

hitzung bei Rothbuchenholz eine Ausdehnung von $0,219^{\text{mm}}$, die darauf folgende Abkühlung eine Verkürzung von $0,631^{\text{mm}}$. Als Mittel der hierauf folgenden vier Versuche ergab sich für den Ausdehnungscoëfficienten die Zahl $0,006149$. Die Ausdehnung übertrifft also noch die aller Metalle. Auch bei Ahorn war die Zahl sehr groß, nämlich gleich $0,005314$.

Der Mechaniker Hr. R. Fuefs in Berlin, Alte Jacobstraße 108, liefert diesen Apparat mit noch einigen hier nicht beschriebenen Attributen zur Demonstration bei Vorlesungen für den Preis von 120 Mark.

II. *Ueber die Einwendungen von Clausius gegen das Weber'sche Gesetz; von F. Zöllner.*

Hr. Clausius hat im Jahre 1875 ein „neues Grundgesetz der Elektrodynamik“¹⁾ aufgestellt, da seiner Uebersetzung nach das elektrodynamische Grundgesetz von Wilhelm Weber „der Wirklichkeit nicht entspricht“. Clausius bemerkt nämlich a. a. O. wörtlich:

„Um die elektrodynamischen Erscheinungen zu erklären, hat bekanntlich W. Weber über die Kraft, welche zwei in Bewegung befindliche Elektricitätstheilchen auf einander ausüben, ein Gesetz aufgestellt. Seyen e und e' die beiden Elektricitätstheilchen, deren jedes sowohl positiv, als auch negativ seyn kann, und sey r ihre Entfernung von einander, welche als Function der Zeit t zu betrachten ist, so üben diese Theilchen nach Weber eine Abstofsung auf einander aus, welche durch die Formel:

$$\frac{ee'}{r^2} \left[1 - \frac{1}{c^2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + \frac{2}{c^2} r \frac{d^2 r}{dt^2} \right]$$

1) Pogg. Ann. Bd. 156, S. 657.

dargestellt wird, worin c eine Constante ist. Gegen diese Formel sind von Helmholtz Einwendungen erhoben, und auch mir hat sich aus Gründen, welche von den Helmholtz'schen ganz unabhängig sind, die Ueberzeugung aufgedrängt, daß sie der Wirklichkeit nicht entspricht.“

Da bekanntlich der Haupteinwand von Helmholtz gegen das Weber'sche Gesetz in der behaupteten Unvereinbarkeit dieses Gesetzes mit dem Principe von der Erhaltung der Energie bestand, und Clausius in seinen obigen Worten ausdrücklich jener Einwendungen gedenkt, um sie mit den seinigen in Parallele zu stellen, so könnte hierdurch die irrthümliche Ansicht erweckt werden, als stimme Clausius bezüglich des oben erwähnten Einwandes mit Helmholtz überein. Daß dieß keineswegs der Fall ist, geht wohl aus dem Umstande hervor, daß Clausius in Uebereinstimmung mit Maxwell¹⁾ die *Existenz eines Potentials* für ausreichend hält, um sein neues Gesetz gegen Einwendungen vom Standpunkte des Principis der Erhaltung der Energie sicher zu stellen. Zur Vermeidung des oben angedeuteten Mißverständnisses habe ich bereits in meiner Abhandlung „zur Geschichte des Weber'schen Gesetzes“²⁾ die betreffenden Stellen wört-

1) Maxwell bemerkt in seinem 1873 erschienenen *Treatise on Electricity etc. Bd. II, S. 432* ausdrücklich: „Weber's Gesetz ist daher im Einklang mit dem Principe von der Erhaltung der Kraft, insofern als ein Potential existirt und das ist alles, was für die Anwendung dieses Principis von Helmholtz und Thomson verlangt wird.“ Ebenso hatte auch Hr. Helmholtz seine im Jahre 1847 ausgesprochene Behauptung, daß ein Kraftgesetz nur dann mit dem Princip von der Erhaltung der Energie vereinbar sey, wenn die Intensität der Kraft nur von der Entfernung der auf einander wirkenden Massen abhängig sey, berichtigt und mit ausdrücklicher Berücksichtigung des durch das Weber'sche Gesetz dargestellten Falles, wo die Kraft auch von der relativen *Geschwindigkeit* und *Beschleunigung* der bewegten Massen abhängt, erklärt: „dieser Fall ist mit einer etwas erweiterten Form des Gesetzes von der Erhaltung der Energie allerdings vereinbar.“ (Monatsber. d. Kgl. Akad. d. W. zu Berlin, April 1872, S. 250.)

2) Pogg. Ann. Bd. 158, S. 477 (1876. No. 7). Ich bemerkte hier wört-

lich aus den Clausius'schen Arbeiten mitgetheilt und begnüge mich daher hier nur mit dem Hinweise auf jene Abhandlung.

Die „Gründe, welche von den Helmholtz'schen ganz verschieden sind“ und durch welche sich Hr. Clausius die Ueberzeugung aufgedrängt hat, daß die Weber'sche Formel der Wirklichkeit nicht entspreche, hat derselbe kürzlich in Borchardt's Journal für Mathematik Bd. 82, Heft 2, S. 85 ff. in folgenden Worten dargelegt:

„Bei Ableitung dieser Formel ist Hr. Weber von der Vorstellung ausgegangen, daß bei einem galvanischen Strome in jedem Leiterelemente gleiche Mengen positiver und negativer Elektrizität sich mit gleichen Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Seiten bewegen. Diese Vorstellung ist eine so complicirte, daß schon viele Physiker daran Anstoß genommen haben. So lange nicht zwingende Gründe für die Annahme einer solchen Doppelbewegung vorliegen, darf man die einfachere Vorstellung, daß ein Strom aus der Bewegung nur Eines Fluidums besteht, nicht aufgeben, sondern muß versuchen, aus ihr die Wirkungen des galvanischen Stroms zu erklären.“

