder unter dieſer Nadel, gehalten wird, ſo wird dadurch die Nadel aus ihrer gewöhnlichen Richtung abgelenkt und ſenkrecht gegen die Richtung des Drahtes geſtellt. Dieß iſt die Haupterſcheinung des Electro-Magnetismus, an der ſich jedoch in der Folge eine ſo große Menge anderer Thatſachen geknüpft hat, daß dieſer Gegenſtand nun einen eigenen Abſchnitt der Phyſik bildet. Von den vielen neuen Anſichten, die daraus hervorgegangen ſind, hat ſich beſonders die von Ampère bemerklich gemacht, nach welcher der Magnetismus in electriſchen Strömungen beſteht, die aber nur um die kleinſten Theile des Eiſens oder des Stahles ſtatthaben. M. ſ. Frihner's Elementarlehrbuch des Electro-Magnetismus. Leipzig, 1830, und Poggendorff's Annalen der Phyſik und Chemie. Vol. 24 und f. L.

Naturforſcher Europa's, um die Bedingungen und Folgen dieſer Entdeckung näher kennen zu lernen. Oerſted's großes Verdienſt bei dieſer Entdeckung würde man ohne große Ungerechtigkeit nicht verkennen dürfen. Wir haben bereits öfter zu bemerken Gelegenheit gehabt, daß die Menſchen jede wichtige Entdeckung ſo gerne für zufällig halten, und auch jene iſt dieſem Schickſale nicht entgangen [2]). Allein Oerſted hatte dieſem ſogenannten Zuſtand eifriger und beharrlicher nachgeſpürt, als irgend ein anderer Mann in Europa. Denn ſchon im Jahre 1807 hatte er eine Schrift [3]) bekannt gemacht, in welcher er geſtand, „daß er „ſchon ſeit längerer Zeit ſich zu überzeugen ſuche, ob die Electri„cität in ihrem verborgenſten Zuſtande irgend eine Wirkung „auf den Magnet habe.“ Auch betrachtet er, wie er mir ſelbſt erzählte, ſeine endliche Entdeckung als die natürliche Folge und Beſtätigung ſeiner früheren Unterſuchungen, die auch in der That ſehr nahe mit denjenigen Unterſuchungen zuſammenfielen, die zu jener Zeit unter den deutſchen Phyſikern die vorherrſchenden waren. Wenn es ein Zufall war, dieſe Entdeckung gemacht zu haben, ſo war es ein ſolcher, durch deſſen Hülfe man endlich die Auflöſung eines ſchweren Räthſels erhält, auf welches man lange Zeit ſeine angeſtrengte Aufmerkſamkeit gerichtet hat.

Oerſted's merkwürdige Beobachtung wurde nicht nur von vielen anderen Naturforſchern beſtätiget, ſondern auch weſentlich erweitert. Eine der wichtigſten dieſer Erweiterungen aber hatte Ampère geliefert. Da die Erde, wie aus den bisherigen Beobachtungen bekannt, ſelbſt magnetiſch iſt, ſo muß der Volta'ſche Draht ſchon durch den Erdmagnetismus allein afficirt werden, und daher eine ſolche Stellung anzunehmen ſtreben, die von der Lage der Magnetnadel abhängig iſt. Anfänglich mißriethen die zu dieſem Zweck angeſtellten Verſuche, aber bald darauf fand man, mit empfindlichern Inſtrumenten, das Reſultat mit jener Vorausſetzung vollkommen übereinſtimmend.

Bei den dieſer Entdeckung folgenden Unterſuchungen können wir, unſerm vorgeſetzten Zwecke gemäß, nicht länger verweilen, als ſo weit ſie die eigentlichen Fortſchritte zur Erhaltung einer

2) M. ſ. Schelling, über Faraday's Entdeckung. S. 27.

3) Ampère, Théorie des Phén. Electrodyn. p. 69.

allgemeinen Theorie dieſes Gegenſtandes betreffen, welche letzten wir denn auch ſogleich näher betrachten wollen.

Fünftes Kapitel.

Entdeckung der Geſetze der electro-magnetiſchen Wirkung.

Indem man es verſuchte, die von Oerſted und Anderen entdeckten electro-magnetiſchen Erſcheinungen auf ihre einfachſte Form zurückzuführen, fand man, auf den erſten Blick wenigſtens, daß ſie von allen bisher bemerkten mechaniſchen Wirkungen gänzlich verſchieden waren. Es ſchien, als ob der Conductordraht auf den Pol des Magnets eine Kraft ausübe, die weder anziehend, noch abſtoßend, ſondern die vielmehr eine *transverſe* Kraft genannt werden konnte. Dieſe Kraft ſtrebte nämlich nicht, den Punkt, auf den ſie wirkte, dem Sitze dieſer Kraft näher zu bringen, oder auch weiter davon zu entfernen, ſondern ſie bemühte ſich, jenen Punkt in eine rechtwinklige Stellung gegen die gerade Linie zu bringen, welche ihn mit dem Sitze der Kraft verbindet. Dieſe Kräfte ſchienen alſo mehr von derjenigen Art zu ſein, von denen Kepler zur Zeit der Kindheit unſerer wiſſenſchaftlichen Mechanik träumte, nicht aber ſolche, wie ſie Newton in dem Sonnenſyſtem nachgewieſen hatte, und die bisher von allen ſeinen Nachfolgern als die einzig wahren Naturkräfte betrachtet worden ſind. Der Nordpol der Magnetnadel bewegte ſich ſo, als ob er durch einen Wirbel in Bewegung geſetzt würde, der ſich rund um den Draht nach einer Richtung dreht, während der Südpol durch einen anderen, in entgegengeſetzter Richtung gedrehten Wirbel in Bewegung geſetzt zu werden ſchien. Ein Fall dieſer Art war ganz neu, und mußte beinahe paradox erſcheinen.

Man hatte ſich bald, durch die mannigfaltigſten Verſuche, überzeugt, daß die hier in Rede ſtehende mechaniſche Wirkung in der That von dieſer transverſen Art ſein mußte. Auch gelangte man zu einem anderen, ſehr ſonderbaren Reſultat, das man kurz zuvor für ganz unglaublich gehalten haben würde: daß

nämlich jene neue Kraft eine conſtante und ſehr ſchnelle Revolution des einen dieſer Körper um den andern bewirke, ſo daß der Conductordraht um den Magnet, und der Magnet um jenen Draht bewegt wird, eine Entdeckung, die Faraday i. J. 1821 gemacht hatte.

