

J a h r b u c h  
der  
**Chemie und Physik**  
für 1826.

---

Als eine Zeitschrift  
des  
wissenschaftlichen Vereins  
zur Verbreitung  
von  
Naturkenntniß und höherer Wahrheit.

herausgegeben  
vom  
*Dr. J. S. C. Schweigger*  
und  
*Dr. Fr. W. Schweigger-Seidel.*

---

*Band I.*  
Mit drei Kupfertafeln,

---

H a l l e ,  
in der Expedition des obigen mit den Frankischen  
Stiftungen in Verbindung stehenden  
Vereins.

**K U R E**

J o u r n a l  
für  
Chemie und Physik

in Verbindung  
mit  
mehreren Gelehrten

herausgegeben

vom

*Dr. J. S. C. Schweigger*

und

*Dr. Fr. W. Schweigger - Seidel.*

---

*XXXXVI. Band.*

Mit drei Kupfertafeln.

---

Halle,

in der Expedition des Vereins zur Verbreitung  
von Naturkenntnifs.

1826.

J a h r b u c h  
d e r  
**Chemie und Physik**

XVI. Band.

Mit drei Kupfertafeln.

---

Unter besonderer Mitwirkung

*der HH. Brandes, Breithaupt, Bullmann, v. Charpentier,  
Chladni, Eversmann, Fronimherz, v. Gerolt, Gruner, Hermann,  
Hernbstädt, Kämtz, Körner, Nasse, Nöggerath, Ohm, Pfaff,  
Schirön, Schübler, Seebeck, Steininger, Weber, Wurzer  
und Zeise,*

herausgegeben

vom

*Dr. J. S. C. Schweigger*

und

*Dr. Fr. W. Schweigger-Seidel.*

---

H a l l e,

in der Expedition des Vereins zur Verbreitung  
von Naturkenntnifs.

1826.

den zu können, wo die Metalle mit einem Mastixfirnis überzogen waren, wie doch von Hrn. *Bischof* und *von Münchow* in ihrem ersten Resultate geschehen ist; denn jene letzteren Versuche sind von ihnen sehr häufig unter mannichfaltig abgeänderten Umständen wiederholt worden, und haben immer dasselbe auffallende Resultat gegeben, wie ich selbst denn auch oft das Gleiche beobachtet habe, während der Versuch mit den beiden Kupferplatten ohne Firnis, wie schon bemerkt, gleichsam isolirt dasteht. Uebrigens wiederhole ich noch am Ende dieses kleinen kritischen Aufsatzes, daß durch jene Versuche der Fundamentalsatz des ganzen Galvanismus, daß von je zwei trocknen Leitern, und insbesondere Metallen, in der unmittelbaren Berührung der eine constant positiv, der andere constant negativ von einem eben so constanten und unwandelbaren Spannungsunterschiede — und namentlich von den beiden Metallen Zink und Kupfer, jenes positiv dieses negativ wird, nicht im geringsten angefochten worden ist.

## 2.

*Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Contactelektricität leiten, nebst einem Entwurfe zu einer Theorie des Voltaschen Apparates und des Schwigger'schen Multiplcators,*

von  
Dr. G. S. O h m.

Im verwichenen Jahre habe ich in diesem Journ. \*) eine vorläufige Anzeige des Gesetzes, nach welchem

\*) Neue Reihe Bd. 14. H. 1.

Metalle die Elektrizität leiten, gemacht, und mehrere Reihen von Versuchen mitgetheilt, die mit aller Sorgfalt und Genauigkeit angestellt waren, welche der Gegenstand verdient und gestattet. Fast zu derselben Zeit sind Mittheilungen über denselben Gegenstand aus dem Auslande von zwei gleich rühmlich bekannten Experimentatoren *Barlow* und *Becquerel* zu uns gekommen, wobei es auffallend war, daß die Resultate dieser beiden Gelehrten, in so fern sie sich über den Einfluß der Länge des Leitungsdrahtes erstrecken, sowohl unter sich, als auch von dem durch meine Versuche ermitteltem Gesetze so stark abwichen. Ihre Arbeiten, so weit sie mir bekannt geworden sind, habe ich bei meinen späteren Versuchen stets berücksichtigt, und bin so zu der Ueberzeugung gelangt, daß weder die von diesen Naturforschern über die Länge des Leiters ausgesprochenen Gesetze, noch das von mir angekündigte, allgemein und frei von der Einmischung solcher Kräfte seyen, die keineswegs zu der Frage, um die es sich handelt, gehören. Dagegen hoffe ich jetzt im Stande zu seyn, die Partheien mit einander auszusöhnen und ein Gesetz aufzustellen, welches sich sowohl durch vollkommene Uebereinstimmung mit den nach allen Grenzen hin fortgesetzten Versuchen, als auch insbesondere durch die Einheit, welche es über alle den elektrischen Strom angehende Erfahrungen verbreitet, eine Einheit, wie sie nur im Gefolge der Wahrheit zu erblicken ist, als das reine Gesetz der Natur verkündigt.

Dieses Gesetz erstreckt sich indessen lediglich über die Leitung der Elektrizität durch Metalle und nimmt keine Rücksicht auf die Function des flüssigen

Leiters in der galvanischen Kette. Meine Versuche über den Einfluss der Flüssigkeiten auf den elektrischen Kreislauf, obgleich sie allmähig mehr und mehr sich entwirren, halte ich noch nicht für geschlossen; aber eben deswegen muß ich mich für jetzt damit begnügen, die Resultate, welche sich bereits rein heraus gestellt haben, nur in kurzen Umrissen anzudeuten, und behalte mir vor, eine ausführlichere, die chemischen und elektroskopischen Erscheinungen zugleich in sich aufnehmende, mathematisch bearbeitete Theorie der elektrischen Kette nachzuliefern. Die Hindernisse, welche meine Stellung als Gymnasiallehrer jeder gründlichen Arbeit in ganz aufsergewöhnlichen Massen entgegensetzt, mögen mich entschuldigen, wenn jene Abhandlung in einem größern Zeitraume, als billig scheint, dieser Anzeige nachfolgt.

Um unnütze Wiederholung zu vermeiden, fahre ich da fort, wo die am Eingange citirte Ankündigung aufhört, und bitte deshalb den Leser hierauf Rücksicht nehmen zu wollen.

Das beständige Wogen der Kraft \*), welches beim Oeffnen und Schliessen der Kette, oder beim Vertauschen solcher Leiter, die als Schließungsglied der Kette ungleichen Leitungswerth haben, Statt findet, erschwert die Versuche ungemein. Um einen Begriff von der Größe und Dauer dieses Wogens zu geben, wird es nicht überflüssig seyn, einige von den Versuchen, deren ich unzählige zur Bestimmung seiner Natur gemacht habe, hier mitzutheilen.

---

\*) a. a. O. S. 116.

Die Kette wurde mit dem Leiter O geschlossen und der Stand der Nadel von 5 zu 5 Minuten beobachtet; es ergaben sich allmählig folgende Resultate: 180, 150, 135,  $125\frac{1}{2}$ ,  $119\frac{1}{2}$ , 115,  $111\frac{3}{4}$ ,  $109\frac{1}{2}$ ,  $107\frac{3}{4}$ ,  $106\frac{3}{4}$ ,  $105\frac{3}{4}$ , 105,  $104\frac{1}{2}$ , eine Stunde später  $100\frac{1}{2}$ , so daß also im Ganzen 2 Stunden 5 Min. verflossen waren. Nach wenigen Minuten, während welcher die Kette offen blieb, zeigte die Nadel, die so schnell als möglich in der Visirlinie zur Ruhe gebracht worden war, (was mit einiger Uebung durch ein ihren Schwingungen entgegen laufendes Drehen in kurzer Zeit zu Stande zu bringen ist) wieder mehr als 180 Theile längere Zeit hindurch. Die Kette wurde aufs neue geöffnet und die Nadel durch ein zur Seite angebrachtes Hinderniß gezwungen in der Visirlinie zu bleiben, hierauf die Scheibe auf 500 gestellt und die Kette durch den Leiter O geschlossen, — und siehe, die Nadel legte sich auf der entgegengesetzten Seite, wo in einiger Entfernung ebenfalls ein Hinderniß angebracht war, mehrere Secunden lang an\*). Dieses Wogen der Kraft war aber schon bei dem 75 Fufs langen Leiter nicht mehr von erheblichem Umfange.

