Kuchens, die dazwischen liegende Glasscheibe auf ihren beiden Flächen die damit ungleichnamige Elektricität.

Die drei gesonderten leicht nachweisbaren Elektricitätsportionen habe ich wie folgt bezeichnet:

Wenn die Elektricität eines jeden der beiden Kuchen $+1$ gesetzt wird,

Elektricität der nächsten Elektrode $+m$,
 - der Hinterfläche der rotirenden Scheibe $-m$,
 - der Vorderfläche $-p$.

m und p sind kleiner als 1. Aus diesen drei Elektricitäten, welche in der von Hrn. Bertin und Andern vorgenommenen Aenderung meiner Erklärung beibehalten worden sind, habe ich durch Combination derselben ein einfaches, übersichtliches Schema gebildet aller zur Beschaffung von Elektricität dienenden Maschinen, die ich mit dem gemeinsamen Namen *Influenzmaschinen* belegt habe (Akadem. Ber. 1867, S. 203. *Annal. d. chim.* (4) 13, S. 199) ein Schema, das mir bei der Beurtheilung einer neuen und mancher angeblich neuen Influenzmaschine gute Dienste geleistet hat.

V. *Kritisches zur Elektrodynamik;* *von H. Helmholtz.*

Auf S. 138 ff. dieses Bandes sind von Hrn. Zoellner, und S. 262 von Hrn. Herwig elektrodynamische Versuche beschrieben worden, welche nach Ansicht ihrer Urheber geeignet seyn sollen, das von Hrn. F. E. Neumann (dem Vater) aufgestellte und von mir in erweiterter Anwendung durchgeführte Grundgesetz der elektrodynamischen Erscheinungen als unvereinbar mit den experimentellen Erfahrungen darzustellen. Dieses Gesetz, welches wir kurzweg

als das *elektrodynamische Potentialgesetz*, oder so weit es noch nicht durch die Versuche bestätigt ist, als die *Potentialhypothese* bezeichnen wollen, sagt aus, daß die elektrodynamischen Kräfte ein Potential haben, und daß dessen Werth derselbe sey, mögen die Kräfte nun als *ponderomotorische* (nach Hrn. C. Neumann's zweckmäßiger Bezeichnung) die Leiter selbst bewegen, oder als *elektromotorische*, die Elektrizität in den Leitern bewegen.

Hr. Neumann senior hatte schon im Jahre 1848¹⁾ zunächst für den Fall, daß die Stromleiter linear sind und unveränderliche starre Form besitzen, nachgewiesen, daß das von ihm aufgestellte Gesetz gerade dieselben ponderomotorischen Kräfte ergebe, wie das von Ampère. Ich habe diesen Beweis neuerdings²⁾ ausgedehnt auf beliebig geformte und nach drei Dimensionen ausgedehnte Leiter, deren einzelne Theile beliebige Arten von Dehnbarkeit, Biegsamkeit, elastischer oder flüssiger Nachgiebigkeit besitzen. Vorausgesetzt, daß wir es nur mit geschlossenen Strömen zu thun haben, ergeben beide, Ampère's Gesetz und das Potentialgesetz, genau dieselben Werthe der resultirenden Kräfte, welche jeden einzelnen Punkt des bewegten Leiters angreifen, wenn auch die Ansichten über die Componenten, aus denen diese Resultanten sich zusammensetzen, weit auseinander gehen.

Die Abweichung beider Theorien von einander beginnt erst, wenn man es mit ungeschlossenen Strömen zu thun hat, und der Zweck meiner theoretischen Arbeiten war es eben, diejenigen Fälle herauszufinden, wo ein Unterschied beider Gesetze sich bei ausführbaren Versuchen zu erkennen geben würde. Uebrigens haben wir es bei den Versuchen meiner beiden Gegner durchaus nur mit geschlossenen Strömen zu thun, und es müssen also, wenn ich nicht einen Rechenfehler in meinen theoretischen Un-

1) Ueber ein allgemeines Princip der mathematischen Theorie inducirter elektrischer Ströme. Berlin, Reimer.

2) Ueber die Theorie der Elektrodynamik. Borchardt's Journal für Mathematik. Bd. 78, S. 273.

tersuchungen begangen habe, die Ergebnisse dieser Versuche entweder mit beiden Gesetzen übereinstimmen oder mit beiden in Widerstreit sein. In Wirklichkeit tritt der erste Fall ein; sie stimmen mit beiden überein, wie ich zeigen werde.