Nun mußte vor allem das Geſetz geſucht werden, durch welches die Intenſität dieſer Kraft, in Beziehung auf ihre Entfernung und Lage von den Körpern, gegeben wird. Biot und Savart in Frankreich, und Barlow in England beſchäftigten ſich mit dieſen Unterſuchungen, und ſie hatten die Genugthuung zu ſehen, daß die Elementarkraft des Magnetismus daſſelbe mit den aller bekannten Elementarkräfte iſt, daß ſich nämlich auch dieſe Kraft verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung, verhält, obgleich ſie, in Beziehung auf ihre Richtung, von allen anderen Kräften ſich gänzlich verſchieden zeigte. Allein die Aufſuchung der Geſetze dieſer Erſcheinungen war mit der Auswahl einer mechaniſchen Theorie viel zu innig verbunden, um ſchon vorläufig und unabhängig von dieſer aufgeſtellt werden zu können, wie dieß z. B. in der Aſtronomie geſchehen iſt. Die darüber angeſtellten Experimente gaben ſehr complicirte Reſultate, und die Analyſe derſelben in ihren einzelnen elementaren Wirkungen mußte nothwendig vorausgehen, um dann aus ihnen die geſuchten Geſetze ableiten zu können. Aus dieſer Urſache müſſen alſo auch wir den Fortgang dieſer Analyſe vorerſt etwas näher betrachten.

Sechstes Kapitel.

Theorie der electro-dynamiſchen Wirkung.

Ampère's Theorie. — Nichts zeigt uns auffallender den vorgerückten Zuſtand der theoretiſchen Phyſik in unſeren Tagen, als die Reduction der ſonderbaren und verwickelten Phänomene des Electromagnetismus, ſobald derſelbe i. J. 1820 einmal bekannt geworden war, auf eine eben ſo einfache, als allgemeine Theorie. Statt einer ſtufenweiſen Aufſtellung von immer

vollkommeneren Geſetzen und Theorien, die, wie in der Aſtronomie, mehrere Menſchenalter beſchäftigten; ſtatt den allmählig immer mehr und mehr erweiterten Anſichten, die wir bei der Entwicklung des Magnetismus und der Electricität bemerkten, waren hier ſchon einige Monate hinlänglich, den Gegenſtand in ſeiner ganzen Allgemeinheit darzuſtellen, und die Verſuche Oerſted's in Kopenhagen waren in London und Paris nur kurze Zeit bekannt, als auch ſchon die ſcharfſinnige Analyſe, und die umfaſſenden Inductionen Ampère's über denſelben Gegenſtand erſchienen.

Doch würden wir Unrecht thun, wenn wir aus der Eile, mit welcher dieſer Schritt gemacht wurde, den Schluß ziehen wollten, daß er ein ſehr leichter Schritt geweſen ſein mag. Der Urheber einer ſolchen Theorie mußte nicht nur, wie dieß bei allen wahren Theorien erfordert wird, klare Begriffe von den verſchiedenen Verhältniſſen der Kraft und des Raumes, und eine innige und vollſtändige Kenntniß aller vorausgegangenen Experimente beſitzen, ſondern er mußte auch jene mathematiſchen Waffen meiſterhaft zu führen verſtehen, durch die allein der gewünſchte Sieg errungen werden konnte. Selbſt eine ſcharfſinnige Auswahl von *eigenen* Experimenten war erforderlich, um der neuen Theorie das Gepräge der Wahrheit zu geben, und ihren Beſtand für die Folge gleich anfangs zu ſichern. Es iſt allerdings wahr, daß ſich das eigentliche Weſen der geſuchten Theorie auf eine gewiſſe beſchränkte und unbeſtimmte Weiſe gleichſam ſchon vorausahnen ließ. Der Conductionsdraht und die Magnetnadel zeigten auf den erſten Blick ſchon das Beſtreben, ſich unter rechten Winkeln gegen einander zu ſtellen. Dieß ließ ſich dadurch darſtellen, daß man vorausſetzte, daß entweder der Draht aus transverſen Magnetnadeln, oder daß die Magnetnadel aus transverſen Drähten beſtehe. Es war nämlich leicht, ſich ſolche Kräfte zu denken, durch welche die correſpondirenden Elemente, magnetiſche oder Volta'ſche, in unter ſich parallele Lagen gebracht werden, und dann konnte man auch den oben erwähnten allgemeinen Erſcheinungen ſofort eine genügende Erklärung geben. Die Wahl zwiſchen dieſen beiden Darſtellungsarten ſchien anfangs ganz gleichgültig zu ſein. Die größere Anzahl der Naturforſcher nahm gleich anfangs die erſte derſel-

ben an, wie Oerſted in Dänemark, Berzelius [1]) in Schweden und Wollaſton in England.

Ampère aber zog die zweite Darſtellungsart vor, nach der nämlich der Magnet aus Conductionsdrähten in einer transverſen Lage beſteht. Aber er that zugleich für dieſe ſeine Hypotheſe, was keiner der eben genannten Männer für die andere gethan hatte: er zeigte, daß dieſe ſeine Hypotheſe zugleich die einzige iſt, die man annehmen kann, wenn man nicht, zur Erklärung der fortgeſetzten Bewegung bei dieſen magneto-electriſchen Erſcheinungen, wieder andere und willkührliche Hülfshypotheſen annehmen will. Ja er wußte zu gleicher Zeit dieſer ſeiner Theorie einen noch höheren Werth, eine noch größere Allgemeinheit zu geben, indem er zeigte, daß durch ſie nicht bloß die Wirkung des Conductionsdrahts auf den Magnet, ſondern, daß dadurch auch alle die anderen oben bereits erwähnten Erſcheinungen dargeſtellt werden, nämlich die gegenſeitigen Wirkungen der Magnetnadeln auf einander ſowohl, als auch diejenigen, welche die Conductionsdrähte unter ſich ausüben.

Die Deduction dieſer beſonderen Fälle aus der allgemeinen

---

1) Berzelius (Jakob), geb. 1779 in Linköping in Oſtgothland, ſtudirte ſeit 1796 in Upſala Medicin und vorzüglich Chemie, und wurde Profeſſor der Chemie und Sekretär der k. Akademie der Wiſſenſchaften zu Stockholm. Seine Verdienſte um die Chemie ſind allgemein anerkannt, und ſeine Autorität iſt unter den jetzt lebenden Chemikern die größte. Er entwickelte zuerſt das electro-chemiſche Syſtem auf eine fruchtbare Weiſe; unterwarf die ſtöchiometriſchen Zahlen (Atomenzahlen) der einfachen Körper einer neuen und genauen Reviſion; entdeckte ſelbſt mehrere ſolche einfache Körper (wie das Selen-Thorium u. a.); ſeine Unterſuchungen in der organiſchen Chemie haben dieſe erſt eigentlich begründet; ſeine Nomenklatur und Klaſſifikation der chemiſchen Verbindungen wird von vielen als ausgezeichnet anerkannt, und nicht leicht wird es einen Zweig der Chemie geben, um den er ſich nicht weſentliche Verdienſte erworben hätte. Außer ſeinen Schriften in den Memoiren der k. Akademie zu Stockholm haben wir von ihm: Afhandlingar i Fysik, Chemie och Mineralogie, 6 Vol. 1806—18; Lärbok i Chemien, deutſch von Wöhler, 4 Bde.; ferner „Zuſammenſetzungen der thieriſchen „Flüſſigkeiten," deutſch von Schweigger, Nürnberg 1815. „Ueberſicht der „thieriſchen Chemie," deutſch von Siegwort, Nürnberg 1815. Seine „Jahresberichte über die Fortſchritte der phyſiſchen Wiſſenſchaften" erſchienen zuletzt, deutſch von Wöhler, in Tübingen. L.