Der Umstand, daß Weber bei *Ableitung* seines Gesetzes von der Vorstellung ausging, in jedem *körperlichen* Leiterelemente bewege sich ein gewisses Quantum positiver Elektrizität mit derselben Geschwindigkeit nach der einen wie ein gleiches Quantum negativer Elektrizität nach der entgegengesetzten Richtung, hatte, wie die Weber'sche Formel lehrt, keinen Einfluß auf das *Grundgesetz*, welches Weber aus jener Vorstellung ableitete. In der That hat es nur einen Sinn von einer größeren oder geringeren Geschwindigkeit zweier geradlinig sich von einander ent-

lich: „Bisher haben alle Mathematiker und Physiker die Existenz eines solchen Potentials als Beweis dafür betrachtet, daß ein Kraftgesetz dem Princip von der Erhaltung der Energie genüge. Dies beweist unter anderem der letzte Aufsatz von Clausius über sein neues elektrodynamisches Grundgesetz.“

fernenden Punkte zu reden, wenn man mindestens noch einen *dritten* Punkt auf der geradlinigen Bewegungsrichtung jener beiden Punkte fixirt. Wäre dies der Fall und enthielte das Weber'sche elektrodynamische Grundgesetz jene Vorstellung einer relativen Bewegung der beiden Elektricitäten nicht nur zu einander, sondern auch noch zu den ponderablen Molecülen der Leiterelemente, so müßte diese Abhängigkeit in irgend welcher Gestalt auch in dem analytischen Ausdruck jenes Gesetzes zu Tage treten. Wie man sieht, ist das nicht der Fall, indem die oben angeführte Weber'sche Formel *nur* Glieder enthält, welche einzig und allein von den relativen, räumlichen und zeitlichen Verhältnissen zweier Elektricitätstheilchen e und e' *untereinander*, nicht aber noch von den Theilchen des ponderablen Leiters abhängig sind. Hieraus folgt, daß der analytische Ausdruck des Weber'schen Grundgesetzes *principiell* ganz *unabhängig* von jeder besonderen Annahme über die relative Bewegung der beiden Elektricitäten zu den *ponderablen* Theilen des Leiters ist. In der That hat auch Hr. C. Neumann vor Kurzem in voller Strenge den Beweis geliefert¹⁾, daß das Weber'sche Grundgesetz bezüglich aller bis jetzt bekannten *elektrodynamischen* Fernwirkungen in *geschlossenen* Leitern zu vollkommen identischen Resultaten führt, gleichgültig, ob man die eine Elektricität, z. B. die negative, sich fest mit den ponderablen Theilchen der Leiter verbunden denkt, oder beide Elektricitäten mit entgegengesetzten und gleichen Geschwindigkeiten in dem ponderablen Leiter bewegt voraussetzt. Folglich kann die Frage, ob die sogenannte *dualistische* Hypothese, nach welcher *beide* Elektricitäten mit gleicher aber entgegengesetzter Geschwindigkeit im Leiter sich bewegen, oder die *unitarische* Hypothese, nach welcher nur die *eine* Elektricität sich bewegt, während die andere in

1) Carl Neumann, das Weber'sche Gesetz bei Zugrundelegung der unitarischen Anschauungsweise. Abhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften Bd. XI. Vom Verfasser übergeben den 8. August 1876.

Bezug auf den Leiter ruht, „der Wirklichkeit entspricht“, durch kein Experiment entschieden werden, bei welchem nur die *elektrodynamischen* Erscheinungen gleichförmiger, geschlossener Ströme beobachtet werden. Es kann sich folglich zur Herbeiführung der fraglichen Entscheidung nur um Versuche handeln, bei denen *elektrostatische* Wirkungen und *nicht* geschlossene Leiter in Betracht kommen.

C. Neumann spricht das hier Bemerkte am Schlusse seiner oben citirten Abhandlung mit folgenden Worten aus:

„Die *elektrodynamischen* Erscheinungen sind also (wenigstens so weit sie die gleichförmigen linearen Ströme betreffen) zur Entscheidung zwischen der dualistischen und unitarischen Anschauungsweise unzureichend. Es würde noch übrig bleiben, zu untersuchen, ob eine solche Entscheidung vielleicht durch *elektrostatische* Erscheinungen, durch die in einem ungeschlossenen Leiter durch einen elektrischen Strom inducirte Vertheilung herbeigeführt werden kann. Dafs hier ein Unterschied sich bemerkbar mache, dürfte bei der sehr verschiedenen Form der betreffenden Elementargesetze in der That zu erwarten seyn.“

Clausius bestätigt nun diese hier von Neumann ausgesprochene Vermuthung, indem er in seiner vom Juni 1876 datirten gröfseren Abhandlung (Borchard's Journ. Bd. 82, S. 89) zu dem Resultate gelangt, dafs bei Zugrundelegung der unitarischen Hypothese, bei welcher nur die *positive* Elektrizität sich bewegt, das Weber'sche Grundgesetz zu *elektrostatischen* Wirkungen des galvanischen Stroms führt, welche bei der dualistischen Hypothese fortfallen. Hr. Clausius spricht dieses Resultat a. a. O. mit folgenden Worten aus:

„Der galvanische Strom müfste also, ähnlich wie ein mit einem Ueberschufs von positiver oder negativer Elektrizität geladener Körper, in jedem in seiner Nähe befindlichen leitenden Körper eine veränderte Vertheilung der Elektrizität hervorrufen...“

„Solche Wirkungen sind aber, trotz der vielen Gelegenheit, die man dazu gehabt haben würde, nie beobachtet worden, und man wird daher den obigen Satz, welcher ausdrückt, daß sie nicht stattfinden, gewiß allgemein als feststehenden Erfahrungssatz anerkennen, woraus dann, da das in der Gleichung (4) ausgedrückte Resultat diesem Satze widerspricht, der Schluß folgt, *daß das Weber'sche Grundgesetz mit der Ansicht, daß bei einem in einem festen Leiter stattfindenden galvanischen Strome nur die positive Electricität sich bewegt, unvereinbar ist.*“

Diesen Argumentationen des Hrn. Clausius gegenüber, erlaube ich mir zunächst die Bemerkung, daß die oben bedingungslos hingestellte Behauptung, es seyen elektrostatische Wirkungen des galvanischen Stromes nie beobachtet worden, auf einem Irrthum beruht. Vielmehr sind die elektrischen Wirkungen eines von einem galvanischen Strom durchflossenen Leiters seit dem Jahre 1801, wo zuerst Erman dieselben nachwies¹⁾, zum Gegenstande zahlreicher und sorgfältiger Untersuchungen gemacht worden, da sie aufs Engste mit der Strombildung nach dem Ohm'schen Gesetze im Zusammenhange stehen. Ohm selber gelang es im Jahre 1826 an einem 300 Fuß langen Eisendrahte, der eine galvanische Batterie von 12 Elementen schloß, schon ohne Anwendung eines Condensators mit einem empfindlichen Elektroskop dieselbe Vertheilung der freien Electricitäten, wie Erman, nachzuweisen²⁾. Die Resultate dieser Beobachtungen sind alsdann später von Ohm zu weiteren theoretischen Folgerungen benutzt worden, welche 22 Jahre später durch die sorgfältigen Untersuchungen von F. Kohlrausch mit Hülfe des Dellmann'schen Elektrometers bestätigt worden sind³⁾. Herwig hat sogar erst vor 3 Jahren experimentell den Beweis geliefert, daß die *statischen* Fernwirkungen von strom-

1) Gilbert's Annalen Bd. VIII, S. 205; Bd. X, S. 1. (1802.)