Es gibt meines Wissens nur ein Mittel dieses Wogen der Kraft ziemlich unschädlich zu machen, welches darin besteht, daß man die Kette vor Anfang der Versuche längere Zeit geschlossen hält und während der Versuche selbst nie öffnet, d. h. mit dem

---

\*) Es ist daher kein Wunder, daß ein Herausnehmen des Wollaston'schen Glühapparats aus der Flüssigkeit auf kurze Zeit den schon erloschenen Draht zum Wiedererglühen bewegt. Vergl. a. a. O. S. 117.

folgenden Leiter erst schließt, ehe man den vorhergehenden aus der Kette nimmt. Bei Versuchen, wo Leiter von ungefähr gleichem Leitungswerthe abwechselnd in die Kette gebracht werden, ist dieses Hinderniß, wenn man die eben angeführte Vorsichtsmaßregel beobachtet, als nicht vorhanden anzusehen, und solche Versuche lassen daher einen hohen Grad der Genauigkeit zu.

Auf diese Weise bestimmte ich das Leitungsvermögen verschiedener Metalle. Ich nahm cylindrische Drähte von einerlei Dicke und verschiedenem Stoffe, brachte nach und nach je zwei abwechselnd in die Kette und kürzte denjenigen, der die Kraft am meisten schwächte, so lange ab, bis er mit dem andern ohngefähr gleichen Leitungswerth erlangt hatte. Am besten thut man, aus 2 nahe an einander liegenden Bestimmungen, wovon die eine zu viel, die andere zu wenig giebt, ein Mittel zu nehmen. So gelangte ich zu nachstehenden Verhältnißzahlen für die Länge der verschiedenen Metalle, wobei sie gleichen Leitungswerth besitzen:

*Kupfer* 1000, *Gold* 574, *Silber* 356, *Zink* 333, *Messing* 280, *Eisen* 174, *Platin* 171; *Zinn* 168, *Blei* 97.

Ich hatte, als ich im vorigen Jahre diese Versuche anstellte, jeden unter veränderten Umständen einige Male wiederholt und mit sehr geringen Abweichungen stets dieselben Resultate erhalten; seitdem habe ich aber Erfahrungen gemacht, die mich bewegen, Mißtrauen in jede Angabe der Art zu setzen. Als ich nämlich etwa ein halbes Jahr später dieselben Versuche wiederholen und mit Kupfer, Gold und

Silber den Anfang machen wollte, da ging zu meinem Erstaunen das Silber entschieden über das Kupfer hinaus. Glücklicherweise besafs ich noch das Stück Silberdraht, womit ich meine früheren Versuche angestellt hatte und siehe, es reihte sich dieses wieder in seine alte Stelle ein. Beide Silberexemplare waren aus Hornsilber gewonnen, folglich gleich rein, sie unterschieden sich durch nichts von einander, als dafs die Oberfläche des jüngsten sorgfältig gereinigt, die des ältern aber mit einer Oelhaut, die sie beim Ziehen angenommen hatte, überzogen war. Dieser Umstand bewog mich meine Versuche vorläufig einzustellen. Gerne hätte ich sie an dem unten beschriebenen Apparate, der äußerst sichere Resultate gibt, wieder aufgenommen, aber dazu fehlten mir die Metalle in der erforderlichen Quantität; ich hoffe später einmal darauf zurückkommen zu können.

Ferner nahm ich Drähte von gleichem Stoffe und verschiedener Dicke, innerhalb 0,12 und 1,40 Linien, und verfuhr mit ihnen ganz so, wie bei der Bestimmung des Leitungsvermögen der Metalle geschehen ist. So ergab sich mir folgendes Gesetz: *Cylindrische Leiter von einerlei Art und verschiedenem Durchmesser haben denselben Leitungswerth, wenn sich ihre Längen wie ihre Querschnitte verhalten.* Auf dieses Gesetz wurden auch *Barlow* und *Becquerel* durch ihre Versuche geführt.

Zu bemerken ist auch hier der Umstand, dafs stets der dickste Draht von der Regel mehr oder weniger abwich; aber er war geblieben wie er war, mit mehr oder weniger rein metallischer Oberfläche, während die anderen über dem Ziehen mit einer Haut

ziemlich gleichmäfsig sich bedeckt hatten. In meinen späteren Versuchen habe ich auf diesen Umstand stets Rücksicht genommen.

Bei Versuchen, die sich auf die Länge des Leiters beziehen, ist jenes Wogen der Kraft von sehr nachtheiligem Einflusse, weil hier Leiter von sehr ungleichem Werthe nach einander in die Kette gebracht werden, woraus eine Unsicherheit entsteht, die durch die fortwährende Aenderung, welche die Flüssigkeit und die sie berührenden Metalloberflächen in ihrer chemischen Konstitution erleiden, nur noch vermehrt wird. Ich habe zwar in meinen früheren Versuchen diesem Uebelstande dadurch zu begegnen gesucht, dafs ich die einzelnen Beobachtungen stets in gleichen Zeiträumen auf einander folgen liefs, und zu der ganzen Zeit der Versuche nur solche Abschnitte wählte, in welchen die Wirkung der Kette weniger veränderlich sich zeigte; allein obgleich dadurch die Beobachtungsfehler in ziemlich enge Grenzen eingeschlossen werden, so konnte ich doch nicht hoffen, auf diesem Wege das eigentliche Gesetz der Leitung\*) zu entdecken und nahm daher meine Zuflucht zu der thermomagnetischen Kette, deren Beständigkeit von Herrn *Poggendorf* mir empfohlen worden war; und da die auf diesem Wege gewonnenen Erfahrungen das Gesetz der Leitung auf eine entscheidende Weise aussprechen, so halte ich es nicht für überflüssig, mei-

---

\*) Dafs das in meiner Ankündigung S. 115. aufgestellte nicht allgemein sey, davon habe ich mich durch einen Leiter von 300 Fufs, dessen Querschnitte 5mal kleiner als der der übrigen war, der also einen Leiter von 1500 Fufs vertrat, überzeugt. Er gab  $2\frac{3}{4}$  bei einer Normalkraft von 199 und  $1\frac{1}{2}$  bei einer Normalkraft von 76 Theilen.

nen dabei gebrauchten Apparat umständlich zu beschreiben, damit der Grad des Zutrauens, den die daraus hervorgegangenen Thatsachen verdienen, sich um so leichter bestimmen lasse.