Das *elektrodynamische Potential* p zweier linearen Stromelemente ds und $d\sigma$, welche von den Stromstärken i und j durchflossen werden, deren Richtungen miteinander den Winkel ε bilden, und deren Entfernung gleich r ist, hat nach der Neumann'schen Formulirung bei Festsetzung passender Einheiten der Stromstärke den Werth

$$p = -i \cdot j \cdot ds \cdot d\sigma \cdot \frac{\cos \varepsilon}{r}.$$

Die mechanische Bedeutung dieses Ausdrucks besteht darin, daß er die GröÙe des Arbeitsvorraths angiebt, den die ponderomotorischen Kräfte der beiden Elemente bei unveränderten Stromstärken i und j zu leisten im Stande sind, wenn man beide entweder in unendliche Entfernung von einander oder überhaupt in eine Lage überführt, wo $p=0$ ist. Letzteres geschieht zum Beispiel auch, wenn man sie rechtwinklig gegen einander richtet. Die Kräfte, welche die genannten beiden Elemente auf einander ausüben, ergeben sich aus der Bedingung, daß diese Kräfte, ohne selbst von der Art der Bewegung der Elemente abhängig zu seyn, bei jeder virtuellen Verschiebung der Elemente eine Arbeit leisten müssen, deren Betrag gleich $-dp$ ist.

Betrachten wir, wie oben geschehen, die Elemente ds und $d\sigma$ als linear, d. h. ihren Querschnitt als verschwindend klein gegen ihre Länge, sie selbst aber als geradlinig bleibend, wie es bei den unendlich kleinen Längenelementen einer Curve geschehen darf, so können sich in dem Ausdruck von p ändern die GröÙen ds , $d\sigma$, ε und r . Die entsprechenden Kräfte sind dem entsprechend:

1) ein Kräftepaar, welches die Enden von ds angreift, dessen Componenten parallel $d\sigma$ gerichtet sind, und die Intensität haben

$$\frac{i \cdot j \cdot ds}{r}$$

Dieses Kräftepaar strebt den Strom i in ds parallel und gleichgerichtet zu stellen dem Strome j in $d\sigma$.

2) ein entsprechendes Kräftepaar, welches $d\sigma$ parallel ds zu stellen sucht, dessen Componenten die Endpunkte von $d\sigma$ angreifen, parallel ds gerichtet sind, und die Intensität haben

$$\frac{i \cdot j \cdot ds}{r}$$

Beide Kräftepaare werden die Elemente auch zu dehnen streben, wenn $\cos \varepsilon$ positiv ist.

3) eine Anziehungskraft zwischen beiden Elementen in Richtung der Linie r , deren Gröfse ist

$$i \cdot j \cdot ds \cdot d\sigma \frac{\cos \varepsilon}{r^2}.$$

Das heifst: wenn die Stromesrichtungen gleichnamiger Elektricität mit einander einen spitzen Winkel bilden, ziehen sich die beiden Ströme an; bilden sie einen stumpfen Winkel, so stoßen sie sich ab.

Das Drehungsmoment jener beiden Kräftepaare hat den Werth:

$$i \cdot j \cdot ds \cdot d\sigma \frac{\sin \varepsilon}{r}.$$

Aus der Vergleichung dieses Werthes mit dem für die Anziehungskraft geht hervor, daß wie bei den Einwirkungen, welche eine kleine Magnetnadel von entfernten Magneten erleidet, in größeren Entfernungen die drehenden Kräfte einen überwiegenden Einfluß den anziehenden gegenüber haben werden.

Will man ermitteln, ob die elektrodynamischen Kräfte eine gewisse Lagenänderung eines der Leiter oder seiner Theile unterstützen können, so hat man nur nachzusehen, ob durch die betreffende Lagenänderung der Werth des Potentials der beiden Stromleitungen auf einander kleiner werde. Ist das der Fall, so unterstützen die elektrodynamischen Kräfte die Bewegung, oder streben sie hervorzubringen, wenn sie noch nicht besteht.

Natürlich muß aber eine solche Untersuchung sich auf *alle* bewegten Theile des Leiters erstrecken, und man muß nicht willkürlich einige berücksichtigen und andere außer Betracht lassen.