2) Ohm, Pogg. Ann. Bd. VII, S. 117. 1826.

3) Kohlrausch, Pogg. Ann. Bd. 75, S. 88 ff. (1848.)

durchflossenen Leitern unter Umständen eine solche Größe erreichen können, daß sie einen meßbaren Bruchtheil der *dynamisch* erzeugten Fernwirkungen betragen. Die betreffende Arbeit von Herwig befindet sich im 159. Bande dieser Annalen (1873 No. 5) S. 44 und trägt die Ueberschrift: „*die elektrodynamischen Erscheinungen abhängig von der freien Elektrizität an der Oberfläche der Stromleiter.*“ Der Verfasser beginnt seine Abhandlung mit folgenden Worten:

„Die elektroskopischen Wirkungen der Theile eines galvanischen Stromkreises sind durch zahlreiche Versuche nachgewiesen und allseitig bekannt. Wenn man sie dennoch bei Betrachtung der ebenfalls als Anziehung oder Abstofsung auftretenden elektrodynamischen Wirkungen nicht in Rechnung zu ziehen pflegt, so setzt man also offenbar voraus, daß ihr quantitativer Betrag, gegenüber dem der elektrodynamischen Wirkungen, verschwindend klein sey.“

Herwig zeigt alsdann mit Hülfe eines Weber'schen Elektrodynamometers, welches von Hrn. Dr. Meyerstein in Göttingen verfertigt war und auf der Bifilarrolle 14615, auf der Multiplicatorrolle 12247 Windungen feinsten Kupferdrahtes enthielt, daß bei Anwendung einer Batterie von 42 Grove'schen Elementen die *elektrostatisch* erzeugte Ablenkung etwa $\frac{1}{13}$ der Gesamtablenkung beträgt. (S. 51.)

Stellt man sich daher auf den Standpunkt des Hrn. Clausius und hält die dualistische Anschauungsweise der Elektrizitätsbewegung in ponderablen Leitern für „eine so complicirte, daß schon viele Physiker daran Anstoß genommen haben,“ so müßten die aus dieser Hypothese dynamisch resultirenden *elektrostatischen* Fernwirkungen zunächst experimentell von den oben erwähnten und allseitig bekannten elektrostatischen Fernwirkungen *getrennt* werden. Um aber eine solche Trennung zweier gleichartigen und gleichzeitig auftretenden Wirkungen ausführen zu können, würde zunächst untersucht werden müssen, in

welchem Verhältniß die dynamisch erregte elektrostatische Wirkung eines stromdurchflossenen Leiters zu der bereits bekannten elektrostatischen Wirkung steht. Da nun aber bereits für die bekannten elektrostatischen Wirkungen besonders feine elektroskopische Hilfsmittel in Anwendung gebracht werden müssen, um überhaupt ihre Existenz nachzuweisen, so ist Hr. Clausius offenbar der Ansicht, daß die von ihm mit Zugrundelegung der unitarischen Hypothese aus dem Weber'schen Gesetze abgeleitete Fernwirkung beträchtlich größer als die seit 76 Jahren den Physikern bekannten Wirkungen seyn müsse. Denn nur unter dieser Voraussetzung wird es verständlich, daß Hr. Clausius die Beobachtung dieser Wirkungen sogar *gelegentlich*, bei Anstellung anderer Versuche, für möglich hält, indem er bemerkt, daß solche Wirkungen „*trotz der vielen Gelegenheit*, die man dazu gehabt haben würde,“ nie beobachtet worden.

Ich werde jetzt aus den von Clausius selber abgeleiteten Formeln mit Zugrundelegung numerischer und allgemein bekannter Daten, welche zuerst von W. Weber bestimmt worden sind, den Beweis liefern, daß jene von Clausius aus der unitarischen Hypothese und dem Weber'schen Gesetze deducirten elektrostatischen Fernwirkungen galvanischer Ströme, im Verhältniß zu den bereits bekannten elektrostatischen Wirkungen, *vollkommen* verschwindend sind, und zwar bis zu einem solchen Grade, daß selbst die empfindlichsten aller uns bisjetzt bekannten Elektroskope nicht ausreichend seyn würden, jene von Clausius geforderten Wirkungen überhaupt nur wahrzunehmen.

Zu diesem Zwecke erlaube ich mir hier zunächst die Ableitung der betreffenden Formel aus der Clausius'schen Abhandlung in Borchardt's Journal a. a. O. wörtlich wieder zu geben. Es heißt dort S. 87:

„Im Punkte x, y, z denken wir uns irgend eine Elektrizitätsmenge, z. B. eine *Einheit* positiver Elektrizität, und im Punkte x', y', z' , ein Element ds' “

eines galvanischen Stromes befindlich. Die im letzteren sich bewegende positive Elektricität heiße $h' ds'$. Diese übt nach Weber auf die ruhende Elektricitätseinheit eine Abstofsung aus, welche durch:

$$\frac{h' ds' r}{r^2} \left[1 - \frac{1}{c^2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + \frac{2}{c^2} r \frac{d^2 r}{dt^2} \right]$$

dargestellt wird, wobei natürlich ein negativer Werth des Ausdruckes Anziehung bedeutet. Hierin können wir im vorliegenden Falle, wo die Gröfse r sich nur durch die Bewegung der im Leiterelemente ds' befindlichen Elektricität ändert, setzen:

$$\begin{aligned} \frac{dr}{dt} &= \frac{dr}{ds'} \cdot \frac{ds'}{dt}, \\ \frac{d^2 r}{dt^2} &= \frac{d^2 r}{ds'^2} \left(\frac{ds'}{dt} \right)^2 + \frac{dr}{ds'} \cdot \frac{d^2 s'}{dt^2}, \end{aligned}$$

und in dieser letzteren Formel haben wir, wenn wir den Leiter des Stromes als durchweg gleich voraussetzen, so daß h' in allen seinen Theilen einen und denselben Werth hat, für einen constanten Strom $\frac{d^2 s'}{dt^2} = 0$ zu setzen.“

Unter der Voraussetzung, „daß die in dem Leiterelement befindliche *negative* Elektricität nicht ströme, sondern fest mit den ponderablen Atomen verbunden sey,“ gelangt Clausius zu dem folgenden Ausdrucke für die x -Componente (X) derjenigen Kraft, welche die mit der Geschwindigkeit $\frac{ds'}{dt}$ strömende *positive* Elektricität auf die im Punkte x, y, z befindliche ruhende Einheit der Elektricität ausübt:

$$X = - \frac{4h'}{c^2} \left(\frac{ds'}{dt} \right)^2 \frac{d}{dx} \int \left(\frac{dV}{ds'} \right)^2 ds'.$$

Zu dieser Formel bemerkt Hr. Clausius:

„Man sieht sofort, daß das hierin vorkommende Integral nicht Null ist, und daß auch seine Differentialcoefficienten nach x, y und z im Allgemeinen nicht Null seyn werden. Demnach müfste ein in einem ruhenden Leiter stattfindender geschlossener und con-

stanter Strom auf ruhende Elektrizität eine Kraft ausüben, und zwar eine Kraft, welche ein Ergal hätte usw. Der galvanische Strom müßte also, ähnlich wie ein mit einem Ueberschuß von positiver oder negativer Elektrizität geladener Körper, in jedem in seiner Nähe befindlichen leitenden Körper eine veränderte Vertheilung der Elektrizität hervorrufen. Auch für einen Magneten würde man, wenn man den Magnetismus durch moleculare elektrische Ströme erklärt, ähnliche Wirkungen auf die ihn umgebenden leitenden Körper erhalten.“

In dem obigen Ausdrücke für X handelt es sich im Wesentlichen um eine quantitative Bestimmung des Factors

$$\frac{4h'}{c^2} \cdot \left(\frac{ds'}{dt}\right)^2,$$

da der Werth des Integrals und seiner Differentialquotienten von der Größe, Form und Lage des geschlossenen Stromleiters abhängt, d. h. von Verhältnissen, über welche, wie bei jedem anderen elektrodynamischen Versuche, innerhalb gewisser Gränzen beliebig disponirt werden kann. Es mag daher der Werth dieses Integrals vorläufig zwischen 1 und 100 angenommen werden, ein Unterschied, der, wie man sehen wird, bezüglich des wesentlichen Resultates verschwindend ist.

Denken wir uns im Punkte x, y, z die elektrostatische Einheit concentrirt, so bedeutet in der obigen Formel $4h'$ die Zahl von positiven elektrostatischen Einheiten, welche in der Secunde durch den Querschnitt des Leiterelementes ds' mit der Geschwindigkeit $\frac{ds'}{dt}$ fließt. Da für die elektrostatische Einheit die Secunde und das Millimeter als Einheiten der Zeit und des Raumes angenommen sind, so bedeutet c die Weber'sche Constante von 59320 geographischen Meilen in *Millimetern* ausgedrückt, d. h. es wird

$$c = 439450 \cdot 10^6 \text{ Millimeter.}$$

Um nun auch einen numerischen Werth für h' zu er-

halten, d. h. für die Quantität positiver Elektricität (gemessen in elektrostatischen Einheiten), welche sich mit der constanten Geschwindigkeit $\frac{ds'}{dt}$ durch den Querschnitt des Leiterelementes ds' bewegt, muß ein Strom von bekannter Stärke vorausgesetzt werden. Ich will hierzu einen Strom wählen, der durch einen Kupferdraht von 1 □ Millimeter Querschnitt fließt und dessen Intensität, nach elektrolytischem Maasse gemessen, gleich 1 ist. Ein solcher Strom ist nach der Definition Weber's im Stande, in einer Secunde 1 Milligramm Wasser in Knallgas zu verwandeln. Da nun 1 Milligramm Knallgas unter normalen Druck- und Temperaturverhältnissen ein Volumen von 1,86 Cub.-Centimeter einnimmt, so würde ein Strom von der angenommenen Intensität in einer *Minute* $60 \times 1,86 = 111,6$ Cub.-Centimeter oder etwa 5,63 Pariser Cubikzoll Knallgas entwickeln. Um sich ungefähr eine Vorstellung von der Stärke eines solchen Stromes und der dazu erforderlichen galvanischen Batterie zu machen, erlaube ich mir zu bemerken, daß Eisenlohr „mit einem Grove'schen Apparat von 5 Platinelementen, deren jedes 7 Zoll lang und 2 Zoll breit ist, in einer Minute 9 Cubikzoll Knallgas“ in einem eingeschalteten Voltameter erhielt¹⁾. Es würde also zur Erzeugung eines Stromes, welcher nach der Weber'schen Definition in elektrolytischem Maasse die Intensität 1 besitzt, eine Batterie von etwa 4 starken Grove'schen Elementen erforderlich seyn. Bei einem Strome von dieser Stärke hat nun Weber bereits vor mehr als 20 Jahren die Zahl von elektrostatischen Einheiten bestimmt, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des Leiters gehen, und gefunden, daß „bei dieser Stromintensität

$$106,6 \times 155370 \times 10^6 \text{ Einheiten}$$

positiver und ebenso viel negativer Elektricität durch den Querschnitt in 1 Secunde hindurchgehen“²⁾.

1) W. Eisenlohr, Lehrbuch der Physik, 7. Aufl. (1857), S. 541.

2) R. Kohlrausch und W. Weber in den Abhandlungen d. Königl. Sächs. Ges. d. W. Bd. III, S. 221 — 283.

Ueber die *Geschwindigkeit*, mit welcher sich die obige Elektrizitätsmenge durch den Querschnitt eines Leiters von 1 □ Millimeter bewegt, bemerkt Weber in derselben Abhandlung wörtlich Folgendes:

Es ist also „gefunden worden, daß bei einem Strome, dessen Intensität nach *elektrolytischem* Maasse = 1 ist, eine positive Elektrizitätsmenge von $106\frac{2}{3} \cdot 155370 \cdot 10^6$ Einheiten zusammen mit $\frac{1}{9}$ Milligramm Wasserstoff in der einen Richtung, und eine gleich große negative Elektrizitätsmenge mit $\frac{8}{9}$ Milligramm Sauerstoff verbunden in entgegengesetzter Richtung durch den Querschnitt des Leiters in 1 Secunde geht, woraus folgt, daß in 1 Milligramm Wasser $106\frac{2}{3} \cdot 155370 \cdot 10^6$ Einheiten positiver und gleich viel negativer Elektrizität enthalten seyn müsse, *die sich aber* (zusammen mit ihren ponderabelen Trägern) *nur mit der geringen Geschwindigkeit von $\frac{1}{2}$ Millimeter in der Secunde fortbewegen*, wenn der Querschnitt des feuchten Leiters nur 1 Quadratmillimeter groß ist. Ist der Querschnitt größer, so ist die Geschwindigkeit nach Verhältniß noch kleiner.“

Um bei dieser Gelegenheit dem sehr häufig vorkommenden Irrthume entgegen zu treten, als hätte sich aus den zuerst von Wheatstone und später von Anderen angestellten Versuchen, eine ungeheure Geschwindigkeit für die Fortbewegung *der elektrischen Fluida* in den metallischen Leitern ergeben, erlaube ich mir hier gleichfalls Wilhelm Weber's Worte anzuführen, welche den oben citirten unmittelbar vorangehen:

„Je größer aber diese Elektrizitätsmenge (die in jedem Längenelemente des Leiters euthaltene) ist, desto kleiner ist, bei gegebener Stromintensität, die *Geschwindigkeit*, mit welcher sich diese Elektrizitätsmenge im Leiter fortbewegt, und *es darf daher diese geringe Geschwindigkeit, mit welcher sich die elektrischen Fluida in ihren Leitern bewegen, in keiner Weise mit der außerordentlich großen Geschwindigkeit verwech-*

selt werden, mit welcher die Störung des Gleichgewichtes der elektrischen Fluida durch metallische Leiter fortgepflanzt wird, auf welche die bekannten von Wheatstone gemachten Versuche sich beziehen.“

Unter den gemachten Annahmen hätte man also in der obigen Clausius'schen Formel (S. 522) für die x -Componete zu setzen.

$$k' = 106,6 \times 155370 \times 10^6$$

$$c = 439450 \cdot 10^6$$

$$\frac{ds'}{dt} = \frac{1}{2}.$$

Durch Einsetzung dieser numerischen Werthe erhält man also für X :

$$X = \frac{106,6 \times 155370 \times 10^6}{(439450 \cdot 10^6)^2} \cdot \frac{d}{dx} \int \left(\frac{dV_r}{ds'} \right)^2 ds'$$

oder

$$X = 0,000\ 000\ 000\ 0858 \cdot \frac{d}{dx} \int \left(\frac{dV_r}{ds'} \right)^2 ds'.$$

Wie schon oben bemerkt, stützt Hr. Clausius seine ganze Einwendung gegen das Weber'sche Gesetz auf den Umstand, daß der Werth des obigen Integrals und seines Differentialquotienten *nicht Null* ist, indem er bemerkt:

„Man sieht sofort, daß das hierin vorkommende Integral nicht Null ist und daß auch seine Differentialcoefficienten nach x , y und z im Allgemeinen nicht Null seyn werden. Demnach müßte ein in einem ruhenden Leiter stattfindender, geschlossener und constanter Strom auf ruhende Elektricität eine Kraft ausüben usw.“ Da jedoch „solche Wirkungen, trotz der vielen Gelegenheit, die man dazu gehabt haben würde, nie beobachtet worden sind“, so meint Hr. Clausius, müsse man „den obigen Satz, welcher ausdrückt, daß sie nicht stattfinden, gewiß allgemein als feststehenden Erfahrungssatz anerkennen, woraus dann der Schluß folgt, daß das Weber'sche Grundgesetz mit der Ansicht, daß bei einem in einem

festen Leiter stattfindenden galvanischen Strome nur die positive Elektrizität sich bewegt, unvereinbar ist.“

Es leuchtet ein, daß diese ganze Schlußreihe eine *unvollständige* ist. Denn, wenn es sich um die Frage handelt, ob jene von Clausius gefundene Kraft X überhaupt noch in den Bereich unserer Wahrnehmungen und physikalisch beobachtbaren Wirkungen falle, so mußte nothwendig untersucht werden, ob nicht jener Factor

$$\frac{4h'}{c^2} \left(\frac{ds'}{dt} \right)^2,$$

mit welchem das erwähnte Integral multiplicirt ist, einen Werth besitze, durch welchen der Ausdruck für die Kraft X unter die Gränze unserer Beobachtungen herabgedrückt war. Hiezu war um so mehr Veranlassung, als im Nenner jenes Factors das *Quadrat* jener ungeheuren Geschwindigkeit erscheint, welche als Constante des Weber'schen Gesetzes auftritt.

Es läßt sich nun zeigen, daß selbst wenn der Werth jenes Integrals

$$\frac{d}{dx} \int \left(\frac{d\sqrt{r}}{ds'} \right)^2 ds' = 100$$

gesetzt wird, die in elektrostatischen Einheiten gemessene Kraft X durch die empfindlichsten Elektrometer nicht nachweisbar ist.

Ich habe an einem anderen Orte die Zahl von elektrostatischen Einheiten bestimmt ¹⁾, welche durchschnittlich auf einen Quadratmillimeter einer Metallkugel angesammelt sind, wenn dieselbe leitend mit dem einen Pole eines Zink-Kupferelementes verbunden ist, dessen anderer Pol in leitender Verbindung mit dem Erdboden steht. Es hatte sich aus einer Verbindung sorgfältiger Beobachtungen von Dellmann und Hankel für den erwähnten Werth ergeben

0,00024708 elektrostatische Einheiten.

1) *Astronomische Nachrichten* Bd. 87, No. 2082 — 2086. Ueber die physische Beschaffenheit der Cometen, 2. Abhandlung S. 326.

Diese Zahl multiplicirt mit 4π drückt in mechanischem Maasse diejenige Kraft aus, welche auf die in einem Punkte an der Oberfläche einer leitenden Kugel (d. h. in der Entfernung des Radius vom Mittelpunkte) befindliche elektrostatische Einheit von der gesammten Elektrizitätsmenge ausgeübt wird, welche bei obiger Dichtigkeit gleichnamig über der Oberfläche der Kugel ausgebreitet ist.

Der obige Werth von X ist nun in denselben Maafseinheiten bestimmt und würde unter den gemachten Voraussetzungen gleich

$$X = 0,00000000858$$

elektrostatischen Einheiten seyn.

Denkt man sich daher den Punkt x, y, z , in welchem Clausius bei Ableitung seiner Formel die Einheit der positiven Elektricität voraussetzt, gleichfalls in der Oberfläche einer Kugel, in deren Mittelpunkt eine Elektrizitätsmenge concentrirt ist, die auf jenen Punkt die gefundene elektrische Kraft ausübt, so würde die elektrische Dichtigkeit einer solchen Kugel gleich $\frac{1}{4\pi} \cdot X$ seyn. Die elektrische Dichtigkeit dieser Kugel würde aber etwa 361800 Mal geringer als diejenige einer Metallkugel seyn, welche mit dem einen Pole eines Daniell'schen Elementes in Verbindung steht.

Fragt man nun, welchen Ausschlag die elektrische Spannung am Pole eines Daniell'schen Elementes an den empfindlichsten Elektrometer hervorzurufen im Stande ist, so giebt Sir William Thomson bei seinen Quadranten-Elektrometern hierfür im Maximum 100 Scalentheile an ¹⁾, und ebenso Lippmann ²⁾ bei seinem Capillar-

1) *Reprint of Papers on Electrostatics and Magnetism by Sir William Thomson. London 1872, p. 274.* „In the instruments already made, the deflection by a single cell of Daniell's amounts to about 100 scale-divisions (of $\frac{1}{16}$ of an inch each at a distance of 40 inches) . . .“

2) Lippmann bemerkt Pogg. Ann. Bd. 149, S. 552 wörtlich über die Empfindlichkeit seines Capillar-Elektrometers: „Die Empfindlichkeit des Apparates ist demnach eine so große, daß kein anderes Elektrometer außer dem Thomson'schen mit ihm verglichen werden kann.“

elektrometer einen Werth von ähnlicher Ordnung. Es würde folglich jene Kraft X unter den gemachten Voraussetzungen am Thomson'schen Quadrantenelektrometer nur eine Ablenkung von $\frac{1}{3618}$ eines Scalentheiles erzeugen, eine Gröfse, welche zu beobachten oder zu messen natürlich vollkommen unmöglich ist.