Ein in der Gestalt einer eckigen Klammern gegossenes Stück Wismuth  $abb'a'$  (Fig. 1.), dessen längere Seite  $bb'$   $6\frac{1}{2}$  Zoll und dessen kürzere Schenkel  $ab$ ,  $a'b'$  jeder  $3\frac{1}{2}$  Zoll betragen, war durchgängig 9 Linien breit und 4 Linien dick. An jeden dieser Schenkel befestigte ich mittelst zweier Schrauben Kupferstreifen  $abcd$ ,  $a'b'cd'$ ; die 9 Lin. breit, 1 Linie dick und zusammen gerechnet 28 Zoll lang und so gebogen waren, daß ihre freien Enden  $cd$ ,  $c'd'$  in zwei an dem hölzernen Gestelle  $fghi$  angebrachte, mit Quecksilber gefüllte Schälchen  $m$ ,  $m'$  ragten, wenn die ganze Vorrichtung auf dem Gestelle saß.

Auf der obern Platte  $ff$  des Gestelles sitzt die Drehwaage, bei deren Beschreibung ich etwas verweilen werde, da an ihr Abweichungen von der gewöhnlichen Einrichtung vorkommen. Der Glascylinder  $vv$ , auf welchem sie sitzt, ist 6 Zoll hoch und  $4\frac{1}{2}$  Zoll weit. Sie selbst besteht aus 2 Theilen, wovon der eine  $nop$  mit einer schwach konischen Höhlung versehen und auf der obern Platte des Glascylinders fest gekittet ist, der andere  $qrs$  mit seinen 8 Linien dicken konisch auslaufenden Zapfen in die Höhlung des ersten genau paßt, und mit seiner 3 Zoll breiten Scheibe  $rr$  auf der eben so breiten Scheibe  $nn$  des ersten Theils aufliegt. An dem Zapfen  $qs$  ist mit großer Sorgfalt auf der Drehbank der Mittelpunkt der Drehung durch eine zarte konische Vertiefung angemerkt und hierauf derselbe auf einen halben Zoll sei-

ner Länge so lange abgefeilt worden, bis sich auf der dadurch entstandenen ebenen Fläche jene konische Vertiefung als ein vollständiges Dreieck darstellte. Durch eine besondere Vorrichtung wird der Faden, an welchem die Nadel hängt, so an den Zapfen geklemmt, daß seine Mitte genau in die Spitze des Dreiecks fällt. \*)

Die Magnetonadel *tt* ist aus 0,8 Linien dickem Stahldraht verfertigt und nicht volle 2 Zoll lang, ihre beiden Enden sitzen in cylinderförmigen Stücken Elfenbein, deren eines einen zart zugespitzten, nach unten etwas umgebogenen, Messingdraht in sich trägt. Diese messingene Spitze, die als Zeiger dient, liegt dicht über dem auf dem Gestelle ruhenden, in Grade eingetheilten Bogen von Messing *uu*. Anfänglich hatte ich die Nadel so lang gemacht, daß sie mit ihrem einen Ende unmittelbar über dem messingenen Gradbogen schwebte; aber die Trägheit, welche sie durch die geringe Anzahl ihrer Schwingungen zu erkennen gab, erinnerte mich an die vor Kurzem von *Arago* gemachte Erfahrung und gab Anlaß zu obiger Abänderung.

Die so zubereitete Nadel wird von einem 5 Zoll langen Streifen Goldlahn getragen, der an der Drehwage genau im Mittelpunkt der Drehung befestigt ist. Diese bandförmigen Metallstreifen sind nach meiner

---

\*) Diese Drehwage ist nach meiner Angabe von dem hiesigen sehr geschickten Mechanicus Herrn *Mauch* verfertigt worden. Auf dem hiesigen Cabinette befinden sich 2 aus Strasburg gekommene Drehwagen gewöhnlicher Art, von denen ich aber bald einsah, daß sie zu genauen Versuchen gar nicht zu gebrauchen sind, indem sie zu Fehlern von 30 und mehr Theilen Anlaß geben.

Erfahrung zu Versuchen mit der Drehwage weit geschickter als cylinderförmige Drähte. Der Lahn, den ich an meiner Drehwage gebrauche, besitzt ohngeachtet seiner aus vielen Rücksichten so wünschenswerthen Kürze noch in so hohem Grade alle Erfordernisse zu den Drehversuchen, daß die Nadel, nachdem der Lahn eine Spannung von mehr als 3 ganzen Umdrehungen erlitten hat, wieder ihre alte Stellung einnimmt, wenn man die Spannung wieder aufhebt. Demungeachtet habe ich nach jedem Versuche die Nadel im Stande der Ruhe beobachtet, um überzeugt zu seyn, daß der Apparat durchaus keine Aenderung erlitten hat. Uebrigens glaube ich noch bemerken zu müssen, daß vorangegangene Versuche an einer ähnlichen vom Lahn getragenen Nadel aus Messing mich überzeugt haben, daß kleine und große Schwingungen (ich habe sie von 2 ganzen Umdrehungen bis zu wenigen Graden verfolgt) stets in derselben Zeit abgemacht werden, so daß also von dieser Seite her nichts zu fürchten ist.

Die Drehwage wurde auf die obere Platte des Gestelles dergestalt fest gekittet, daß eine mitten durch den Kupferstreifen *bc* gezogene, mit dem mittelsten Theilstrich des Gradbogens *uu* und einem dicht vor diesem Bogen lothrecht ausgespannten einfachen Seidenfaden in einerlei Richtung liegende gerade Linie und zugleich auch die Magnetnadel im magnetischen Meridiane lagen, während der Zeiger an der Drehwage auf Null gestellt war. Auf dem Vorsprunge *K* des Gestelles war ein convexes Glas *L* von einem Zoll Brennweite in der erforderlichen Richtung und Entfernung angebracht, durch welches die un-

tere Theilung betrachtet wurde, und um jede Paralaxe zu vermeiden, wurde das Auge während der Beobachtung stets so gestellt, daß der Seidenfaden und der mittlere Theilstrich des Gradbogens sich deckten. Die Beobachtung geschah in der Art, daß jedesmal, wenn die Nadel durch den elektrischen Strom des Apparats abgelenckt worden war, der Lahn so lange durch den beweglichen Theil der Drehwage entgegengedreht wurde, bis die messingene Spitze der Nadel hinter dem Seidenfaden auf dem mittlern Theilstrich des Gradbogens stand; dann wurde die Größe der Drehung oben an der Drehwage in Hunderttheilen einer ganzen Umdrehung abgelesen, welche Zahl bekanntlich die Kraft ausdrückt, womit auf die Nadel gewirkt worden ist.\*)

Die Leiter, welche zu den Versuchen gebraucht worden sind, tauchten mit ihren Enden in das Quecksilber der Schälchen  $m$ ,  $m'$ , über denen der Sicherheit wegen eine einfache Vorrichtung angebracht war, mittelst welcher die Enden eines jeden Leiters stets auf dieselbe Weise mit dem Quecksilber in Berührung

---

\*) Die Nadel und der Lahn hatten unter sich ein solches Verhältniß erhalten, daß um die Nadel einen Grad der untern Theilung weiter zu führen, die Drehwage um 10 Theile gedreht werden mußte. Bei der getroffenen Einrichtung hielt es aber nicht schwer  $\frac{1}{5}$  eines untern Grades noch gut zu sehen und daher  $\frac{1}{3}$  eines obern Theiles noch merklich zu fühlen. Zugleich erhellet aber hieraus, wie eine Abweichung des Umdrehungspunktes von noch nicht einer halben Linie zu Fehlern von 20 und mehr Theilen führen könne; es darf daher die ängstliche Sorgfalt, mit der ich meine Drehwage bauen ließ, nicht befremden. Vielleicht liegt gerade hierin der Grund, warum Andere als *Coulomb* zu übereinstimmenden Resultaten durch die Drehwage nicht gelangen konnten.

kamen. Ueberdies wurden alle Enden der Leiter, soweit eine Berührung des Quecksilbers zu befürchten war, mit Harz überzogen, dann die Grundflächen derselben mit einer feinen Feile metallisch gefeilt und jedesmal frisch angequickt. Eine vollkommen metallische Verbindung der einzelnen Theile ist bei Versuchen der Art eine unerläßliche Bedingung, weil außerdem keine Uebereinstimmung der Beobachtungen zu Stande kommt.