Bei der gewöhnlichen Art die Rotation eines Leiters um einen vertical aufgestellten Magneten zu zeigen, läßt man einen starren Bügel um eine mit der Axe des Magneten zusammenfallende verticale Axe rotiren. Die Theile des Leiters können dabei keine andere Bewegung machen, als die Rotationsbewegung; folglich ist bei der Anwendung des Potentialgesetzes auf diesen besonderen Fall, auch auf keine andere mögliche Bewegung des starren Leiters Rücksicht zu nehmen. Herr Riecke¹⁾ hatte richtig hervorgehoben, daß in diesem Falle das elektrodynamische Potential auf die verschiedenen Theile des rotirenden Bügels keine Aenderung erleidet, und da dennoch Rotation desselben eintritt, geglaubt daraus einen Einwand gegen das Potentialgesetz hernehmen zu können. Ich selbst hatte dagegen darauf aufmerksam gemacht, daß rotirende Kräfte auf die stromleitenden Flüssigkeitsfäden des Quecksilbers oder der Elektrolyten einwirken, durch welche man dem peripherischen Ende des Bügels den Strom zuleiten muß. Dadurch werden die dem Leiter adhärirenden Theile dieser Flüssigkeitsfäden im Sinne der wirklich stattfindenden Rotation fortbewegt, und nehmen den festen Leiter mit.

Dies hindert nun natürlich nicht, daß wenn man irgend welche Theile des Bügels beweglich macht, diese ihrerseits durch die elektrodynamischen Kräfte, denen sie ausgesetzt sind, entsprechend gerichtet werden. Dies hat zum Beispiel Hr. Zoellner betreffs der seitlichen verticalen Theile des Bügels gethan, indem er sie aus Ketten oder dünnen frei herabhängenden Kupferdrähten bestehen liefs. Da nun bekanntlich ein Magnet einen seiner Längsaxe parallel neben ihm herlaufenden Stromleiter nach dem Ampère'schen, wie nach dem Potential-

1) Göttinger Nachrichten 14. August 1872.

gesetze quer gegen seine Längsaxe, das heißt parallel den dem Drahte zugewendeten Seiten seiner Kreisströme, zu stellen sucht, so geschieht dies auch in diesem Falle so, wie es der genannte Autor beobachtet hat. Da es die gleiche drehende Kraft ist, welche auf den beweglichen Draht und auf die stromleitenden Flüssigkeitsfäden wirkt, in die sich sein unteres Ende verlängert, so werden beide auch in gleichem Sinne gedreht, nur daß die Drehung des Drahtes ihre Gränzen findet an seiner Festigkeit und Schwere, die Drehung in der Flüssigkeit aber ohne Gränze vorwärts gehen kann. Darum geht das obere Ende des beweglichen Drahtes bei der Rotation voraus, oder neigt sich wenigstens im Sinne derselben vorwärts, wenn die Flüssigkeit zu zäh ist, um die Rotation zu gestatten.

Diese so einfache und bei folgerichtiger Anwendung des Principis sich nothwendig ergebende Erklärung der Zöllner'schen Versuche hat auch Hr. C. Neumann (Sohn) übersehen, indem er (Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft d. Wiss. 8. Aug. 1874, S. 145) die Erwartung ausspricht, daß diesen Versuchen gegenüber die Potentialtheorie nicht mehr zu halten seyn würde.

Ich wende mich nun zu den von Hrn. Herwig beschriebenen Versuchen. Derselbe hat das Quecksilber beseitigt und dafür sehr biegsame Drähte angewendet. Der feste Bügel ist aufgehängt an einem oberen verticalen Draht, der bei der Drehung torquirt wird, und dessen elektromagnetische Wirkung nicht in Betracht kommt, wie besonders zu diesem Zwecke angestellte Versuche gezeigt haben. Letzteres stimmt übrigens mit den Folgerungen aus der Theorie überein, wenn man die Dicke des Drahtes als² verschwindend klein betrachtet. Der zweite Draht (*def* in der Figur S. 265 dieses Bandes), der den Strom zum unteren Ende des Bügels leitet, beschreibt einen horizontalen Halbkreis, dessen Mittelpunkt in der gemeinsamen Axe des Elektromagneten und der Rotation liegt. Dieser Draht muß von den Kreisströmen des Elektromagneten

angezogen und abgestoßen werden, je nachdem in beiden die Ströme gleich oder entgegengesetzt gerichtet sind. Im ersteren Falle wird er gegen d drücken, im zweiten Falle daran ziehen, und da der Bügel so aufgehängt ist, daß er nur im Sinne der Rotation merkliche Verschiebungen machen kann, wird er Drehbewegungen beginnen und so weit fortsetzen, bis die Elasticität der gebogenen Drähte def und dgf den elektromagnetischen Kräften das Gleichgewicht hält. Drehung in dem genannten Sinne ist es, die wirklich eintritt.

