VIII. *Beschreibung und Gebrauch der elektromagnetischen Waage und der Säule von constanten Strömen; von Hrn. Becquerel.*

(*Compt. rend. T. IV p. 35. — Auszug.*)

Bis jetzt besitzt man nur zwei Mittel, um die Ströme hinsichtlich ihrer Intensität mit einander zu vergleichen. Das erste besteht darin, daß man eine Magnetnadel in gleichem Abstände von einem Leitdrahte, den Ströme von ungleicher Intensität durchlaufen, eine gegebene Zeit lang schwingen läßt, und darauf nach der Formel für das Pendel die Intensität eines jeden Stromes berechnet. Das zweite erfordert den Gebrauch des Multiplicators.

Beide Methoden erlauben nicht die Zurückführung der Intensitäten eines Stromes auf ein gemeinsames leicht zu verschaffendes Maafs, was doch immer beim Studium der Wirkung von Kräften das Ziel seyn muß.

Ich habe die elektro-magnetischen Effecte eines Stromes durch Gewichte zu vergleichen gesucht. Der dazu bestimmte Apparat hat folgende Einrichtung. Man nehme eine Probirwaage, die noch für ein Bruchtheil eines Milligramms einen Ausschlag giebt, hänge an jedes Ende des Balkens, mittelst einer senkrechten Stange, eine Schale und einen Magnetstab, mit dem Nordpol nach unten, und befestige darunter, durch ein schickliches Gestell, zwei Glasröhren von solcher Weite, daß die beiden Magnete hineintreten können, ohne die Wände zu berühren. Um jede dieser Röhren wickle man einen mit Seide besponnenen Kupferdraht, so daß zehn tausend (*dix mille*) Windungen gebildet werden. Nachdem man die Magnete in die Axe dieser Windungen gestellt hat, leite man durch dieselben einen elektrischen Strom. Betrachten wir zunächst das eine Draht-

gewinde. Klar ist, daß der Magnetstab, und damit auch der ihn tragende Arm des Wägbalkens sich heben oder senken wird, je nach der Richtung des Stroms. Richten wir nun das zweite Gewinde so ein, daß die Bewegung des Wägbalkens in gleichem Sinne geschieht, wenn der Strom den Draht durchläuft, und setzen darauf die beiden Gewinde mit einander in Gemeinschaft, so werden sich ihre Wirkungen auf die Magnete nothwendig addiren ¹⁾).

Einige Beispiele werden eine Vorstellung von dem Gebrauch dieses Apparates geben. Nachdem ich eine Zink- und eine Kupferplatte, jede von 4 Quadratcentimetern Oberfläche, genommen hatte, und mit den beiden Gewinden in Gemeinschaft gesetzt hatte, tauchte ich sie gleichzeitig in 10 Grm. destillirten Wassers. Die Wage schlug aus, und es mußten zur Herstellung des Gleichgewichts 2,5 Milligrm. in eine der Schalen gelegt werden. Die Magnethöhle eines in die Kette gebrachten Multipliers mit kurzem Draht wurde 60° abgelenkt. Nach Hinzufügung eines Tropfens Schwefelsäure waren 35,5 Milligrm. zur Herstellung des Gleichgewichts

- 1) Ich erlaube mir hierbei zu bemerken, daß Hr. Baron v. Wrede, nach einer mir in diesem Frühjahr gemachten mündlichen Mittheilung, schon vor längerer Zeit nach ähnlichen Grundsätzen einen Multiplier construirt hat, der manche Vorzüge vor den bisher bekannten besitzt. Dieser Multiplier besteht aus einem an einem Faden hängenden horizontalen Holzbalken, an dessen beiden Enden, rechtwinklich gegen die Längsaxe des Balkens und ebenfalls horizontal, zwei Magnetstäbe von gleicher Stärke in entgegengesetzter Lage befestigt sind. Die Magnetstäbe, die vermöge dieser Einrichtung ein astatisches System darstellen, sind, senkrecht gegen ihre Axe, auf einem Theil ihrer Länge mit Drahtwindungen umgeben, die mit der Elektrizitätsquelle in Verbindung gesetzt werden. So wie durch die Drahtwindungen ein elektrischer Strom geleitet wird, schieben sich in ihnen nothwendig die Magnetstäbe in der einen oder andern Richtung fort, und der Betrag dieser Verschiebung wird an einem Gradbogen abgelesen. Ein Vorzug dieses Multipliers besteht darin, daß zu den Windungen eine nur geringe Drahtlänge erforderlich ist. P.

erforderlich. Die beiden Ströme standen also ungefähr in dem Verhältniß 1 zu 14.