Man kann also dem Integrale

$$\frac{d}{dx} \int \left(\frac{dV_r}{ds'} \right)^2 ds'$$

in der Clausius'schen Formel, welches die räumlichen Beziehungen des Punktes x, y, z zu dem Stromleiter enthält, sogar den Werth 100000 beilegen, und würde alsdann bei Anwendung eines Stromes von 4 Grove'schen Bechern am Thomson'schen Quadrantenelektrometer nur einen Ausschlag von ungefähr $\frac{1}{4}$ Scalentheil erhalten. Eine Verstärkung des Stromes durch Anwendung einer gröfseren Batterie würde vermuthlich für den experimentellen Nachweis dieser Wirkungen nur wenig nützen, da im Allgemeinen sich auch die elektrostatischen Wirkungen steigern würden, die jeder galvanische Strom vermöge der oben erwähnten Ansammlung von Elektrizität nach dem Ohm'schen Gesetze besitzt. Dieser Effect müfste vollständig von der oben auf *dynamischem* Wege erzeugten Wirkung getrennt werden. Dies ist aber eine Aufgabe, welche jeder, der sich practisch mit derartigen elektroskopischen Untersuchungen beschäftigt hat, bei dem gegenwärtigen Stande unserer experimentellen Hilfsmittel für unmöglich erklären wird¹⁾.

- 1) Ich erlaube mir die Bemerkung, dafs ich mich in der letzten Zeit sehr eingehend mit derartigen Beobachtungen beschäftigt habe, sowohl mit Anwendung eines Lippmann'schen Capillar-Elektrometers als auch eines nach dem Bohnenberger'schen Princip mit Anwendung der Coulomb'schen Drehwaage nebst Spiegelablesung verfertigten Elektrometers. Die Empfindlichkeit des letzteren hatte ich so weit gesteigert, dafs die freie Spannung eines Kohlen-Zink-Elementes mit doppelt-chromsaurem Kali einen Ausschlag von etwa

Ich glaube also bewiesen zu haben, *dafs das Weber'sche Gesetz innerhalb der Gränzen unserer Beobachtungen zu vollkommen identischen Resultaten führt, mag die dualistische oder unitarische Hypothese für die Bewegung der elektrischen Theilchen in Leitern vorausgesetzt werden.*

Nichtsdestoweniger erscheint es von grossem Interesse, auch wenn uns vorläufig directe Versuche zur Entscheidung über diese beiden Hypothesen im Stich lassen, zu untersuchen, ob wir im Stande sind, uns auf Grund anerkannter Thatsachen für die gröfsere oder geringere Wahrscheinlichkeit der einen oder andern der beiden Hypothesen zu entscheiden. Solche Thatsachen kennen wir nun, und zwar in allen den Fällen, in welchen der körperliche Stromleiter aus einer zersetzbaren Flüssigkeit, d. h. aus einem sogenannten Elektrolyten, besteht.

In diesen Fällen findet in der That eine solche Doppelbewegung der beiden Elektricitäten nach entgegengesetzten Richtungen statt, wie sie Weber bei Ableitung seines Gesetzes auch in metallischen Leitern hypothetisch vorausgesetzt hat. Schon dieser Umstand allein, dafs wir in der *einen* Klasse von Leitern genöthigt sind die dualistische Hypothese anzunehmen, weil „*zwingende Gründe für die Annahme einer solchen Doppelbewegung vorliegen*“ würde ausreichend seyn, nach den Principien einer rationalen Induction diese Doppelbewegung auch in der *anderen* Klasse von Leitern vorauszusetzen. Wenn also Hr. Clausius sagt: „*diese Vorstellung ist eine so complicirte, dafs schon viele Physiker daran Anstofs genommen haben*“, so beweist die Natur durch *Thatsachen*, dafs sie selbst an der Complicirtheit dieser Bewegung keinen Anstofs genommen hat, sondern dieselbe bei der Elektricitätsbewegung in Elektrolyten realisirt hat.

Aber gesetzt auch, man wolle die Complicirtheit von

50 bis 70 Scalentheilen erzeugte. Eine aus vielen 100 Windungen bestehende Spirale von übersponnenem Kupferdrahte zeigte fast überall eine freie Spannung von 7 bis 10 Scalentheilen, die bei Umkehrung des Stromes ihr Zeichen wechselte.

Vorstellungen über die *Wirkungen* von Kräften vereinfachen, so darf dies doch nicht durch Complication der Vorstellung über die *Ursachen*, d. h. in diesem Falle über die Gestalt des Kraftgesetzes, aus welchem jene Wirkungen resultiren, geschehen. Hr. Clausius setzt nun aber sein viel complicirteres elektrodynamisches Grundgesetz an Stelle des einfacheren Weber'schen Gesetzes. Wenn eine Vereinfachung unserer *Vorstellungen* in dem einen Gebiete (der Wirkungen) nur durch die Complication der damit verknüpften Vorstellungen auf dem andern Gebiete (der Ursachen) erkauft werden kann, so wird man es vorziehen, zunächst die Vorstellungen über die *Ursachen* zu vereinfachen.

Mag man jedoch hierüber verschiedener Ansicht seyn, so viel steht fest, daß wenn das neue elektrodynamische Grundgesetz von Clausius *wesentlich* die Bedingung enthält, „daß ein Strom aus der Bewegung nur Eines Fluidums“ besteht, so dürfte es auf die Bewegungen der Elektrizität in Elektrolyten nicht anwendbar seyn.