Theorie erforderten, wie man leicht ſehen kann, mehrere verwickelte Berechnungen. Allein dieſe Deduction wurde gemacht und zugleich ſo genügend gefunden, ſo daß nun die von Ampère aufgeſtellte Theorie jenen Erforderniſſen vollkommen entſprach, an welchen allein man die Wahrheit und Stätigkeit einer Theorie erkennt, indem ſie nämlich nicht nur denjenigen Erſcheinungen, aus welchen ſie abgeleitet worden iſt, vollkommen entſpricht, ſondern auch noch die ganz unvorhergeſehene Erklärung anderer Phänomene enthält, auf die, bei der urſprünglichen Aufſtellung derſelben, keine Rückſicht genommen worden iſt. So wurde z. B. die gegenſeitige Wirkung der Magnete unter einander, die, wie man glaubte, ſchon von Coulomb auf theoretiſchem Wege vollkommen genügend erklärt ſein ſollte, von Ampère zur Erzeugung ſeiner Theorie nicht mit aufgenommen; und die gegenſeitige Wirkung der Volta'ſchen Ströme, obſchon bloß in Folge der Eingebung der Theorie verſucht, war offenbar eine von der electro-magnetiſchen Wirkung ganz verſchiedene Thatſache. Demungeachtet gingen aber alle dieſe Erſcheinungen offenbar auch aus Ampère's Theorie hervor. Auf dieſe Weiſe aber gelangte Ampère zu einer neuen Gattung von Kräften, für die der Ausdruck „electro-magnetiſch" zu beſchränkt erſchien, und die er daher angemeſſener „*electro-dynamiſche Kräfte* nannte [2]), indem er ſie, durch dieſen Ausdruck, als die Kräfte eines electriſchen *Stromes*, von den *ſtatiſchen* Wirkungen der Electricität unterſchied, die wir oben betrachtet haben. Dieſe Bezeichnung iſt jetzt unter den wiſſenſchaftlichen Schriftſtellern über dieſen Gegenſtand allgemein angenommen, und ſie iſt gleichſam das Gepräge, das bleibende Denkmal der Theorie Ampère's geworden.

Ampère theilte ſeine erſten Arbeiten über dieſen Gegenſtand der Pariſer Akademie der Wiſſenſchaften am 18. Septbr. 1820 mit, und Oerſted's Entdeckung war nur eben im Julius deſſelben Jahres zu Paris bekannt geworden. In beinahe jeder Sitzung der Akademie, während dem Ende dieſes und dem Anfang des folgenden Jahres, kündigte Ampère neue Entwicklungen oder Beſtätigungen ſeiner Theorie an. Den am meiſten hypothetiſchen Theil derſelben hatte er gleich anfangs aufge-

2) Annales de Chim. Vol. XX. p. 60 (1822).

ſtellt, daß nämlich die Magnete in ihren Wirkungen als identiſch mit ſpiralförmigen Volta'ſchen Drähten betrachtet werden können. In raſcher Aufeinanderfolge entwickelte ſich unter ſeinen Händen die gegenſeitige Anziehung und Abſtoßung der Volta'ſchen Drähte, die Geſetze dieſer Wirkungen, die analytiſche Berechnung der von ihm beobachteten Erſcheinungen, und die numeriſche Beſtimmung der verſchiedenen Conſtanten ſeiner Gleichungen durch neue, zu dieſen Zwecken eigens angeſtellte Beobachtungen. Auf dieſe Weiſe mußte die Theorie aller der hierhergehörenden Phänomene ſchnell vorwärts ſchreiten. Man hatte bereits geſehen, daß parallele Volta'ſche Ströme einander gegenſeitig anziehen; aber auch, wenn dieſe Ströme irgend eine Neigung gegen einander hatten, übten ſie noch eine anziehende und abſtoßende Kraft auf einander aus, die offenbar von der Diſtanz und von den Richtungen der Elemente dieſer Ströme abhängig ſein mußte. Setzt man noch dazu die hypothetiſche Conſtitution der Magnete, daß nämlich ein Volta'ſcher Strom rund um die Axe eines jeden Elements ſich bewege, ſo hat man damit alle Mittel gegeben, eine große Anzahl von Reſultaten durch Rechnung zu beſtimmen, um ſie dann mit den Beobachtungen zu vergleichen.

Allein die Geſetze der hier auftretenden Elementarkräfte erforderten noch eine weitere, nähere Beſtimmung. Welche Functionen mögen dieſe Kräfte wohl ſein von den gegenſeitigen Diſtanzen und von den Richtungen jener Elemente? Es war gewiß nicht leicht, auf dieſe Frage die Antwort aus den darüber angeſtellten Verſuchen herauszulocken. Die hier zu ſuchenden Elementarkräfte ſind nämlich auf eine ſehr complicirte Weiſe mit den beobachteten Thatſachen verbunden, eine Weiſe, die ſich auf mathematiſchem Wege nur durch eine doppelte Integration beſtimmen ließ, und dieſe Integration bot um ſo größere Schwierigkeiten dar, da die conſtanten Coefficienten noch unbeſtimmt bleiben mußten. — Ampère machte einige Verſuche auf dieſer Bahn, aber ſein guter Genius führte ihn bald auf beſondere Hülfsmittel, die ihn ſchneller zum ſeinem Ziele brachten. Er machte nämlich die zufällige Bemerkung, daß wenn ſeine Integrale, auch ohne ſie ſpeciell angeben zu können, unter gewiſſen Bedingungen des Problems, in ihrer ganzen Ausdehnung verſchwinden, daß dieſer Umſtand einer gewiſſen Abänderung