Ich versuchte hierauf das Verhältniß zwischen Strömen von Säulen, die mehr oder weniger Elemente enthielten, in Gewichten zu bestimmen. Bei einer Säule aus 40 Elementen, geladen mit Wasser, das $\frac{1}{60}$ Schwefelsäure, $\frac{1}{10}$ Kochsalz und einige Tropfen Salpetersäure enthielt, waren 615 Milligramm zur Herstellung des Gleichgewichts erforderlich, woraus folgt, daß die Intensität dieses Stroms zu der des Stroms einer einfachen Kette in dem Verhältniß $17\frac{1}{2} : 1$ stand.

Zur Messung thermo-elektrischer Ströme dienten ähnliche Drahtgewinde, nur daß sie hier aus zwei Lagen von Windungen bestanden. Ich machte hievon eine Anwendung zur Messung der Temperaturen in den verschiedenen Hüllen der Flamme einer Weingeistlampe, und zwar mittelst zweier Platindrähte, die ungleichen Durchmesser hatten und mit einander verbunden waren. Die Temperaturen fanden sich gleich $1310^{\circ},98$; $913^{\circ},24$; $743^{\circ},50$.

Die in meiner Abhandlung angeführten Beispiele beweisen, wie leicht man durch Wägung die Intensität von Strömen, erzeugt durch Elektrizität von starker und schwacher Spannung, mit einander vergleichen kann.

Beabsichtigt man die fortdauernde Wirkung einer Kraft zu messen, so muß man vor allem dieser Kraft eine constante Intensität zu geben suchen. Nun ist aber der Strom einer gewöhnlichen Säule und selbst einer einfachen Kette beständigen Schwankungen ausgesetzt, die nicht gestatten, seine Wirkungsweise der Rechnung zu unterwerfen. Um diesem Uebelstande abzuhelpen, haben wir eine Säule construirt, die einen Strom giebt, dessen Intensität innerhalb 24 Stunden, und selbst innerhalb 48 Stunden keine merkbare Veränderung erleidet.

Vor einigen Jahren beschrieben wir einen sehr ein-

fachen Apparat welcher die Eigenschaft besitzt, einen Strom zu erzeugen, der in der angezeigten Zeit sich nur wenig verändert. Er besteht aus zwei Glasbechern, von denen der eine concentrirte Salpetersäure, und der andere concentrirte Kalilauge enthält. Beide Becher sind verbunden mit einander durch eine gekrümmte Glasröhre, die mit sehr feinem, mit einer Kochsalzlösung getränktem Thon gefüllt ist. In den Becher mit Alkali taucht eine Goldplatte, in den andern eine Platinplatte. Setzt man beide Platten durch einen Multiplicator in Gemeinschaft, so beobachtet man einen ziemlich starken Strom, hervorgehend aus der Einwirkung der Säure auf das Kochsalz und Kali. Die Goldplatte nimmt vom Alkali die negative Electricität, die Platinplatte von der Säure die positive.

Um das Maximum der Effecte zu erhalten, muß man bei der Construction dieses Apparates Folgendes erwägen. Wäre es möglich, alle Electricität, die sich bei der Verbindung einer gegebenen Menge Säure mit einer verhältnißmäßigen Menge Alkali entwickelt, in einen Strom zu verwandeln, so würde dieser Strom seinerseits alles gebildete Salz zu zersetzen vermögen. Wenn es also bei der Reaction einer Säure auf ein Alkali gelingt, einen ziemlich starken Antheil der entwickelten Electricität aufzufangen, so erhält man einen Strom, der stark genug ist, Zersetzungen hervorzubringen.

Um diese Bedingung zum Theil zu erfüllen, nehme man zwei Platinröhren, jede an einem ihrer Enden gekrümmt, um dieses Ende in eine Glasröhre zu stecken. Eine dieser Platinröhren fülle man mit Thon, der mit Salpetersäure getränkt ist, die andere mit Thon, der mit einer Kalilösung getränkt ist, und die verbindende Glasröhre mit Thon, der mit Kochsalzlösung getränkt ist. Die unteren Enden der Platinröhren sind mit stark durchlöchernten Platindeckeln verschlossen. Die den mit Säure getränkten Thon enthaltende Röhre taucht man in Salpeter-

säure, die andere in Kalilösung. Um den Uebergang der Elektrizität aus dem Thon zu den Wänden der Röhren zu erleichtern, mengt man dem Thon eine gewisse Menge gepulverten Platins bei, was seine Leitungsfähigkeit erhöht.

Hierauf befestigt man Platindrähte an den Enden der gekrümmten Arme, um den Strom in die Körper zu leiten. Durch Vereinigung mehrer solcher Apparate hat man eine Säule von constanten Wirkungen.