Um endlich den Theilen des Apparats, wo sich Wismuth und Kupfer berührten, einen beständigen Temperaturunterschied zu geben, liefs ich mir 2 Gefäße aus Blech verfertigen, deren Duchschnitte in größerem Mafsstabe (Fig. 2.) abgebildet sind. Jedes hatte in seinem Innern einen oben offenen, übrigens ringsum verschlossenen, zur Aufnahme der Theile  $ab$ ,  $a'b'$  bestimmten Raum  $xx$ . In dem einen  $A$  wurde Wasser beständig im Kochen erhalten; dieses hatte daher bei  $y$  eine mit Kork zu verschließende Oeffnung, um Wasser in das Gefäß bringen zu können und auf der andern Seite eine Röhre  $zz$  um den Dampf abzuführen; in das andere wurde Schnee oder zerstückeltes Eis gebracht. Die Theile  $ab$ ,  $a'b'$  wurden mit dünnem aber dichtem Seidenzeug umnäht, dann in die Räume  $xx$  geschoben und diese zuletzt bis auf eine Höhe von etwa einem Zolle mit kleinem Schrote ausgefüllt und dann vollends mit klein zerstückelten Glase zugeschüttet. Auf solche Weise befanden sich alle Berührungsstellen zwischen Wismuth und Kupfer innerhalb des mit Blei ausgefüllten, die Wärme gut leitenden Raumes und die Glasdecke schützte diesen

Raum vor einer schnellen Temperaturänderung durch die umgebende Luft.

Nach dieser umständlichen Beschreibung des Apparats komme ich nun zu den Versuchen, die ich damit angestellt habe. Ich hatte mir 8 verschiedene Leiter vorgerichtet, die ich in der Folge mit 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bezeichnen werde und die respective 2, 4, 6, 10, 18, 34, 66, 130 Z. lang  $\frac{7}{8}$  L. dick und insgesamt aus einem Stücke sogenannten plattirten Kupferdrahtes geschnitten und auf die vorhin beschriebene Weise zubereitet waren. Nachdem das Wasser eine halbe Stunde im Sieden erhalten worden war, wurden sie nacheinander in die Kette gebracht. Zwischen je zwei Versuchsreihen eines und desselben Tages, die 3 bis 4 Stunden ausfüllten, wurde immer eine Pause von einer Stunde gehalten, während welcher neues, schon erwärmtes Wasser zugegossen wurde, das in kurzer Zeit ins Kochen kam, dann kamen die Leiter nach der Reihe, aber in umgekehrter Ordnung, in die Kette. So gelangte ich zu nachstehenden Ergebnissen:

Zeit der Beobach- tung.	Ver- suchsrei- hen.	L e i t e r.							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
8. Jan.	I.	326 $\frac{3}{4}$	300 $\frac{3}{4}$	277 $\frac{1}{4}$	258 $\frac{1}{4}$	190 $\frac{1}{4}$	134 $\frac{1}{4}$	88 $\frac{1}{4}$	48 $\frac{5}{8}$
11. Jan.	II.	311 $\frac{1}{4}$	287	267	230 $\frac{1}{4}$	183 $\frac{1}{2}$	129 $\frac{3}{4}$	80	46
	III.	307	284	263 $\frac{3}{4}$	226 $\frac{1}{4}$	181	128 $\frac{3}{4}$	79	44 $\frac{5}{8}$
15. Jan.	IV.	305 $\frac{1}{4}$	281 $\frac{1}{2}$	259	224	178 $\frac{1}{2}$	124 $\frac{3}{4}$	79	44 $\frac{5}{8}$
	V.	305	282	258 $\frac{1}{4}$	223 $\frac{1}{2}$	178	124 $\frac{3}{4}$	78	44

Es fällt auf, daß die Kraft von einem Tage zum andern fühlbar abnimmt. Ob der Grund dieser Abnahme in einer Veränderung der Berührungsstellen oder vielleicht darin zu suchen ist, daß der 8te und

11te Januar sehr kalte Tage waren und das Eisgefäß noch am Fenster einer nicht stark geheizten und schlecht verwahrten Stube stand, wage ich nicht zu entscheiden; nur das glaube ich hinzufügen zu müssen, daß ich vom 15ten ab keine bedeutenden Unterschiede mehr wahrnehmen konnte.

Ein besonderes Gewicht ist auf den Umstand zu legen, daß von dem oben beschriebenen Wogen der Kraft, wie es in der hydroelektrischen Kette Statt findet, hier auch nicht eine Spur wahrzunehmen ist. Die Nadel bleibt, so wie sie zur Ruhe gebracht worden ist, unbeweglich auf derselben Stelle stehen. Ich habe sie nach obigen Versuchen oft eine halbe Stunde lange beobachtet und auch nicht die leiseste Veränderung wahrgenommen. Ja, als die Nadel mit dem Leiter 1 ins Gleichgewicht gebracht und durch ein zur Seite angebrachtes Hinderniß in dieser Lage fest gehalten worden war, ging sie beim Schließen der Kette durch denselben Leiter, der längere Zeit herausgenommen war, auch nicht im Mindesten nach der entgegengesetzten Seite ab. Diefs berechtigt zu dem Schlusse, *daß jenes Wogen in einer Abänderung der Flüssigkeit seinen Grund hat, die durch den elektrischen Strom selbst erst bedingt wird und mit ihm steigt und fällt.* Es scheint eine Vertheilung gewisser Bestandtheile in der Flüssigkeit durch die bewegte Elektrizität veranlaßt zu werden, die sich ganz nach denselben Gesetzen richtet, wie sie bei der durch ruhende Elektrizität bewirkten, wahrgenommen worden sind; eine Verstärkung der Kraft hat ein vermehrtes Auseandertreten jener Bestandtheile zur Folge, eine Verminderung der Kraft bestimmt diese Bestandtheile zu ei-

ner partiellen Wiedervereinigung, die zur totalen wird, so wie die Kraft völlig verschwindet. Es ist sehr wahrscheinlich, und es wird sich weiter unten ein Beleg hierzu finden, daß diese Vertheilung der Flüssigkeit durch den Strom eine Aenderung nicht nur in der erregenden Kraft der Kette, sondern auch in der Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit nach sich zieht, und gerade diese vielfache Veränderlichkeit in der hydroelektrischen Kette macht das Gesetz der Leitung bei ihr so verwickelt und darum schwer zu enträthseln. Zugleich erhellet aber auch hieraus, daß wenn es sich bloß darum handelt, den Einfluß der Metalle auf die Leitung des elektrischen Stromes zu bestimmen, die hydroelektrische Kette sich dazu gar nicht eigne, weil sie zu mannigfaltigen Irrungen Anlaß gibt; dagegen ist die thermoelektrische Kette zu dieser Bestimmung recht eigentlich geschaffen. Wir wollen nun sehen, was sie bietet.