ſeiner zu den Experimenten gebrauchten Vorrichtung entſpreche, in welcher eine Art von Gleichgewichtszuſtand erhalten werden kann, obſchon die Form einiger einzelnen Theile dieſer Vorrichtung kleinen Veränderungen ausgeſetzt beiben. Es gelang ihm, zwei ſolche ſpezielle Fälle aufzufinden, die für ſeine neue Theorie von dem größten Werthe ſein mußten. Der erſte dieſer Fälle zeigte ihm, daß die Kraft, die jedes Element des Volta'ſchen Drahtes ausübt, durch ein dem bekannten Kräftenparallelogramm ähnliches Theorem in andere Kräfte aufgelöst werden kann. Er zeigte die Richtigkeit dieſer Anſicht dadurch, daß die Wirkung eines geradlinigen Drahtes dieſelbe mit der eines jeden anderen Drahtes iſt, der dieſelben Endpunkte mit jenen hat, obſchon er wie immer gebogen und verdreht ſein mag. Doch blieben ihm auch hier noch zwei Hauptgrößen zu beſtimmen übrig; die eine nämlich ſollte die Abhängigkeit der Kraft von ihrer Entfernung, und die andere den Grund angeben, in welchem dieſe Kraft bei jeder ſchiefen Lage des Elements noch wirkſam iſt. Eine von den allgemeinen Urſachen des Gleichgewichts [3]), von dem wir geſprochen haben, gab auch ſofort eine der geſuchten Gleichungen zwiſchen jenen zwei Größen; und da die Kraft ſelbſt, wie man anfangs annahm und ſpäter vollkommen beſtätigt fand, ſich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhielt, ſo war dadurch die zweite jener Fundamentalgrößen, und dadurch ſofort auch die allgemeine Auflöſung des Problems von der electro-dynamiſchen Wirkung vollſtändig gegeben.

Wäre Ampère nicht der vollendete Analytiker geweſen, der er in der That war, ſo würde er wahrſcheinlich nie dahin gekommen ſein, die Bedingung zu entdecken, von welcher das Verſchwinden jener Doppelintegrale in dieſen Fällen abhängt [4]). Auch findet man in dem ganzen Verlauf ſeiner Aufſätze, auf jeder Seite derſelben, Gelegenheit, ſein mathematiſches Talent und die Stätigkeit ſeiner Ideen zu bewundern, obſchon dieſe Vorzüge, man muß es geſtehen, nicht von einer eben ſo großen und wünſchenswerthen Klarheit und Schönheit der Darſtellung begleitet erſcheinen.

---

3) Mittheilung an die Pariſer Akademie vom 10. Junius 1822. M. ſ. Ampère's Recueil. S. 292.

4) M. ſ. Ampère, Recueil. S. 314.

Aufnahme von Ampère's Theorie. — Da aber klare geometriſche Conceptionen und nähere Bekanntſchaft mit den analytiſchen Operationen der Mathematik nicht bloß von dem Schriftſteller, ſondern auch in gewiſſem Grade wenigſtens von ſeinem Leſer erfordert werden, um das innere Weſen einer ſolchen Theorie begreifen und würdigen zu können, ſo werden wir uns nicht weiter verwundern dürfen, zu hören, daß Ampère's Theorie bei ihrer Bekanntmachung nicht mit dem allgemeinen Beifalle aufgenommen worden iſt, den ſie doch in ſo hohem Grade verdiente. Einige Zeit hindurch wurde der größere Theil des Publikums, durch das Gegengewicht anderer ebenfalls nicht namenloſer Naturforſcher, in Unentſchloſſenheit hingehalten. Auch konnte die neue Theorie nicht ohne Kampf und fremde Anſprüche ihren Weg fortſetzen; die electro-magnetiſche Entdeckung Oerſted's ſchien, gleich bei ihrem erſten Auftritte, eine große und merkwürdige Erweiterung unſerer Kenntniſſe zu verſprechen, und einen Kranz der Ehre und des dauernden Rufes demjenigen zu bieten, dem es gelingen wird, das wunderbare Räthſel vor allen anderen zu löſen. In Frankreich beſonders iſt das Drängen nach Auszeichnung dieſer Art vielleicht lebhafter und größer, als irgendwo, und ſo ſehen wir auch denn bei dieſer, wie bei allen anderen ähnlichen Gelegenheiten, das ganze Heer der Naturforſcher von Paris mit einem Ungeſtüm ſich auf den neuen Gegenſtand werfen, der gleich anfangs ſchon in einen eigentlichen Kampf um die Priorität der Erfindung und um den vollſtändigen Sieg überzugehen droht. — In unſerem gegenwärtigen Falle war Biot ſowohl, als Ampère, bemüht, die electro-magnetiſchen Erſcheinungen auf allgemeine Geſetze zurückzuführen. Die Discuſſionen, die daraus zwiſchen dieſen beiden Männern entſtanden, drehten ſich um einige merkwürdige Punkte. Biot war geneigt, die Kraft, die ein Element des Volta'ſchen Drahts auf jedes Magnettheilchen ausübt, als eine Elementarkraft zu betrachten, wenn das letzte ſenkrecht auf die gegenſeitige Diſtanz beider ſteht, und er behauptete, daß die hier nothwendig eintretende gleiche Reaction in entgegengeſetzter Richtung zu der Wirkung, nicht in derſelben, ſondern in einer ihr parallelen Linie, an dem anderen Ende der Diſtanz ſtatthabe, und auf dieſe Weiſe ein urſprüngliches Paar (Couple) bilde, um damit einen bekannten Ausdruck der Me-

chanik zu borgen. Allein dieſem entgegnete Ampère [5]), daß die directe Oppoſition aller elementaren Wirkung und Gegenwirkung ein allgemeines und nothwendiges Geſetz der Mechanik iſt, und er zeigte zugleich, daß ſolche Paare, wie ſie ſein Gegner annahm, unmittelbar aus ſeiner Theorie als ein derivatirtes Reſultat folge. Indem er dann weiter ſeine eigene Theorie mit derjenigen verglich, in welcher der Volta'ſche Draht einer Sammlung von transverſen Magneten aſſimilirt wird, konnte er zugleich darthun, daß keine ſolche Zuſammenſtellung von Kräften, die, wie die magnetiſchen, von und zu fixen Punkten kommen: eine ſolche fortgeſetzte Bewegung erzeugen könne, wie diejenige iſt, die Faraday entdeckt hat. Dieß war in der That nur wieder der bekannte Beweis der Unmöglichkeit des ſogenannten Mobile perpetuums. Hätten die Gegner von Ampère's Theorie, ſtatt ihrer Sammlung (Collection) der Magnete, von einem magnetiſchen Strome geſprochen, ſo hätten ſie ihre Ausdrücke wahrſcheinlich noch ſo auslegen können, daß dadurch die äußeren Erſcheinungen in der That dargeſtellt worden wären, wenn ſie nämlich jedes Element eines ſolchen Stromes als einen Magnet, und daher auch jeden Punkt deſſelben als einen ſolchen betrachtet hätten, der zugleich ein Nord- und ein Südpol iſt. Allein die Einführung eines ſolchen Begriffs von dem magnetiſchen Strome wurde zugleich eine gänzliche Verlaſſung aller bisher aufgeſtellten Geſetze der magnetiſchen Wirkungen, und folglich auch alles deſſen nach ſich gezogen haben, das der neu aufgeſtellten Hypotheſe ihren Werth geben konnte. Auf der andern Seite war die Idee eines electriſchen Stromes ſo weit entfernt, für neu oder gewagt zu gelten, daß ſich die Naturforſcher ſchon ſeit Volta's Tagen an ihn gewöhnt hatten. Mit dieſem Strome endlich wurde durch die Relation des Vor- und Rückgehens, das zwiſchen den Endpunkten jedes Elements nothwendig beſtand, auch jene relatirte Polarität eingeführt, von welcher der eigentliche Erfolg der Erklärung aller äußeren Erſcheinungen abhängt. Auf dieſe Weiſe alſo hatte bei jener Controverſe die Theorie Ampère's ein großes und unläugbares Uebergewicht über alle die anderen Hypotheſen, die ſich ihr entgegenſtellen wollten.