Alles dies ist in Uebereinstimmung mit dem Potentialgesetz. Auch daß Hr. Herwig bei Verschiebungen des Magneten durch Berechnung nach Ampère's Formel annähernd richtige Verhältnisse für die Größe der Drehkräfte erhielt, ist kein Widerspruch gegen das Potentialgesetz, da die *resultirenden Kräfte* nach beiden Gesetzen immer die gleichen seyn müssen. Ebenso hat der genannte Experimentator aus dem Potentialgesetze richtig geschlossen, daß die Drehkraft gleich groß seyn müsse, wenn er den Draht def durch Heben und Senken des Magneten in symmetrische Lage zu beiden Polen brachte. Der Versuch bestätigte dies. Ich erlaube mir dabei zu bemerken, daß dies eines der Beispiele ist, welche zeigen, wie übersichtlich die Erscheinungen durch das Potentialgesetz werden. Um diese Folgerung bei der sehr asymmetrischen Beschaffenheit des Bügels direct aus dem Ampère'schen Gesetze zu ziehen, wären wohl ziemlich weiltläufige Rechnungen nöthig gewesen. Sich ableiten lassen muß sie schließlich aus dem letzteren auch.

Was nun die Punkte betrifft, an denen Hr. Herwig Anstoß nimmt, so hat er erstens einen Versuch beschrieben, bei dessen Deutung ein ähnliches Uebersehen vorkommt, wie das oben besprochene. Er hat nämlich, um die nach Ampère direct auf den Bügel wirkenden Kräfte zu beseitigen, eine zweite Ableitung am unteren Ende des Bügels durch einen feinen in radialer Richtung geführten Draht (*ch* der Figur auf S. 265) angebracht. Geht nun

der Strom durch def und ch , so bleibt die Wirkung des Magneten auf def unverändert, die auf den Bügel ca , falls eine solche vorhanden ist, fällt weg. Der Versuch ergab ihm nun in der That, daß die Rotationskraft auf einen kleinen Bruchtheil ihrer früheren Gröfse vermindert wurde, und Hr. Herwig schließt daraus, daß die Wirkung auf den Draht def unerheblich sey, die hauptsächlichste Drehkraft dagegen auf den Bügel abc ausgeübt werde.

Unser Autor hat dabei übersehen, daß er durch Einführung des beweglichen Drahtes ch eine Gegenkraft einführte, die vorher nicht bestand. Das Potential des Drahtes ch ist Null, so lange er streng radiale Richtung hat. Es wird dagegen von Null verschieden, so wie der Punkt e der Drehung des Bügels folgt, während das entferntere Ende des Drahtes festgehalten wird; und zwar ist der Sinn dieser Wendung des Drahtes ch der Richtung entgegengesetzt, in welche die elektromagnetischen Kräfte ihn zu drehen streben. Hr. Herwig scheint die Wirkung dieses Drahtes für unbedeutend gehalten zu haben, da er sich auf kürzestem Wege vom Elektromagneten entfernt, und sehr dünn war. Eine leicht auszuführende Rechnung ergibt dagegen, daß, wenn die Länge des Magneten sehr beträchtlich wäre im Vergleich mit der Länge dieser Drähte von f bis h , die elektromagnetischen Kräfte, die auf def und ch nach dem Potentialgesetze ausgeübt werden, sich gegenseitig vollständig im Gleichgewicht halten würden.