Obige Zahlen lassen sich sehr genügend durch die Gleichung

$$X = \frac{a}{b + x}$$

darstellen, wobei  $X$  die Stärke der magnetischen Wirkung auf den Leiter, dessen Länge  $x$  ist,  $a$  und  $b$  aber constante, von der erregenden Kraft und dem Leitungswiderstande der übrigen Theile der Kette abhängige Größen bezeichnen. Gibt man nämlich der Größe  $b$  den Werth  $20\frac{1}{4}$  und der Größe  $a$  nach den verschiedenen Versuchsreihen die Werthe: 7285, 6965, 6885, 6800, 6800, so erhält man durch die Rechnung nachstehende Bestimmungen:

Ver- suchsrei- hen.	L e i t e r.							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
I.	328	$300\frac{1}{2}$	$277\frac{1}{2}$	$240\frac{3}{4}$	$190\frac{1}{2}$	$134\frac{1}{2}$	$84\frac{1}{4}$	$48\frac{1}{2}$
II.	313	$287\frac{1}{4}$	$265\frac{1}{2}$	$230\frac{1}{4}$	182	$128\frac{1}{2}$	$80\frac{3}{4}$	$46\frac{1}{4}$
III.	$309\frac{1}{2}$	284	$262\frac{1}{2}$	228	180	127	$79\frac{3}{4}$	$45\frac{3}{4}$
IV.	$305\frac{1}{2}$	$280\frac{1}{2}$	259	$224\frac{3}{4}$	$177\frac{3}{4}$	$125\frac{1}{4}$	79	45
V.	$305\frac{1}{2}$	$280\frac{1}{2}$	259	$224\frac{3}{4}$	$177\frac{3}{4}$	$125\frac{1}{4}$	79	45

Vergleicht man diese durch die Rechnung erhaltenen Werthe mit den vorigen, auf dem Wege der Erfahrung gefundenen, so wird es sich zeigen, daß die Unterschiede so gering sind, wie man sie bei Versuchen der Art nur immer zu erwarten berechtigt ist. Ich wollte jedoch hierbei nicht stehen bleiben, sondern, was zur Ermittlung der allgemeinen Gültigkeit eines aus wenigen Fällen hergeleiteten Gesetzes am dienlichsten ist, an den Grenzen der Wirkung die Richtigkeit obiger Formel prüfen.

Zu dem Ende bildete ich 4 der Reihe nach 2, 4, 8, 16 Zoll lange Leiter *a, b, c, d*, aus dem 0,3 Linien dicken Messingdraht, der mir zu den früheren Versuchen an der hydroelektrischen Kette gedient hatte; diese gaben in der Kette der Reihe nach  $111\frac{1}{2}$ ,  $64\frac{3}{4}$ , 37,  $19\frac{3}{4}$  Theile, während der Leiter 1 in der Kette 305 Theile gab. Sucht man nach obiger Gleichung, die diesen Werthen entsprechenden Längen, so findet man  $40\frac{3}{4}$ ,  $84\frac{3}{4}$ ,  $163\frac{1}{2}$ , 324, welche Zahlen in großem Einklänge aussprechen, daß ein Zoll vom Messingdrahte  $20\frac{1}{2}$  Zollen vom plattirten Drahte gleich zu setzen sind. Nach dieser Vorbereitung brachte ich den aus demselben Messingdrahte bereiteten 23 Fuß langen Leiter, der in meiner Anzeige mit 5 bezeichnet war, in die Kette;

er gab  $1\frac{1}{4}$ . Und wirklich erhält man diese Zahl fast völlig genau, wenn man in den Ausdruck  $23, 12, 20\frac{1}{2} = 5658$  für  $x$  setzt. Man ersieht hieraus, daß jene Gleichung bis nahe zum Verlöschen der Kraft durch den Widerstand der Leitung stets treu an die Erfahrung sich anschmiegt.

Ferner unterhielt ich das eine Ende der Kupfer-Wismuth-Verbindung durch Eis in der Temperatur  $0^{\circ}$ , das andere Ende blieb der Temperatur des Zimmers ausgesetzt, wo ein bei dem Apparate aufgehängtes Thermometer während der Zeit des Versuches stets ohne merkliche Abweichung  $7\frac{1}{2}^{\circ} R$  zeigte. Die Leiter in folgender Ordnung 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 in die Kette gebracht, gaben der Reihe nach folgende Zahlen:  $27, 25, 23\frac{1}{3}, 20, 15\frac{1}{2}, 10\frac{3}{4}, 6\frac{1}{2}, 3\frac{2}{3}, 6\frac{1}{2}, 10\frac{3}{4}, 15\frac{1}{2}, 20, 23\frac{1}{3}, 25\frac{1}{4}, 27\frac{3}{4}$ . Setzt man aber in obigen Ausdruck  $b = 20\frac{1}{4}$  und bestimmt  $a$  so, daß  $\frac{a}{22\frac{3}{4}} = 27\frac{3}{8}$ , so erhält man durch die Rechnung Werthe, die von den beobachteten nirgends mehr als um einen halben Theil sich unterscheiden, woraus zur Genüge hervorgeht, daß obige Gleichung auch für jede Gröfse der erregenden Kraft gültig bleibt. Es fallen an diesen letzten Versuchen aber noch außerdem zwei wichtige Punkte ins Auge. Einmal ist der Umstand merkwürdig, daß der Werth von  $b$  sich unverändert erhält, während die Kraft mehr als 10mal geringer wird, so daß  $a$  blos von der erregenden Kraft,  $b$  blos von dem unveränderlichen Theil der Leitung abzuhängen scheint. Zweitens scheint aus diesen Versuchen hervorzugehen, daß die Kraft der thermoelektrischen Kette, dem Temperaturunter-

schiede an ihren beiden Erregungsstellen genau proportional sey.

Ich kann nicht umhin, hier am Schlusse dieser Versuche noch einer Beobachtung zu gedenken, die *Davy's* Folgerung, daß die Leitungsfähigkeit der Metalle durch Erniedrigung der Temperatur verstärkt, durch Erhöhung geschwächt wird, auf eine mehr directe Weise bestätigt. Ich nahm einen 4zölligen messingenen Leiter und brachte ihn in die Kette, er gab 159 Theile. So wie ich ihn in seiner Mitte durch eine Weingeistflamme erhitze, nahm die Kraft allmählig um 20 und mehr Theile ab, und die Wirkung blieb dieselbe, wenn gleich ich die Flamme mehr nach dem einen oder nach dem andern Ende des Leiters hinführte, legte ich aber auf denselben eine Scheibe von geronnenem Schnee; so nahm die Kraft um 2 Theile zu. Die Temperatur des Zimmers war  $8\frac{1}{4}^{\circ}$  *Reaumur*. Diese Thatsache ist darum hier nicht am unrechten Orte, weil sie zu kleinen Anomalien Anlaß geben kann.

---

Nachdem unsere Gleichung durch die Treue, womit sie alle durch die thermoelektrische Kette in so großem Umfange erhaltenen Resultate immer wieder gibt, sich als den gültigen Repräsentanten der Natur hinlänglich bewährt hat, wollen wir sie weiter verfolgen, um zu sehen, was sie noch in ihrem Schooße birgt.