5) Ampère, Théorie. S. 154.

Siebentes Kapitel.

Folgen der electro-dynamiſchen Theorie.

Es iſt nicht nothwendig, alle die verſchiedenen Anwendungen anzuführen, die von dieſen electro-magnetiſchen Entdeckungen gemacht worden ſind. Eine der vorzüglichſten aber müſſen wir erwähnen, den Galvanometer, durch welches der Naturforſcher in den Stand geſetzt wurde, ſehr geringe electro-dynamiſche Wirkungen zu erkennen und zugleich genau zu meſſen, und durch welches daher dieſer Gegenſtand einen Impuls erhielt, der jenen früheren von der Entdeckung der Leydner Flaſche oder von der Volta'ſchen Säule zu vergleichen iſt. Mit Hülfe dieſes Inſtruments wird die Stärke eines Volta'ſchen Stromes durch die Deflexion der Magnetnadel gemeſſen, und indem man ſpäter den Faden abwechſelnd über und unter die Nadel gehen ließ, wurde die Empfindlichkeit des Inſtruments in hohem Grade vermehrt, oder die Wirkung des Inſtruments wurde dadurch multiplicirt. Schweigger in Halle war einer der erſten, der eine ſolche Vorrichtung ausgedacht hat.

Die Subſtitution der Electro-Magnete, das heißt, der aus Volta'ſchen Drähten zuſammengeſetzten Spiralröhren, die man an die Stelle der gewöhnlichen Magnete ſetzte, gab Gelegenheit zu mannigfaltigen Speculationen und ſinnreichen Apparaten, bei denen wir aber hier nicht länger verweilen können.

Der Galvanometer führte auch zur Entdeckung einer anderen Art von Erſcheinungen, bei welchen die electro-dynamiſche Kraft eine Rolle ſpielt, nämlich zu denjenigen, wo eine bloß aus zwei Metallen beſtehende Verbindung durch die Erwärmung eines Theiles derſelben electro-magnetiſch wird. Dieſe Entdeckung der Thermo-Electricität hat Profeſſor Seebeck zu Berlin 1822 gemacht. Sie wurde ſofort von mehreren Naturforſchern verfolgt, beſonders von Profeſſor Cummig [1]) zu Cambridge, der ſchon im Beginn des Jahres 1823 die nähere Unterſuchung

1) Cambridge Transact. Vol. II. p. 62: Ueber die Entſtehung des Electro-Magnetismus durch die Wärme.

dieſer Eigenſchaft auf ſehr viele Metalle angewendet und die thermoelectriſche Klaſſification derſelben beſtimmt hat. Da aber alle dieſe Unterſuchungen zu keinen neuen mechaniſchen Wirkungen der electromotiven Kräfte führte, ſo gehören ſie uns hier nicht näher an, und wir gehen daher zu einer andern Klaſſe von Erſcheinungen über, bei welchen dieſelben Kräfte auf eine von der bisher erwähnten ganz verſchiedenen Weiſe wirkſam ſind.

Achtes Kapitel.

Entdeckung der Geſetze der magnetoelectriſchen Induction. Faraday.

Ampère hatte bereits, wie wir oben ſahen, klar nachgewieſen, daß die magnetiſche Wirkung eine beſondere Art der electromotiven Wirkungen iſt, und daß bei dieſer Art die Wirkung der Gegenwirkung gleich und entgegengeſetzt iſt. Aus dieſen Entdeckungen ſchien beinahe unausweichlich zu folgen, daß der Magnetismus dahin gebracht werden kann, Electricität zu erzeugen, ſo wie die Electricität dahin gebracht werden konnte, alle Wirkungen des Magnetismus nachzumachen. Allein alle Verſuche, ſolche Reſultate zu erhalten, blieben längere Zeit durch fruchtlos. Faraday unternahm es i. J. 1825, durch den Conductionsdraht einer Volta'ſchen Kette Electricität in einem benachbarten Draht durch Induction zu erregen, wie etwa der mit gewöhnlicher Electricität geladene Conductor thut; allein er erhielt nicht die gewünſchte Wirkung. Wäre der Verſuch gelungen, ſo würde man durch den Magnet, der für alle ſolche Verſuche als eine Sammlung von Volta'ſchen Säulen betrachtet werden kann, auch Electricität erzeugen können. — Nahe um dieſelbe Zeit machte Arago in Frankreich einen andern Verſuch, der in der That das gewünſchte Reſultat in ſich enthielt, jedoch ohne in der etwas complicirten Erſcheinung deutlich bemerkbar zu werden. Endlich begann Faraday im Jahr 1832 ſeine Unterſuchungen von Neuem, und nun wurde er auf eine Reihe von glänzenden Entdeckungen geführt. Nach Arago's Beobachtung gab die ſchnelle Drehung

einer Conductor-Platte in der Nähe eines Magnets Veranlaſſung zur Entſtehung einer Kraft, die auf den Magnet einwirkt. Dieſer Verſuch wurde noch vor dem Jahre 1831 in England von Barlow, Chriſtie, Herſchel und Babbage wiederholt und näher unterſucht. Allein auch dieſe Verſuche führten nicht zu dem gewünſchten Ziele, offenbar weil die genannten Beobachter die von ihnen geſuchten Kräfte bloß auf Raum und Zeit bezogen, und dabei die wahre Urſache, nämlich die durch jene Drehung der Platte erzeugten electriſchen Ströme, gänzlich überſahen. Im Jahre 1831 wendete Faraday ſeine Aufmerkſamkeit dieſem Gegenſtande wieder zu und fand auch, nach einigen vereitelten Verſuchen, was er ſuchte, obſchon in einer andern Geſtalt, als er früher erwartet hatte. Er fand nämlich, daß in dem Augenblicke, wo die galvaniſche Kette ſchließende Berührung hergeſtellt oder auch aufgehoben wird, einem benachbarten Drahte eine momentane Wirkung entſtehe und gleich darauf wieder verſchwinde [1]). Einmal im Beſitze dieſer Thatſache ſtieg Faraday ſofort die Leiter ſeiner Entdeckungen raſch heran, bis zu dem höchſten Punkte, von welchem er den Gegenſtand in ſeiner ganzen Allgemeinheit überſehen konnte.