Rings um die Mitte eines sehr langen gleichmäßig magnetisirten cylindrischen Magneten ist nämlich das elektromagnetische Potential eines Stromelements $i \cdot ds$ von der Form

$$M \cdot i \cdot \frac{ds \cdot \cos \eta}{\rho},$$

wo M eine von der Stärke der Magnetisirung abhängige Constante bedeutet, η den Winkel, den die Richtung von i in ds mit der Tangente eines durch ds gehenden Kreises vom Radius ρ bildet, dessen Mittelpunkt in der Axe

des Magneten liegt und dessen Ebene senkrecht zu dieser Axe ist. Denken wir uns durch die Axe des Magneten als Pollinie eine feste Meridianebene gelegt, und nennen ω den Winkel, welchen die Linie ρ mit dieser festen Meridianebene bildet, so ist $\rho \cdot d\omega = ds \cdot \cos \eta$. Somit wird der obige Ausdruck gleich

$$Mi \cdot d\omega$$

und der ganze Werth des Potentials des Drahtes

$$Mi(\omega_1 - \omega_0),$$

wo ω_1 und ω_0 die Werthe des Winkels ω für Anfang und Ende der übrigens ganz beliebig zu führenden Drahtcurve bezeichnen. Sind also diese Endpunkte fest, wie in Hrn. Herwig's Versuch die Punkte f und h , so kann keinerlei Lagenänderung der dazwischen befindlichen Drahtleitung das Potential verändern, und also keine elektrodynamische Wirkung auf den Draht vorhanden seyn. Dafs Hr. Herwig doch noch einen kleinen Rest einer solchen gesehen hat, wird darauf zurückzuführen seyn, dafs die Länge seines Magneten verglichen mit den Längen der Drähte endlich war, und dadurch die nahen Theile des Drahtes in ein etwas günstigeres Verhältniß zum Magneten kamen, als die entfernten.

Außerdem aber spricht Hr. Herwig die Meinung aus, dafs so dünne Drähte, wie er sie zur Ueberleitung des Stroms auf den Bügel angewendet hat, keine für die Bewegung des schwer belasteten Bügels in Betracht kommende Wirkung auf diesen zu übertragen im Stande seyen. Eines ist ohne weitere Ueberlegung einzusehen, dafs wenn der Draht def vom Magneten abgestoßen wurde, er, weil er sehr dünn und vollkommen biegsam war, durch die Abstofsung gespannt werden und dann den drehbaren Bügel nach sich ziehen mußte, wie er auch wirklich that.

Zweifelhafter könnte die Sache aussehen, wenn der Draht angezogen wurde, wo er sich ohne erheblichen Widerstand in irgend eine Curve zusammenbiegen konnte. Wir dürfen aber wohl annehmen, dafs er immer noch steif genug war, um durch die Anziehung des Magneten nicht

bis zur Berührung an diesen herangezogen zu werden. Wäre letzteres eingetreten, würde es Hr. Herwig wohl erwähnt haben. Ueber einen solchen Fall nun giebt das Princip von den virtuellen Geschwindigkeiten ganz bestimmte Auskunft. Dieses sagt bekanntlich aus, daß, wenn ein System von Massenpunkten unter der gleichzeitigen Einwirkung von inneren und äußeren Kräften im Gleichgewicht ist, die äußeren Kräfte sich für sich im Gleichgewicht halten müssen, wenn man sich das System in seiner Gleichgewichtstellung erstarrt denkt. Das System ist hier der Draht, die inneren Kräfte sind diejenigen seiner Elasticität, die äußeren sind die elektrodynamischen Kräfte und diejenigen, welche an den Befestigungspunkten auf seine beiden Enden ausgeübt werden. Da möglichst große Beweglichkeit des Drahtes dem Zweck des Versuches am besten entspricht, nehme ich an, der Draht sey um seine beiden Endpunkte vollkommen frei drehbar gewesen. Alsdann wird jedes der Enden längs der Horizontalebene nur von einer Kraft, nicht von einem Kräftepaar afficirt werden können. Da die Resultante der elektrodynamischen Kräfte in diesem Falle eine solche ist, die die Mitte des Bogens *def* zur Axe hintreibt, so wird an jedem Ende des Bogens eine halb so große Kraftcomponente in paralleler, aber entgegengesetzter Richtung angreifen müssen. Ist der Bogen ein Halbkreis, wie in den vorliegenden Versuchen, so ist diese Richtung die der Tangente an den Enden des Halbkreises, und es folgt daraus, daß der Draht seinerseits auf den drehbaren Bügel eine Kraft in Richtung der Rotation ausübt, welche dem halben Betrage sämmtlicher auf den Bogen *def* in Richtung dieser Tangente ausgeübten Kraftcomponenten gleich ist; und zwar ist der Bogen dabei in derjenigen Lage zu nehmen, die er unter der Anziehung des Magneten angenommen hat.