Clausius scheint indessen den hier angedeuteten Widerspruch nicht zu bemerken, denn er sagt in einer späteren Abhandlung bezüglich der unterscheidenden Merkmale seines Gesetzes von dem Weber'schen wörtlich:

„Dieses Gesetz unterscheidet sich von denjenigen, welche W. Weber und Riemann aufgestellt haben, wesentlich dadurch, daß seine Anwendbarkeit nicht, wie die der letzteren, an die Bedingung gebunden ist, daß ein galvanischer Strom aus zwei gleich starken nach entgegengesetzten Richtungen gehenden Strömen von positiver und negativer Elektrizität bestehe. Es ist ursprünglich unter der Voraussetzung abgeleitet, daß nur die positive Elektrizität ströme, und die negative in Ruhe bleibe, es kann aber auch dann angewandt werden, wenn man für beide Elektrizitäten Bewegungen, und zwar mit beliebigen Geschwindigkeiten, annimmt. Da nun in der That, wenn man sich auch der von C. Neumann gemachten Voraus-

setzung anschließt, daß die negative Elektricität fest an die ponderablen Atome gebunden sey, damit nicht für alle Leiter die Bewegung der negativen Elektricität ausgeschlossen ist, indem in den elektrolytischen Leitern, bei welchen die Elektricitätsleitung durch Bewegungen der Atome vermittelt wird, jedenfalls beide Elektricitäten als bewegt angenommen werden müssen, so wird in der vorliegenden Abhandlung *die allgemeinere Voraussetzung gemacht, daß beide Elektricitäten nach entgegengesetzten Richtungen strömen* mit Geschwindigkeiten, welche für den Leiter s' mit c' und c'_1 bezeichnet werden. Will man dann für feste Leiter die negative Elektricität als ruhend betrachten, so braucht man nur c_1 und c'_1 gleich Null zu setzen.“¹⁾

Wie man sieht, betrachtet Hr. Clausius *gegenwärtig* die Vorstellung „daß beide Elektricitäten nach entgegengesetzten Richtungen strömen,“ nicht mehr als eine so complicirte, daß schon viele Physiker daran Anstoß genommen haben. Ob aber darin eine *Vereinfachung* der Vorstellungen zu suchen ist, daß Clausius für diese entgegengesetzten Geschwindigkeiten in dem einen Leiter die Werthe c und c_1 , in dem anderen Leiter c_1 und c'_1 setzt, während Weber bei Ableitung seines Gesetzes „von der Vorstellung ausgegangen ist, daß sich gleiche Mengen positiver und negativer Elektricität mit *gleichen* Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Seiten bewegen,“ dürfte wohl bis auf Weiteres ganz dahin gestellt bleiben.

Die Allgemeinheit des Weber'schen Gesetzes, welches entsprechend unserer ganzen bisherigen Galilei-Newton'schen Mechanik, die Wechselwirkung zweier Theilchen nur von ihren *relativen*, nicht von ihren unbekanntenen *absoluten* Raum- und Zeitverhältnissen abhängig macht²⁾,

- 1) Clausius, Referat über seine eigene Abhandlung „über die Behandlung der zwischen linearen Strömen etc.“ im Repertorium für reine und angewandte Mathematik 1877, S. 329.
- 2) Hr. Clausius sagt bezüglich der Ableitung seines Gesetzes: „Ich habe nämlich nicht bloß die relative Bewegung der beiden Elektrici-

hat in jüngster Zeit auch eine sehr schöne Bestätigung durch directe Versuche von Hrn. Henry A. Rowland erhalten, über welche Hr. Helmholtz der Berliner Akademie im März 1876 Bericht erstattet hat¹⁾. Es handelte sich bei diesen Versuchen um eine experimentelle Entscheidung der Frage, ob „die Fortführung von Elektrizität durch Bewegung ihrer ponderablen Träger“ „gleichwerthig sey der Strömung der Elektrizität in einem Leiter, wie das die Theorie von Hrn. Weber annimmt.“

Der bewegte Träger der Elektrizität war hiebei eine bewegte Scheibe von Ebonit, welche mit großer Geschwindigkeit, bis zu 61 Mal in der Secunde, um eine in ihrer Mitte befestigte verticale Axe laufen konnte. Der Oberfläche dieser Ebonitscheibe wurde Elektrizität mitgetheilt und an einer höchst empfindlichen astatischen Nadel, welche in der Nähe der rotirenden Scheibe, „ganz eingeschlossen von einem zur Erde abgeleiteten Messingge-

tätstheilchen, sondern auch ihre *absoluten* Bewegungen in Betracht gezogen.“ (Pogg. Ann. Bd. 157, S. 492.)

Diese *absolute* Bewegung soll in Bezug auf einen zwischen den bewegten elektrischen Theilchen befindlichen „Stoff“ verstanden werden, durch welchen die elektrodynamische Einwirkung zwischen jenen Theilchen vermittelt wird. Mit Hülfe dieses unbekanntes Stoffes gelangt Hr. Clausius sogar dahin, daß die Wechselwirkung jener beiden Theilchen für sich gar nicht dem Principe von der Erhaltung der Energie zu genügen brauchen, „da ja der vermittelnde Stoff auch an der Wirkung Theil nimmt.“ Die hierauf bezüglichen Worte von Clausius sind die folgenden:

„Es entsteht nun die Frage, ob das durch diese Gleichungen ausgedrückte Kraftgesetz mit dem Principe von der Erhaltung der Energie vereinbar ist. Wenn die elektrodynamische Einwirkung der beiden Theilchen auf einander durch einen zwischen ihnen befindlichen Stoff vermittelt wird, so ist es nicht durchaus nothwendig, daß die Kräfte, welche die beiden einzelnen Theilchen erleiden, schon für sich allein jenem Principe genügen, da ja der vermittelnde Stoff auch an der Wirkung Theil nimmt.“ (Pogg. Ann. Bd. 157, S. 490.)

- 1) Bericht betreffend Versuche über die elektromagnetische Wirkung elektrischer Convection, ausgeführt von Hrn. Henry A. Rowland, von H. Helmholtz. (Berichte d. Kgl. Akademie d. W. zu Berlin, März 1876. — Pogg. Ann. 158, 1876. No. 7, S. 487 ff.)

häuse“ aufgehängt war, wurde die elektrodynamische Wirkung der bewegten Elektrizität gemessen und mit dem aus der Weber'schen Formel theoretisch resultirenden Werthe verglichen.

Hr. Helmholtz theilt am Schlusse jenes Aufsatzes die folgenden Resultate der Berechnung von drei unter günstigen Umständen ausgeführten Versuchsreihen mit.

1. „Zehn Versuche mit abwechselnd entgegengesetzter Rotation, bei jedem Versuche drei Ablesungen, deren mittlere bei entgegengesetzter Elektrisirung der Scheibe gemacht wird, als die erste und die dritte.“

Es ergab sich die elektrodynamische Kraft, welche durch die bewegte Elektrizität auf das astatiche Nadelpaar ausgeübt wurde:

aus der *Beobachtung*: 0,00000327

aus der *Berechnung* nach

Weber's Formel: 0,00000311.

2. Vier Versuche in derselben Weise ausgeführt:

aus der *Beobachtung*: 0,00000317

aus der *Berechnung* nach

Weber's Formel: 0,00000322.

3. Fünf Versuche in derselben Weise:

aus der *Beobachtung*: 0,00000339

aus der *Berechnung* nach

Weber's Formel: 0,00000328.