Ein einziges dieser Elemente erfordert 8,5 Milligrm., damit die Wage nicht ausschlage. Ein in die Kette gebrachtes Galvanometer mit kurzem Draht gab zugleich eine Ablenkung von 79°. Ich zeige in meiner Abhandlung, dafs die Wirkungen dieser Säule in langer Zeit nicht merklich schwanken. Diese Beständigkeit ist leicht zu erklären. Man weifs nämlich, dafs die zersetzenden Metallplatten, welche einen Theil einer Volta'schen Kette ausmachen und in eine Lösung tauchen, sich so polarisiren, dafs ein dem ersten entgegengesetzter Strom erzeugt wird. Die Polarisation jeder dieser Platten besteht in der Ablagerung einer Substanz, die durch den Strom zu ihrer Oberfläche geführt ist, und, was ihre Natur betrifft, von der Lage dieser Platte in Bezug auf die Enden der Säule abhängt. So lange diese Substanz mit der Platte in Berührung bleibt, giebt es einen Strom von entgegengesetzter Richtung mit dem ursprünglichen; wenn aber die Substanz von einer Flüssigkeit umgeben ist, die eine starke Verwandtschaft zu ihr hat, so verbindet sie sich mit ihr, und augenblicklich ist die Platte depolarisirt. Genau dieses geschieht in den Elementen der von uns beschriebenen Säule; das Alkali, welches zur negativen Platte geführt worden ist, verbindet sich sogleich mit der umgebenden Säure, und die auf die positive Platte abgesetzte Säure wird durch das umgebende Alkali neutralisirt.

Ich bin in einiges Detail über die elektro-chemi-

schen Effecte der Polarisation zersetzender Platten eingegangen, wenn sie zur Fortführung der Ströme dienen, die von Apparaten von constanten Strömen, bestehend aus 1, 2, 3, 4 Elementen, erzeugt werden. Ich habe hierauf das Resultat der von mir mit dem beschriebenen Apparat angestellten ersten Versuche auseinandergesetzt, um die Beziehungen zwischen den Verwandtschaften der chemischen Kräfte festzusetzen. Seit Hrn. Faraday's Entdeckungen über die Bestimmtheit und Ausdehnung der elektro-chemischen Zersetzung wissen wir, daß die chemische Kraft eines Stroms geradezu proportional ist der darin bewegten Elektricitätsmenge. Gestützt auf diesen Satz, ist es ihm geglückt, die Aequivalente der Körper zu bestimmen; allein bei seinen Versuchen hat er abgesehen von der absoluten Intensität der Kraft, die in jedem Augenblick wirkt. Diese Lücke habe ich mit meinen Apparaten auszufüllen gesucht.

Seit langer Zeit hat man beobachtet, daß diejenigen Elemente, welche mit der größten Kraft zusammenhalten, am leichtesten durch den Strom zersetzt werden, und daß die Elemente, welche sich nur vermöge einer schwachen Verwandtschaft vereinigen, am wenigsten der zersetzenden Wirkung der störenden Elektricität gehorchen. Es scheint daraus zu folgen, daß alle zusammengesetzten Körper unter dem Einfluß des Stroms vermöge der ihre Elemente verbindenden Verwandtschaftskraft zersetzt werden. Könnte man also eine Beziehung zwischen der Intensität dieser Ströme und der Affinität aufstellen, so würde man ein Mittel haben, die letzteren zu messen.

Bei Untersuchungen dieser Art muß man auf folgende Beobachtungen Faraday's Rücksicht nehmen: 1) daß die elektrischen Kräfte bestimmt sind, wie die chemische Wirkung der Elektricität; 2) daß eine bedeutende Menge von strömender Elektricität eine nur sehr geringe Menge von Substanz zersetzt; 3) daß das elektrische Agens bloß zur Ueberwältigung der elektro-chemischen

Kräfte angewandt wird, woraus folgt, daß die strömende Elektrizität wenigstens der gleich ist, welche die getrennten Molecüle besitzen; und 4) daß die Theorie der bestimmten Proportionen mit der der elektro-chemischen Verwandtschaft im vollkommenen Einklange steht, woraus sich ergibt, daß man die äquivalenten Theile der Körper als Volume betrachten kann, die gleiche Elektrizitätsmengen enthalten, oder wenigstens gleiche elektrische Kräfte besitzen. Die Atome der Körper, welche in ihrer gewöhnlichen chemischen Action einander äquivalent sind, besitzen also gleiche Elektrizitätsmengen vereinigt mit sich.

Folgendes sind die ersten Versuche, welche ich zur Lösung der mich beschäftigenden Aufgabe angestellt habe.