Statt die Berührung plötzlich herzuſtellen oder aufzulöſen, entfernte er ganz allmählig den Draht von der Kette und brachte dadurch ganz ähnliche Erſcheinungen hervor [2]). Er ſah, daß die Nähe von weichem Eiſen die Wirkung vermehrte [3]); daß dieſelbe Erſcheinung hervortrat, wenn das weiche Eiſen ſtatt durch den Volta'ſchen Draht, durch einen gewöhnlichen Magnet afficirt wurde [4]) u. ſ. w. und aus allen dieſen zog er den Schluß, daß bei der Erzeugung oder Aufhebung eines magnetiſchen Contacts auch zugleich ein augenblicklicher magnetiſcher Strom hervorgebracht werde. Ein ſolcher Strom entſtand auch durch die Bewegung des Magnets [5]), oder auch durch die Bewegung des Drahts in Beziehung auf den ruhenden Magnet [6]). Endlich fand er noch, daß in dieſen, wie in den andern ähnlichen Experimenten, auch die Erde ſelbſt die Stelle eines Magnets vertreten

1) Philos. Transact. 1832. S. 127. Erſte Reihen. Art. 10.
2) Ibid. Art. 18. 3) Ibid. Art. 28.
4) Ibid. Art. 37. 5) Ibid. Art. 39.
6) Ibid. Art. 53.

kann [7]), ja daß ſchon die bloße Bewegung eines Drahts unter gegebenen Umſtänden in demſelben, wie es ſchien, einen augenblicklichen electriſchen Strom erzeugen könne [8]). Alle dieſe Thatſachen wurden durch die Reſultate vieler anderen ſpeciellen Fälle auf eine wunderbare Weiſe beſtätigt. Arago's oben erwähnte Experimente wurden dadurch ebenfalls erklärt, da die bloß augenblickliche Wirkung, die Faraday gefunden hatte, durch die fortgeſetzte Drehung der Platte gleichſam permanent gemacht wurde. Ohne alſo weiter einen Magnet zur Hülfe zu rufen, konnte man von nun an eine gedrehte Platte als eine electriſche Maſchine betrachten [9]); eine ſchnell rotirende Kugel zeigte ebenfalls electro-magnetiſche Wirkungen [10]), da in der Kugel die Kette gleichſam von ſelbſt ſchon vollſtändig geſchloſſen war, ohne der Hülfe eines Drahts zu bedürfen; und die bloße einfache Bewegung des Drahts eines Galvanometers war ſchon hinlänglich, eine electrodynamiſche Wirkung auf die Magnetnadel zu äußern [11]).

Nun entſtand aber die Frage, worin das allgemeine Geſetz beſteht, durch welches die Richtung des electriſchen Stromes beſtimmt wird, der auf dieſe Weiſe durch die vereinte Wirkung der Bewegung und des Magnetismus erzeugt wird. — Nur eine höchſt beſtimmte und klare Anſicht der Sache konnte Faraday in den Stand ſetzen, das Geſetz dieſer Erſcheinung aufzufinden. Denn die Antwort auf dieſe Frage ſetzte die genaue Kenntniß der gegenſeitigen Verhältniſſe voraus, welche die magnetiſchen Pole, die Lage des Drahts, die Richtung der Bewegung des Drahts und die des dadurch erzeugten electriſchen Stromes unter einander verbinden. Dieß war aber kein leichtes Problem. In der That war ſchon das einfache Verhältniß der magnetiſchen zu der electriſchen Kraft, deren Richtungen ſenkrecht auf einander ſtehen, ſchwer genug zu entwirren, wie wir bereits oben in der Geſchichte der electrodynamiſchen Entdeckungen geſehen haben.

Demungeachtet ſcheint Faraday das große Geſetz dieſer Erſcheinungen, wenn man ſo ſagen darf, mit einem Sprunge er-

7) Philos. Transact. S. 163. Zweite Reihen.
8) Ibid. Art. 141. 9) Ibid. Art. 150.
10) Ibid. Art. 164. 11) Ibid. Art. 171.

griffen zu haben. „Das Verhältniß," ſagt er [12]), „das zwiſchen „den magnetiſchen Pole, dem bewegenden Drahte oder Metalle, „und zwiſchen den dadurch erzeugten electriſchen Strome ſtatthat, „iſt ſehr einfach, (ſo erſchien es ihm), obſchon ſchwer auszudrücken." — Er ſtellt es dadurch dar, daß er die Lage und die Bewegung des Drahts auf die „magnetiſchen Curven" bezieht, die von dem einen magnetiſchen Pole zu dem andern entgegengeſetzten gehen. Der Strom in dem Drahte geht den einen oder den andern Weg, je nach der Richtung, in welcher der bewegte Draht jene Curven ſchneidet. Auf dieſe Weiſe gelangte er endlich zum Schluſſe ſeiner zweiten Reihe von Unterſuchungen (December 1831) dahin, in allgemeinen Ausdrücken das Geſetz der Natur darzuſtellen, aus dem alle die zahlloſen neuen und wunderbaren, von ihm angeſtellten Verſuche erklärt werden [13]). „Wenn nämlich der Draht ſich ſo bewegt, „daß er eine magnetiſche Curve ſchneidet, ſo wird eine Kraft in „Thätigkeit geſetzt, die ſich beſtrebt, einen magnetiſchen Strom „durch den Draht zu treiben; und wenn eine Maſſe ſich ſo bewegt, daß ihre Theile ſich nicht in derſelben Richtung und mit „derſelben Winkelgeſchwindigkeit durch die magnetiſchen Curven „gehen, ſo würden dadurch electriſche Ströme in's Spiel „gezogen."

Dieſe Vorſchrift, einfach in ihrer Allgemeinheit, obſchon zugleich complicirt für jeden beſondern Fall, kann als eine erſte vorläufige Antwort auf unſere Frage, kann als das bloße Geſetz der Erſcheinung angeſehen werden. Allein noch iſt die Frage übrig, worin die eigentliche Urſache dieſes Geſetzes beſteht?

Darauf aber iſt die entſcheidende Antwort bisher noch nicht gegeben worden, und ſo haben wir denn auch hier, wo es ſich nur um die Erzählung des bereits Geleiſteten handelt, nur wenig mehr darüber zu ſagen. Bemerken wir jedoch, daß das, was man bisher für eine bloße Induction gehalten hat, auf eine gewiſſe, nicht undeutliche Weiſe den Charakter eine Reaction, ja man kann ſagen, einer eigentlich mechaniſchen Reaction an ſich trägt. Auch Faraday konnte ſich, wie es ſcheint, dieſem

12) Philos. Transact. S. 163. Erſte Reihe. Art. 114.
13) Ibid. Art. 256—264.