Da Ampère's Gesetz und das Potentialgesetz für alle ponderomotorischen Wirkungen geschlossener Ströme

gleiche Consequenzen ergeben, so könnte es gleichgiltig erscheinen, welches von beiden man acceptiren will, wenigstens so lange über die Frage, welches von ihnen bei ungeschlossenen Strömen gelte, noch nicht durch Versuche entschieden ist. Ich hoffe übrigens bald im Stande zu seyn, Versuche dieser Art zu vollenden. Inzwischen spricht für das Potentialgesetz nur die grössere Einfachheit und das grössere Gebiet seiner Geltung. Das Potentialgesetz braucht einen und denselben, verhältnißmässig einfachen mathematischen Ausdruck, um das ganze bisher experimentell gekannte Gebiet der Elektrodynamik, ponderomotorische und elektromotorische Wirkungen, zu umfassen, und im Gebiete der ponderomotorischen Wirkungen bringt es dieselbe große Vereinfachung und Uebersichtlichkeit hervor, welche die Einführung des Potentialbegriffs in die Lehre von der Elektrostatik und vom Magnetismus gebracht hat. Ich selbst kann dafür Zeugniß ablegen, da ich seit nunmehr dreißig Jahren nie ein anderes Grundprincip als das Potentialgesetz angewendet und nie eines andern bedurft habe, um mich in ziemlich labyrinthischen Aufgaben der Elektrodynamik und zuweilen doch auch auf vorher unbetretenem Boden zurecht zu finden.

Und selbst, wenn man das wohlbekannte Gebiet der Wirkungen geschlossener Ströme verläßt, und die Consequenzen des Gesetzes auf die Wirkungen der ungeschlossenen Ströme ausdehnt, trifft man auf Ergebnisse, die den bekannten Thatsachen sich anschließen, und keinen allgemeinen Naturgesetzen widersprechen. Namentlich lassen sich ohne Hülfsypothesen verhältnißmässig einfache Differentialgleichungen für die Bewegung der Elektricität in Leitern ableiten, von denen das zuletzt gesagte gilt.

Dagegen braucht Hr. C. Neumann ein besonderes, nämlich Ampère's Gesetz für die ponderomotorischen Wirkungen, ein zweites für die Induction durch Bewegung, ein drittes davon verschiedenes für die Induction durch Aenderung der Stromstärke; und versucht man Differentialgleichungen für die Bewegung der Elektricität aus

diesen Gesetzen zu ziehen, so ergeben sie, wie Hrn. W. Weber's Hypothese, labiles Gleichgewicht der Elektrizität in Leitern, das heisst sie treten in Widerspruch mit der aller bekanntesten Thatsache, dass die Elektrizität in Leitern ruhen kann, wenn keine bewegenden Kräfte auf sie wirken. Günstigsten Falls (das giebt auch Hr. C. Neumann in seiner letzten, oben citirten Veröffentlichung der Hauptsache nach zu) wird durch Einführung von Molecularkräften (welche die Gleichungen viel verwickelter machen würden) die Stabilität des Gleichgewichts sich retten lassen für Leiter von mässigen Dimensionen, nicht für beliebig grosse. Das sind die Gründe, warum mir das Potentialgesetz eine überwiegend grosse Wahrscheinlichkeit für sich zu haben scheint, und ich es nach dem bisherigen Stande unserer Kenntnisse für den sichersten Führer im Gebiete der Elektrodynamik, seine Entdeckung aber durch Hrn. F. E. Neumann, den Vater, stets für einen der glücklichsten und fruchtbarsten Gedanken gehalten habe, welchen die neuere mathematische Physik aufzuweisen hat.

VI. *Ueber die Stromleitung durch Schwefelmetalle; von Ferdinand Braun.*

Im 9. Hefte dieser Annalen (Bd. 153) befindet sich eine Arbeit von Herwig: „Einige Beobachtungen über das Verhalten von Eisen- und Stahlstäben im galvanischen Strome“, wonach diese Körper je nach Richtung, Intensität und Dauer des Stromes demselben verschiedenen Widerstand entgegensetzen. Die Aenderungen schwanken im Allgemeinen zwischen $\frac{1}{3000}$ und $\frac{1}{20030}$ des ganzen Werthes. Diese Arbeit veranlasst mich, einiges über ähnliche Erfahrungen mitzutheilen, welche ich bei anderen Körpern