Wendet man sie zunächst auf die früher angestellten hydroelektrischen Versuche an, so geben die kürzeren Leiter für *a* sowohl als für *b* stets kleinere Werthe als die längeren, wodurch die schon unbe-

stimmt geäußerte Vermuthung bestätigt wird, *dass die Flüssigkeit in dem Maaße ein besserer Leiter werde, als durch den Strom eine erhöhte Vertheilung in ihr zu Stande gebracht wird, dass aber auch in demselben Maaße, wiewohl nicht in demselben Verhältnisse, eine entgegengesetzt erregende Kraft aufrete, die in Vereinigung mit der in der Flüssigkeit eintretenden Aenderung ihrer Leitungskraft die Phänomene des schon oft besprochenen Wogens hervorbringt.*

Ein bloßer Hinblick auf die Gleichung gibt zu erkennen, dass die Aenderung der Kraft für einerlei  $x$  um so geringer ausfallen müsse, je größer  $b$  ist, und schon ein oberflächliches Zusammenhalten der durch die thermo- und hydroelektrischen Ketten erhaltenen Resultate gibt zu erkennen, *dass der Werth von  $b$  in dieser viele hundert Male größer ist, als in jener, was offenbar von der als Leiter dienenden Flüssigkeit herrührt.* Nun sind aber jene Versuche mit Trögen angestellt, deren eine Seitenfläche über 200 Quadratzolle hielt, und da kleinere Platten, nach allen bis jetzt darüber angestellten Versuchen, den Widerstand der Flüssigkeit wenigstens im Verhältnisse ihrer Größe vermehren, so folgt, *dass, bei einem Plattenpaare von wenigen Quadratzollen Oberfläche,  $b$  einen viele tausend Male größern Werth, als in obiger thermoelektrischen Kette der Fall war, erhalten müsse.* Zugleich wird aber auch aus diesem Zusammenhalten hervorgehen, *dass die erregende Kraft in der hydroelektrischen Kette bei Weitem größer als in der thermoelektrischen ist.*

Nimmt man an, dass die Länge  $x$  des Leitungsdrahtes um ein Stück  $h$  wachse, und bezeichnet die

Verminderung, welche dadurch  $X$  erleidet, mit  $V$ , so erhält man aus unserer Gleichung nach bekannten Regeln

$$\frac{V}{X} = \frac{h}{b+x} - \frac{h^2}{(b+x)^2} + \frac{h^3}{(b+x)^3} - \dots$$

Ist mithin  $h$  sehr klein in Bezug auf  $b+x$ , so kann man ohne Irrthum setzen

$$\frac{V}{X} = \frac{h}{b+x}$$

Es ist also unter der gemachten Voraussetzung die Aenderung der Kraft dem Längenzuwachse des Leitungsdrahtes proportional. Diefs Gesetz ist dasselbe welches Becquerel \*) mittelst seiner Vorrichtung erhalten

---

\*) Schon Davy ist auf einem ganz andern Wege dazu gelangt (Gilbert's Annalen neueste Folge Bd. XI, S. 252.) Dasselbst (S. 253.) steht, wenn ich meinem Auszuge trauen darf, wörtlich folgende Stelle: „Ich habe ferner gefunden das in Volta'schen Batterien von der eben beschriebenen Art und Anzahl der Plattenpaare das Leitungsvermögen eines Drahtes für Elektrizität nahe der Masse desselben direct proportional ist, wie sich das erwarten liefs. Wenn z. B. eine gewisse Länge eines Platindrahts eine Batterie entlud, so reichte von 6mal schwererm Drahte dieselbe Länge hin 6 solche Batterien zu entladen, wovon ich mich mit zwei Platindrähten, von denen Stücke 1 Fuß lang 1,13 und 6,7 Grain wogen, überzeugt habe; und der Erfolg war ganz einerlei ich mochte im zweiten Fall einen einzelnen Draht von 6facher Masse nehmen oder 6 kleine Drähte die einander berührten, wofern nur die Drähte in Wasser kalt erhalten wurden. Dieses Resultat allein schon beweist, das das Leitungsvermögen nicht im Verhältniß der Oberflächen steht, wenigstens nicht für Elektrizität dieser Art. Noch deutlicher thut dieses folgender directe Versuch dar: Von zwei gleich langen und gleich viel wiegenden Platindrähten, liefs ich den einen flach walzen, so das er eine 6 bis 7mal größere Oberfläche erhielt und verglich nun das Leitungsvermögen beider. In der Luft zeigte sich der abgeplattete Draht als der

erhalten hat. In der That ist bei seinen Versuchen  $h$  schon sehr klein in Vergleich zu  $x$  und überdem scheint dieser Physiker, da er sich des Multipliers bedient hat, mit kleinen Plattenpaaren experimentirt zu haben, so dafs wahrscheinlich  $x$  wieder in Vergleich zu  $b$  sehr klein wird. Hierin dürfte der Grund zu suchen seyn, warum selbst die Vervielfältigung der Wirkung durch den Multiplikator unfruchtbar geblieben ist \*).

Wenden wir unsere Gleichung auf die Theorie des *Volta'schen Apparates* an, so gibt sie einen unerwarteten Aufschluß über die verschiedenartigsten Erscheinungen.

---

bessere Leiter, aus dem Grunde, weil er sich in ihr schneller abkühlte, als aber beide Drähte von Wasser umgeben waren, liefs sich keine Verschiedenheit in ihrem Leitungsvermögen wahrnehmen.“

Nicht ohne Grund vermute ich in dieser Stelle einen Uebersetzungsfehler, den aufzusuchen es wohl der Mühe lohnte. Der Ausdruck „nahe der Masse desselben direct proportional“ ist nämlich nach meinen Versuchen nur dann richtig, wenn gleiche Länge der Drähte vorausgesetzt wird. Diefs liefs sich auf eine Unbestimmtheit des Ausdrucks schieben, aber mit dieser Annahme und mit *Davy's* eigenen Versuchen im Widerspruche ist der bald darauf folgende Satz: „Von zwei gleich langen u. s. w.“

\*) Dafs diese Umstände bei *Becquerel's* Versuchen wirklich vereinigt da gewesen seyen, leite ich aus folgender Betrachtung her. An seinem Apparate war  $x = 200^{\text{dm}}$  und  $h$  erhielt allmählig 1, 2, 3 u. s. w. solcher Einheiten. Wie weit *Becquerel* in der Veränderung  $h$  fortgeschritten, ist aus der Anzeige im *Bulletin universel* nicht zu entnehmen. Gesetzt aber, er wäre schon bei  $h = 5^{\text{dm}}$  stehen geblieben, so war  $\frac{h}{x} = \frac{1}{40}$ ; wäre nun  $\frac{h}{b+x}$  nicht noch beträchtlich kleiner geworden, so müfste seine so äufserst empfindliche Vorrichtung den Einflufs des 2ten Gliedes in obiger Entwicklung von  $\frac{V}{X}$  ohne Zweifel noch angezeigt haben,

Setzen wir nämlich die erregende Kraft eines Metallpaares  $= 1$ , so muß ein aus  $m$  solchen Metallpaaren zusammengesetzter *Volta'scher* Apparat, weil jedes unter völlig gleichen Umständen zur Hervorbringung des elektrischen Stromes mitwirkt, die erregende Kraft  $m$  besitzen. Messen wir nun den Widerstand, welchen ein Metallpaar (mit Einschluss, wo es erforderlich ist, des dazu gehörigen feuchten Leiters, jedoch ohne auf die Veränderungen, welche aus der Flüssigkeit der erregenden Kraft und dem Widerstande selbst erwachsen, hier noch Rücksicht zu nehmen) dem elektrischen Strome entgegensetzt, durch die Länge eines der Art nach sich immer gleich bleibenden, als Maasstab dienenden, cylindrischen Körpers, und nennen wir die Länge, bei welcher er dem Strome einen Widerstand darbietet, der dem zu messenden völlig gleich ist, die *Widerstandslänge* des Metallpaares, so springt in die Augen, daß die Widerstandslänge aller  $m$  Paare die  $m$  fache von der eines einzigen Paares seyn werde, da alle als völlig gleich beschaffen vorausgesetzt werden. Drücken wir nun die Kraft des elektrischen Stromes eines einzelnen Paares nach obiger Gleichung durch

$$\frac{a}{b + x}$$

aus, wo  $x$  die Widerstandslänge des die Kette schließenden Zwischenleiters vorstellt, so folgt, daß man die Kraft der aus  $m$  solchen Paaren zusammengesetzten Verbindung erhalten werde, wenn man

- 1)  $am$  für  $a$  setzt; denn aus den Versuchen ergab sich, daß  $a$  der erregenden Kraft proportional ist;
- 2)  $mb$  für  $b$  setzt; denn da sich durch die Versuche herausgestellt hat, daß  $b$  unabhängig von

der erregenden Kraft ist, so gibt die Natur des Ausdruckes selbst zu erkennen, daß  $b$  die Widerstandslänge des Metallpaares ohne Zwischenleiter vorstellen müsse\*).