Leitet man einen unveränderlichen Strom in zwei ungleich concentrirte Lösungen eines Salzes mit reducirbarer Basis, so ist die Menge des zersetzten Salzes durchaus dieselbe in beiden Lösungen. Ich nahm 2,8 Grm. trocknen salpetersauren Kupferoxyds, löste es in 10,3 Grm. Wasser, und verdünnte eine Hälfte der Lösung mit einem gleichen Volum Wasser. Von den beiden Kupferdrähten, welche in die beiden negativen Schenkel tauchten, wog jeder 0,3385 Grm. Nach 48stündiger Dauer der Versuche wogen diese Drähte 0,36 Grm.; sie hatten also 0,0215 Grm. an Gewicht zugenommen. Die Intensität des Stroms, welche diese Wirkung gethan, ward durch 5 Milligrm. ausgedrückt.

Als die Intensität des Stroms auf die Hälfte reducirt wurde, betrug die Menge des in 48 Stunden reducirten Kupfers 0,01, d. h. halb so viel, wie im vorhergehenden Versuch.

Als derselbe Draht und dieselben Lösungen 48 Stunden lang die Wirkung eines Stromes, der 3 Milligrm. aufwog, ausgesetzt wurden, erhielt man 0,012 Milligrm. Kupfer. Vergleicht man die Menge des in beiden Versuchen reducirten Kupfers, so findet man sie genau den

Intensitäten des Stromes proportional. Aehnliche Versuche wurden mit Lösungen von salpetersaurem Silber bei verschiedenen Concentrationen dieser Lösungen und verschiedener Intensität des Stromes angestellt. Die Mengen des reducirten Metalles waren genau den Intensitäten des Stromes proportional, wenn, was eine unerlässliche Bedingung ist, die Quelle constant blieb.

Diese Resultate gehen aus den Beobachtungen des Hrn. Faraday hervor, allein zwischen seinen Resultaten und den meinigen ist der Unterschied, daß er von der absoluten Intensität des Stromes absieht, während ich sie in Rechnung nehme. In einer anderen Abhandlung werde ich die Vortheile, welche man aus der Einführung dieses neuen Elementes in die elektro-chemischen Untersuchungen ziehen kann, auseinandersetzen.

Mittelst der elektro-magnetischen Wage, und indem wir Lösungen von verschiedenen Metallen der Wirkung eines und desselben Stromes von bekannter Intensität aussetzten, haben wir zu ermitteln gesucht, in welchem Verhältniß die Mengen des reducirten Metalles stehen. Drei Lösungen, die eine von Kupfer, die zweite von Silber, und die dritte von Zink, wurden in die Kette gebracht. Die Lösungen befanden sich in U-förmigen Röhren, und jede derselben stand an der negativen Seite mit einer Platinplatte, und an der positiven Seite mit einer Platte von dem in der Flüssigkeit gelösten Metall in Berührung. Sie wurden der Wirkung eines Apparates von zwei mit Platincylindern bereiteten Gliedern ausgesetzt. Die Resultate waren folgende:

Die Intensität des Stromes hielt 5,5 Milligrm. das Gleichgewicht. Nach 24 Stunden waren gefällt an Silber 0,305, an Kupfer 0,090 und an Zink 0,0925 Milligramm. Diese Mengen verhalten sich aber zu einander wie die Atomgewichte der drei Metalle; denn man hat $305 : 90 :: 108$ (Atomgewicht des Silbers) : 31,8 statt 31,6 (Atomgewicht des Kupfers), eben so $305 : 92,5 ::$

108 : 32,8 statt 32,5 (Atomgewicht des Zinks, wie es Faraday gefunden). Man sieht also, daß der Apparat von constantem Strom, wenn er auch nur aus zwei Gliedern besteht, mit Hülfe der elektro-magnetischen Wage erlaubt, das Atomgewicht der Metalle zu finden, und die Metallmenge, welche einer gegebenen Stromstärke entspricht, zu bestimmen.

Zusatz. In dem eben erschienenen 5. Bande von Hrn. Becquerel's *Traité de l'Électricité* findet sich eine Abbildung der elektro-magnetischen Wage, welche zum besseren Verständniß der Beschreibung in Fig. 8 Taf. IV wieder gegeben ist. *ff* ist der Wagbalken, *p, p'* sind die Schalen, *a, a'* die Magnetstäbe, *cc* und *c' c'* Kupferplatten, welche die mit Draht unwundenen Glasröhren tragen, und durch die Stellschrauben *vv, v' v'* eingestellt werden.

IX. *Bemerkung über die Theorie des Windes; von John Dalton.*

Vor 44 Jahren publicirte ich (wie aus meiner Meteorologie 1793 und 1834 ersehen werden kann) eine Theorie der Passatwinde etc., wie die, welche Hr. Dove bekannt gemacht hat. Sie war, wie ich später erfuhr, bereits von G. Hadley im Jahr 1735 publicirt worden. Auffallend ist es, daß die wahre Theorie so lange unbeachtet geblieben ist. (*Phil. Mag. Ser. III Vol. XI p. 390.*)