Schluſſe nicht entziehen. Denn in ſeiner neunten Reihe (8. December 1834) behauptet er, daß der Magnetismus und die Electricität in einander übergehen oder daß ſie convertible Zuſtände ſein müſſen. „Wie könnte ſonſt," ſagt er, „ein Strom „von einer beſtimmten Quantität und Intenſität im Stande „ſein, durch ſeine directe Wirkung einen Zuſtand zu erhalten, „der in ſeiner Reaction (bei der Hemmung des urſprünglichen „Stroms) einen zweiten Strom erzeugt, der eine viel größere „Quantität und Intenſität beſitzt, als der erzeugende Strom „ſelbſt?" — Aus Ampère's Theorie ſchon ließ ſich abnehmen, daß Electricität und Magnetismus identiſche Dinge ſein mögen. Wenn wir einmal die materielle Realität eines electriſchen Fluidums, oder irgend eine dieſer Hypotheſe mechaniſch äquivalente Vorausſetzung annehmen, ſo kann man nicht umhin, auch den Begriff der Trägheit Eingang zu laſſen, wie ſchon aus der Art der Reaction folgt, den ein Draht ausübt, wenn er eine electrodynamiſche Induction erleidet. Nach den Geſetzen der Mechanik nämlich erzeugt eine Maſſe, wenn ſie durch eine andere Maſſe in Bewegung geſetzt wird, in dem erſten Augenblicke einen Impuls, der dem der Bewegung entgegengeſetzt iſt; wenn die Geſchwindigkeit gleichförmig iſt, ſo wird kein weiteres Beſtreben mehr bemerkt, bis die Bewegung gehemmt wird, und in dieſem letzten Augenblick wird ein Impuls erzeugt, der in der Richtung der Bewegung liegt. Dieſe Darſtellung aber läßt ſich ganz eben ſo gut auf den mechaniſchen Stoß, wie auch auf die electrodynamiſche Induction anwenden.

Mir ſcheint daher, daß man keinen allgemeineren oder angemeſſeneren Ausdruck wählen kann, um die hier beſprochenen Erſcheinungen zu bezeichnen, als den der *electrodynamiſchen Reaction*. Unſer Begriff von den mechaniſchen Eigenſchaften eines electriſchen Stromes iſt jetzt noch nothwendiger Weiſe etwas dunkel, und wir begreifen noch nicht vollkommen die Art, auf welche ein electriſcher Strom einen andern benachbarten in Bewegung ſetzen mag. Dem ungeachtet kann ich kaum zweifeln, daß daſſelbe ſchöne Theorem Ampères, wodurch alle Geſetze der electrodynamiſchen Wirkungen ſo gut erklärt werden, nicht nur erlauben, ſondern ſelbſt fordern ſollte, daß, wenn überhaupt in ſolchen Fällen eine Induction beſteht, ſie auch von einer Reaction begleitet ſein werde, die ähnlichen Geſetzen unter-

worfen iſt, wie diejenigen ſind, die Faraday mit ſo ſeltener Geſchicklichkeit entdeckt hat. Faraday ſelbſt aber ſcheint dieſe Anſicht nicht zu der ſeinigen gemacht zu haben. „Die erſte Idee, „auf die man verfällt," ſagt er [14]), „iſt die, daß die Electricität mit „einer Art von Moment oder Trägheit in dem Drahte circulirt, und „daß daher ein langer Draht in dem Augenblicke, wo der Strom „gehemmt wird, Wirkungen hervorbringt, die ein kurzer Draht „nicht erzeugen kann. Allein eine ſolche Erklärung muß ſogleich „wieder wegen der bekannten Thatſache verworfen werden, daß „dieſelbe Drahtlänge Wirkungen von ganz verſchiedenem Grade „hervorbringt, wenn ſie ganz einfach in eine gerade Linie aus„gedehnt oder wenn ſie ſchraubenartig aufgewunden wird, oder „wenn ſie eine electromagnetiſche Kette bildet." — Allein dieſe Beweisart ſcheint mir durchaus nicht entſcheidend zu ſein. Denn es läßt ſich denken, daß die Trägheit durch die Aenderung der Geſtalt des Drahts ganz eben ſo gut, wie durch die ſeiner Länge geändert werden kann. Indeß iſt es hier unſere Sache, die Erzählung, nicht die Discuſſion der gemachten Entdeckungen zu geben. Welcher Art übrigens die noch zu erwartenden Aufklärungen dieſes verwickelten Gegenſtandes ſein mögen, ſo läßt ſich doch nicht zweifeln, daß die Anſicht, die bisher von den Wirkungen der magneto-electriſchen Induction aufgeſtellt worden ſind, mögen ſie nun mit Recht oder Unrecht als reine electrodynamiſche Reaction angeſehen worden ſein, daß dieſe Anſicht doch immer als ein höchſt wichtiger Fortſchritt in den chemiſch-mechaniſchen Wiſſenſchaften zu betrachten ſein wird.

Neuntes Kapitel.

Uebergang zu den chemiſchen Wiſſenſchaften.

Die in dem Vorhergehenden aufgeführte Reihe von Generaliſationen wird uns mit Recht ſehr bedeutend und der höchſten Aufmerkſamkeit würdig erſcheinen. Demungeachtet iſt alles, was

14) Philos. Transact. S. 163. Art. 1077.

bisher geſagt worden iſt, nur als die Hälfte, nur als ein einzelnes Glied einer anderen, ſehr weit ausgebreiteten Wiſſenſchaft, der Chemie, zu betrachten. Die Geſetze der electriſchen Polarität ſind uns, wir wollen es annehmen, bekannt geworden. Aber nun entſteht die Frage um das Verhältniß dieſer Polarität zu den chemiſchen Compoſitionen? — Darin beſteht das große Problem, das dem Geiſte der electro-chemiſchen Naturforſcher immer vorſchwebte und ſie zum Fortſchreiten auf ihrer Bahn antrieb, in der Hoffnung, auf dieſem Wege zu irgend einer tiefen und umfaſſenden Einſicht in den Mechanismus der Natur zu gelangen. Viel Zeit und Mühe wurde, obſchon nur als Vorbereitung zu dieſem Zwecke, freudig geopfert. So erzählt Faraday von ſich ſelbſt, daß er bei ſeinen Unterſuchungen, über die Identität der gewöhnlichen, der thieriſchen und der Volta'ſchen Electricität, immer wieder auf jenen andern Weg zurückgewieſen wurde, um ſeine Zweifel aufzuhellen, die alle ſeine Anſichten durchkreuzten und die Schärfe ſeiner Schlüſſe lähmten. Nachdem er dieſe Identität einmal aufgeſtellt hatte, begann er ſofort ſeine großen electro-chemiſchen Unterſuchungen.