Nimmt man noch außerdem an, daß die Widerstandslänge des Zwischenleiters in beiden Fällen dieselbe bleibe, so erhalten wir folgenden Ausdruck für die aus  $m$  Metallpaaren zusammengesetzte *Volta'sche Säule*:

$$\frac{am}{bm+x}$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit dem für die einfache Kette gefundenen, so gelangt man zu nachstehenden Folgerungen:

- I. Ist  $x = 0$ , so ist die Kraft des *Volta'schen Apparates* der Kraft der einfachen Kette völlig gleich, vorausgesetzt daß beide aus einerlei Elementen bestehen. Es liegt hierin das von *Fourier* und *Oersted* aus ihren Versuchen (*dies. Jahrb. B. XI. S. 48.*) mit der thermoelektrischen Kette abgeleitete Gesetz. Außerdem wird aber diese Gleichheit der Wirkung jedesmal wenigstens nahe hin eintreten, wenn  $x$  in Vergleich zu  $b$  sehr klein wird, wie dies bei magnetischen und Glühversuchen unter gewöhnlichen Umständen der Fall zu seyn pflegt.

Wenn  $x = 0$  und überdies das  $b$  der *Volta'schen Verbindung*  $m$  mal kleiner als das  $b$  der einfachen Kette ist, so ist die Kraft in jenem Apparate  $m$  mal größer als in diesem. Daß sie größer sey, ha-

\*) Es wäre allerdings möglich, daß in  $b$  außer der Widerstandslänge noch ein beständiger Theil enthalten wäre; diesen Fall, dessen Erörterung ich an einem andern Orte unternehmen werde, lasse ich jedoch hier ganz unberührt.

ben ebenfalls *Fourier's* und *Oersted's* Versuche nachgewiesen; aber wenn die beiden ausgezeichneten Männer sich äufsern, daß die Wirkung der aus mehreren Elementen bestehenden Verbindung viel geringer sey, als die Summe der Wirkungen aller einzelnen Elemente, so beweist dies nichts gegen das aus unserer Gleichung fließende, mit jener Aeufserung im Widerspruche stehende Gesetz, da dieser Aussage wie sie selbst bemerken, ein unrichtiges Maafs der Wirkung, der Abweichungswinkel nämlich, zu Grunde liegt.

- II. Ist  $x$  sehr grofs in Vergleich zu  $bm$  und also um so mehr in Vergleich zu  $b$ , so wird die Wirkung der galvanischen Batterie nahe  $m$  mal gröfser, als die der einfachen Kette. Dieser Fall kann bei Wasserzersetzung-Versuchen mit wenigen und grofsen Platten, und, wenn Apparate, wie der *Children'sche* ist, gebraucht werden, selbst bei magnetischen und Glühversuchen seine Anwendung finden. Da indessen gerade hier die Flüssigkeit einen nicht zu vernachlässigenden Antheil an der Gesamtwirkung nimmt, so enthalte ich mich noch aller weiteren Folgerungen.
- III. In allen übrigen Fällen liegt die Stärke der Wirkung des *Volta'schen* Apparates zwischen den beiden gefundenen Grenzen.

Zur Prüfung dieser höchst einfachen Theorie der galvanischen Säule benutze ich die von Professor *G. Bischof* mit grofser Sorgfalt angestellten, in *Kastners Archiv* Bd. 4. H. 1. mitgetheilten Versuche über die chemischen Wirkungen von *Volta's* Säule. Zwar

wird es bedenklich scheinen, obigen Ausdruck auf einen hydroelektrischen Apparat anzuwenden, wo  $a$  und  $b$ , wie gezeigt worden ist, mit der Wirkung zugleich sich ändern, das Gesetz der Aenderung aber noch unbekannt ist. Diese Zweifel werden durch die Betrachtung gehoben, dafs, wie ebenfalls oben erwähnt worden ist, die durch die Flüssigkeit veranlafte Aenderung des Stromes in weit stärkerem Verhältnisse als er selber abnimmt. Im vorliegenden Falle, wo der Leiter  $x$  eine nicht unbeträchtliche Strecke reinen Wassers, und noch dazu mit geringen metallischen Berührungsflächen, als Theil in sich aufgenommen hatte, mufs die Stärke des Stromes so gering gewesen seyn, dafs die Werthe von  $a$  und  $b$  ohne Bedenken als constant angenommen werden können. Nach diesen Versuchen steht die wasserzersetzende Kraft

von	1	2	3	4 Säulen
aus	51	102	153	204 Plattenpaaren
in dem Verhältnisse der Zahlen				
	37	62	83	100

Setzt man die Widerstandslänge einer Säule = 1 und bestimmt dem gemäfs  $x = 5, 6$  und die erregende Kraft einer Säule = 240, so erhält man durch Rechnung die Zahlen

$$36\frac{1}{3} \quad 63 \quad 83\frac{3}{4} \quad 100$$

mit einer Uebereinstimmung, welche die Richtigkeit der Formel und die Genauigkeit so zusammengesetzter Versuche in gleicher Stärke ausspricht. Es setzt diese Anwendung allerdings voraus, oder beweist es vielmehr, dafs die wasserzersetzende Kraft der Kette der magnetischen proportional sey.

Ich will bei dieser Theorie der Säule, zu deren Vervollständigung Untersuchungen erforderlich sind, die ihr jetzt noch abgehen, nicht länger verweilen, sondern zu der eben so überraschenden *Theorie des Multipliers* übergehen, die schon jetzt vollendet sich darstellen läßt.

Nehmen wir an, daß in eine galvanische Kette, deren erregende Kraft  $a$  und deren Widerstandslänge  $b$  ist, ein Zwischenleiter von der Widerstandslänge  $ml$  eingeschoben werde, so ist die magnetische Kraft dieser Kette

$$\text{ohne Zwischenleiter} = \frac{a}{b}$$

$$\text{mit dem Zwischenleiter} = \frac{a}{b + ml}$$

Wird nun der Zwischenleiter in  $m$  völlig gleiche Windungen, jede von der Länge  $l$ , gelegt, wobei der Kürze wegen vorausgesetzt wird, daß alle diese Windungen dem Namen nach in eine zusammenfallen, so steht die magnetische Kraft dieser  $m$  Windungen zu der Kraft einer ganz gleichen Windung der Kette ohne Zwischenleiter in dem Verhältnisse

$$\frac{am}{b + ml} : \frac{a}{b}$$

Es ist also unter der Voraussetzung, daß  $a$  und  $b$  beständige Größen sind, die Verstärkungszahl des Multipliers

$$\frac{bm}{b + ml}$$

woraus man ersieht, daß nur dann eine Verstärkung der Wirkung durch den Multiplier möglich ist, so lange  $ml < (m-1)b$ , also nur dann, wenn eine Windung des Multipliers dem elektrischen Strome weniger Widerstand darbietet, als die ganze Kette ohne Zwischenleiter.