Hr. Helmholtz bemerkt a. a. O. wörtlich über die Bedeutung dieser Resultate:

„Die Uebereinstimmung darf als genügend angesehen werden bei der Messung einer Kraft, die nur $\frac{1}{50000}$ von der Kraft des Erdmagnetismus beträgt, da in zwei dieser Versuchsreihen die beobachteten Werthe zwischen die den verschiedenen gemessenen Werthen der Weber'schen Constante entsprechenden hineinfallen.“

„Was die Bedeutung dieser Versuche für die Theorie der Elektrodynamik betrifft, so *entsprechen sie den Voraussetzungen der Theorie von Hrn. W. Weber.*“

Eine schönere und competentere Bestätigung konnte dem Weber'schen Gesetze kaum von irgend einer Seite zu Theil werden.

Die gleichzeitig von Hrn. Helmholtz aus der Maxwell'schen Theorie der dielektrischen Polarisation berechneten Werthe habe ich hier nicht angeführt, da ich mich bereits vor einem Jahre mit folgenden Worten über die Bedeutung dieser Theorie ausgesprochen habe¹⁾:

„Daß übrigens die ganze Maxwell'sche Theorie nur als eine *symbolische* aufzufassen ist, welche in ähnlicher Weise gewisse Gebiete von Erscheinungen erklärt, wie die Hypothese magnetischer Fluida, geht auf's Deutlichste aus dem Umstande hervor, daß diese Theorie für die Wärmeleitung der festen Körper zu Folgerungen führt, welche direct mit der Erfahrung im Widerspruch stehen. Wiedemann, der in Gemeinschaft mit Franz zuerst die Proportionalität zwischen elektrischer und thermischer Leitungsfähigkeit durch sorgfältige Versuche bewiesen hat, bemerkt bei einer Reproduction der Maxwell'schen Theorie in der neuesten Auflage seines Werkes über Galvanismus II, S. 614:

„Hiebei ist die Leitungsfähigkeit *umgekehrt proportional* $4\pi\mu F$ zu nehmen — während nach den Versuchen die elektrische Leitungsfähigkeit der thermischen *direct* proportional ist —, so daß also ein bestimmter Zustand des Mediums um so langsamer erreicht wird, je besser dasselbe leitet.“

„Bei der atomistischen Auffassung dieser Prozesse fällt dieser Widerspruch von selbst fort, da nach den von W. Weber ausgesprochenen Anschauungen²⁾,

1) Berichte d. Königl. Sächs. Ges. Sitz. vom 12. Febr. 1876, S. 190.

2) Wilhelm Weber bemerkt wörtlich in seiner Abhandlung „über

welche sich in zahlreichen Erscheinungen bestätigt haben, beide Vorgänge ihrem Wesen nach identisch sind.“

Zu der gleichen Ansicht über die Bedeutung der Maxwell'schen Theorie ist auch Hr. Dr. Fröhlich in einer vom September 1876 datirten Arbeit (Pogg. Ann. Bd. 160, S. 97 ff.) gelangt, indem er wörtlich bemerkt: „*Die Anwendung der elektrodynamischen Lichttheorie auf gut elektrische Leiter führt zu Resultaten, die mit der Erfahrung in directem Widerspruche stehen.*“

Mag man aber immerhin noch über die tiefere theoretische Bedeutung der verschiedenen elektrodynamischen Theorien verschiedenen Ansichten huldigen, es genügt mir im Vorstehenden gezeigt zu haben, daß das Weber'sche Gesetz, welches die Wechselwirkung elektrischer Massen nur von ihren *relativen* Verhältnissen (Abstand und Bewegung) abhängig macht, ganz gleichgültig ob diese Massen sich strömend in ponderablen Leitern oder unter anderen Verhältnissen bewegen, den experimentellen und theoretischen Forderungen vollkommen genügt. Es liegt daher kein Grund vor, an Stelle dieses Gesetzes das complicirtere Clausius'sche Gesetz treten zu lassen.

Einwendungen von ganz demselben Charakter, wie die Clausius'schen gegen das Weber'sche Gesetz, hat die Geschichte der Wissenschaften zu wiederholten Malen zu verzeichnen gehabt. Das Copernikanische System glaubte man dadurch widerlegen zu können, daß man sich für berechtigt hielt, die Nichtexistenz der Fixsternparallaxen „als feststehenden Erfahrungssatz“ anzuerkennen. Aus glei-

die Bewegungen der Electricität in Körpern von molecularer Constitution.“ (Pogg. Ann. Bd. 156, S. 1—61.)

„Dazu kommt nun aber, daß *elektrische Leitung* und *Wärmeleitung* in metallischen Conductoren in nächster Beziehung stehen, und es leuchtet ein, daß, wenn Wärme wirklich identisch mit der lebendigen Kraft der im Innern der ponderablen Körper sich fortwährend bewegendon Electricität ist, *Wärmeleitung in metallischen Conductoren* ebenso wie elektrische Stromleitung durch den Uebergang von Rotationsbewegung und umgekehrt vermittelt werden muß.“

chen Gründen hätte man die Newton'sche Gravitationslehre bis zu den Versuchen von Cavendish, Reich, Baily, Cornu u. A. als einen Irrthum erklären müssen, weil nach dieser Theorie ein jeder Körper auf einen anderen, in seiner Nähe befindlichen Körper, eine Anziehung ausüben müßte, was aber „trotz der vielen Gelegenheit, die man dazu gehabt haben würde, nie beobachtet worden sey.“

III. *Ueber normales Magnetisiren;* *von Th. Petruschewsky.*

(Schluß von S. 408.)

§. 8. Aufstellung der Instrumente.

Außer der Meridiannadel und den im vorigen Paragraphen beschriebenen Spiralen benutzte ich zu den Versuchen noch folgende Apparate: einen Commutator, Galvanometer, eine Compensationsspirale und eine Bunsen'sche Batterie. Der Commutator bestand aus einem Cylinder aus metallischen, durch Elfenbeinscheiben getrennten, Sektoren, auf welche 4 Hebel drückten; 2 von denselben sind mit der Batterie und den Theilen der Kette verbunden, in welchen der Strom eine constante Richtung behalten soll, die beiden anderen hingegen führen zu den Theilen, in welchen sich die Stromrichtung ändern muß. Durch Drehung des Commutators ändert man die Richtung des Stromes. Eine nähere Beschreibung dieses Apparates ist unnöthig.

Mein Galvanometer besteht aus einem verticalen Ringe, auf welchem 16 Windungen eines Kupferdrahtes in 2 Lagen sich befinden; der innere Durchmesser des Ringes beträgt 90^{mm}. Auf dem Gestelle des Ringes befindet sich eine 38,5^{mm} lange Magnetnadel, die sich im Mittelpunkte eines in Grade getheilten Kreises, und zwar in der Ebene des-