Die Verbindung der electriſchen Strömungen mit den chemiſchen Wirkungen, die wir bisher in unſerer Erzählung abſichtlich zur Seite liegen ließen, wurde im Gegentheile von den Phyſikern immerwährend im Auge behalten. In der That waren auch alle die Arten, auf welche man electriſche Ströme erregen konnte, eigentliche chemiſche Wirkungen, wie z. B. die Wirkung der Säuren und der Metalle auf einander in dem Volta'ſchen Apparate und in mehreren andern ähnlichen Vorrichtungen. Die Abhängigkeit der electriſchen von dieſen chemiſchen Wirkungen und mehr noch die durch die Pole der Kette erzeugten chemiſche Wirkung wurde mit Sorgfalt unterſucht, und mit einem Erfolge beſtimmt, den wir nun näher kennen lernen wollen.

Aber in welchen Ausdrücken ſollen wir von dieſen Gegenſtänden ſprechen? — Wir haben bereits der „chemiſchen Wirkungen“ erwähnt: aber welcher Art ſind dieſe neuen Wirkungen? — Decompoſition oder Reſolution der zuſammengeſetzten Dinge in ihre verſchiedenen Beſtandtheile; Trennung der Säuren von ihrer Baſis; Reduction der Körper auf ihre einfachen Elemente u. dergl. — Dieſe und andere ähnlichen Namen verkündigen uns ein ganz neues Schauſpiel, das vor

unſeren Augen aufgeführt werden ſoll. Alle dieſe Worte gehören in eine andere Reihe von Verhältniſſen der Dinge, in eine ganz andere Kette von wiſſenſchaftlichen Inductionen, in ein völlig verſchiedenes Syſtem der Erſcheinungen vor allen denen, die uns bisher beſchäftigt haben. Darum müſſen wir denn auch vorerſt dieſe Ausdrücke kennen und verſtehen lernen, ehe wir es unternehmen dürfen, die intereſſante Geſchichte dieſes neuen Theils der menſchlichen Erkenntniß vorzutragen.

Allein wie kann man zu der eigentlichen Bedeutung dieſer Worte gelangen? Wie ſollen wir ſie in unſerer gewöhnlichen Sprache ausdrücken? Oder auf welche Weiſe ſollen wir ihren inneren Sinn erklären? — Dieſe Fragen müſſen damit beantwortet werden, daß man alle jene neuen Worte in keiner unſerer gewöhnlichen Sprachen genau wiedergeben, und daß die ſcharfe Beſtimmung ihrer wahren Bedeutung durch Umſchreibungen mit Hülfe anderer, uns bereits gewöhnlicher Ausdrücke nicht erlangt werden kann. In dieſen, wie in allen anderen Zweigen der menſchlichen Erkenntniß kann der eigentliche Sinn der techniſchen Worte nur in dem Fortgang der Ideen, welche zu ihnen geführt haben, gefunden werden; die Geſchichte der Wiſſenſchaft iſt zugleich das Wörterbuch derſelben, und die allmähligen Fortſchritte der wiſſenſchaftlichen Induction enthalten zugleich die eigentlichen Definitionen der Gegenſtände und Begriffe, um die es ſich hier handelt. Nur durch unſern Rückgang zu den erfolgreichen Unterſuchungen der Menſchen über die Zuſammenſetzung und die Elemente der Körper können wir erfahren, in welcher Bedeutung wir die Ausdrücke zu verſtehen haben, um dadurch in den wahren Sinn unſerer Vorgänger einzudringen, und unſere eigenen reellen Kenntniſſe zu vermehren. Damit dieſe Worte ihre wahre Bedeutung für uns erhalten, müſſen wir vor allem zuſehen, welche Bedeutung ſie in dem Geiſte der uns vorangegangenen Entdecker gehabt haben.

Es iſt uns daher unmöglich, auf unſerer Bahn vorzuſchreiten, wenn wir nicht zuerſt die Geſchichte der Chemie auf einer gleichen Höhe mit dem bereits vorgetragenen Theile der Geſchichte der Electricität gebracht haben; wenn wir nicht vorerſt den Fortgang der analytiſchen, ſo wie den der mechaniſchen Wiſſenſchaften in demſelben Maße näher kennen gelernt haben. Wir ſind alſo gezwungen, inne zu halten und unſere Blicke rückwärts zu

werfen, ganz eben ſo, wie uns dies auch in der Geſchichte der Aſtronomie begegnet iſt, als wir an der Grenze der großen mechaniſchen Induction von Newton ankamen, wo wir ebenfalls inne halten und die Geſchichte der Mechanik oder der Dynamik einſchalten mußten, ehe wir zu der eigentlichen dynamiſchen Aſtronomie übergehen konnten. Dort wurden wir durch die neuen Ausdrücke „Kraft, Attraction, Trägheit, Mo„ment“ mit unſerer Geſchichte zurück, in die Zeiten längſt verfloſſener Jahrhunderte, verwieſen, und ebenſo werden wir auch jetzt durch die Worte „Compoſition und Decompoſition, Säure, Baſis, Element u. ſ. f. auf dieſelben früheren Zeiten zurückgeführt. Und zwar auf ſehr weit von uns entfernte Zeiten, da die Chemie, ſo wie die Aſtronomie, eine der älteſten Wiſſenſchaften iſt. In der That ſcheint der menſchliche Geiſt auf den weiten Gefilden der Chemie ſchon in den früheſten Jahrhunderten ſein Glück verſucht und ſeine Kraft verwendet zu haben, um in die Geheimniſſe der Natur einzudringen. Nur zu lange lag er in dieſe wunderbaren Gefilden in einer Art von Bezauberung, und unzählig, wahrhaft unüberſehbar ſind die mannigfaltigen, mühſeligen Arbeiten, die Erfolge und Fehlgriffe, die Speculationen und Reſultate, die ſonderbaren Anſprüche und die wunderlichen Träume, denen ſich die Schnitter auf dieſem Felde preisgegeben ſahen. Es würde ganz unmöglich ſein, ſie alle näher anzuführen oder auch nur eine kurze Anzeige von denſelben zu geben. Auch wäre ein Unternehmen dieſer Art dem Zwecke dieſer Geſchichte nicht angemeſſen. Es iſt ſchon ſchwer genug, von der großen Maſſe der vor uns liegenden Gegenſtände nur das unſerer Abſicht Entſprechende herauszufinden. Dieß aber muß geſchehen, wenn wir anders das uns geſteckte Ziel erreichen ſollen. Wir müſſen alſo die Geſchichte der Chemie wenigſtens ſo weit geben, als in dieſer Wiſſenſchaft ein Beſtreben zur Erhaltung allgemeiner Principien ſichtbar wird. Dadurch werden wir die Ueberſicht von allgemeinen Kenntniſſen einer ganz neuen Art erhalten und uns zugleich auf andere vorbereiten, die zu einer noch höheren Ordnung gehören.