Setzt man  $b = ln$ , so geht die Verstärkungszahl in

$$\frac{mn}{m+n}$$

über, woraus folgt, dass ein Maximum der Verstärkung erreicht wird, wenn  $n$  im Vergleich zu  $m$  verschwindet und dass dieses Maximum durch die Zahl  $n$  angezeigt wird, welche anzeigt, wie oft der Widerstand, den eine Windung des Multiplicators dem Strome entgegengesetzt, in dem Widerstande, den die Kette mit Ausschluß des Multiplicators ihm darbietet, enthalten ist.

Die Wirkung des Multiplicators, nachdem das Maximum der Verstärkung eingetreten ist, wird durch

$$\frac{a}{l}$$

ausgedrückt und ist also von dem Leitungsvermögen der Flüssigkeit gänzlich unabhängig, nur die Anzahl der Windungen müß in den verschiedenen Fällen sich ändern. In Worten läßt sich der eben gefundene Ausdruck so darlegen: Die Größe der Wirkung eines und desselben Multiplicators an verschiedenen erregenden Metallen ist der Spannung zwischen den beiden Metallen proportional; und die Wirkungsgrößen zweier, aus verschiedenem Drahte gebildeter, Multiplicatoren mit Windungen von derselben Größe und Gestalt, an einerlei erregenden Metallen, verhalten sich umgekehrt wie die Widerstandslängen einer Windung von jedem. In beiden Fällen wird jedoch das Maximum der Wirkung vorausgesetzt.

Zur Bestätigung obiger aus unserer Gleichung abgeleiteter Gesetze dienen mir Poggendorfs Versuche (Isis 1821. H. 1.), welche im Einklange mit den hier entwickelten Bestimmungen darthun:

- 1) dass ein Maximum der Wirkung vom Multiplicator nicht überschritten werden könne.

- 2) Dafs dieses Maximum für grofse und kleine Plattenpaare dasselbe bleibe, die Zahl der am Multiplicator dazu erforderlichen Windungen aber nach der Gröfse der Plattenpaare sich richte, und zwar bei kleineren Platten gröfser werde.
- 3) Dafs der aus dickern Drahte gebildete Multiplicator das gröfsere Maximum der Wirkung gebe.

*Poggendorf's* Versuche, die übrigens noch an mancher andern Stelle aus obigen Formeln ihre Deutung erhalten, sind nicht geeignet, Zahlbestimmungen aus ihnen herzuleiten, da die dazu nöthigen Angaben fehlen; auch scheint bei den Versuchen mit dem dicken Schließungsdraht ein gewaltsam störendes Hinderniß in den Weg getreten zu seyn, wie nicht nur aus der Ungleichförmigkeit seiner Angaben, sondern auch daraus hervorgeht, dafs die Resultate der kleinen Kette mit demselben Schließungsdrahte so auferordentlich schwankend waren, dafs es unmöglich war, aus ihnen eine genügende Folgerung herzuleiten. Darum verfertigte ich mir 2 mit Siegelack umzogene Multiplicatoren, jeden aus 220 Windungen bestehend, wovon der eine aus  $\frac{1}{7}$  Linien dickem Drahte, der andere aus demselben aber 4mal länger gezogenen Drahte gebildet war. Jeder war in 2 gleiche  $5\frac{1}{2}$  Lin. breite, 5 Lin. von einander abstehende und 2 Zoll im Durchmesser haltende kreisrunde Reifen vertheilt, zwischen denen genau in der Mitte die 18 Linien lange Nadel schwebte. Es war eine solche Einrichtung getroffen, dafs die beiden Multiplicatoren ohne Zeitverlust abwechselnd in sicherer Stellung unter die Nadel geschoben werden konnten. Kupfer-

und Zinkplatten von  $3\frac{1}{4}$  Zoll im Durchmesser dienten als Erreger und eine starke Salmiakauflösung in flüssiger Form (weil ich gefunden hatte, daß so die Wirkung sicherer als bei einer damit getränkten Tuchscheibe sey, wenn nur die Flüssigkeit in großen Massen angewandt wird) diene als wässeriger Leiter. Die Bestimmung der Kraft geschah auf ähnliche Weise, wie bei den obigen Versuchen und gab für den aus stärkern Drahte gebildeten 263 Theile, für den aus schwächern Draht gebildeten 68 Theile, wodurch das gefundene Gesetz seine volle Bestätigung erhält.

So wie eine Verstärkung der Kraft bis zu einem gewissen Maximum durch den Multiplicator hervor gebracht wird, wenn  $ml < (m-1)b$ : so wird umgekehrt, wenn  $ml > (m-1)b$ , durch ihn eine Schwächung der Kraft bis zu einem gewissen Minimum veranlaßt, die sich nach denselben Gesetzen richtet, wie sie eben für die Verstärkung aufgestellt worden sind. Von ihrer Anwendung kann hier, wo ich bloß zur Absicht habe, die allgemeine Gültigkeit der gefundenen Gleichung darzuthun, nicht die Rede seyn. Nur darauf will aufmerksam machen, daß in ihnen der Grund liegt, warum der Multiplicator die Wirkung der thermoelektrischen Kette in den meisten Fällen schwächt; denn es wird nicht leicht der Fall eintreten, wo eine Windung des Multiplicators dem elektrischen Strome weniger Widerstand darbietet, als die thermoelektrische Kette.

Wenn daher *Nobili* \*) so starke Wirkungen mit

---

\*) In diesem Jahrbuche B. 15. H. 2.

Anwendung des Multiplicators erhielt, so lag dieß in der Empfindlichkeit seiner Nadel und nicht in der Function des Multiplicators, wie ich mich durch folgenden Versuch überzeugt habe. Eine ganz nach seiner Anleitung verfertigte Nadel gab mir mit Zuziehung eines aus  $\frac{1}{2}$  Linien dickem Kupferdrahte verfertigten Multiplicators von 60 Windungen, die  $2\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser hatten, durch Berührung der Kette mit der warmen Hand Abweichungen, die nie über 20 Grad kamen, während dieselbe Kette, wenn sie als eine Windung von gleicher Größe mit denen des Multiplicators für sich allein angewandt wurde, jene Nadel durch Berührung mit der warmen Hand unter einem Winkel einspielen machte, der 70 Grad stets übertraf. Diese Vorrichtung kann so abgeändert werden, daß sie dem empfindlichsten Thermoskop in nichts nachsteht.

Die hier nur in groben Zügen entworfenen Theorien der Säule und des Multiplicators bestätigen fast noch mehr als die Versuche selbst, aus denen sie geflossen sind, die Wahrheit des in dieser Abhandlung entwickelten Gesetzes der Leitung der Elektrizität an Metallen. Die dem Scheine nach verschiedenartigsten Wirkungen der galvanischen Kette reihen sich in bunter Mannigfaltigkeit zu einem schönen Ganzen. *Seebeck's* wichtige Entdeckung scheint den Faden zu spinnen, der aus dem Labyrinth leitet, in das der elektrische Strom sich verzweigt.

---



Datum  
8.5.2006

## HINWEIS

University of Applied Sciences

Quelle: Journal für Chemie und Physik

Dieser Aufsatz wurde an der Hochschulbibliothek der Fachhochschule Nürnberg mit einer Auflösung von 300 dpi eingescannt. Das Original des Zeitschriftenbandes stammt aus der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg. Signatur: CHM-I, 125

This article was scanned at the University of Applied Sciences Library Nuremberg (resolution: 300 dpi). The journal is part of the collection of the Library of the University Erlangen-Nürnberg. Shelf number: CHM-I 125

<http://www.fh-nuernberg.de/bibliothek>

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule  
Hochschulbibliothek  
Keßlerplatz 12  
90489 Nürnberg