des Widerstandes w_0 , welchen man dem Galvanometerzweige zu ertheilen hat, damit ein Fehler in der Galvanometerbeobachtung den geringsten Einfluss auf das Resultat hat. Nach Gl. (9) ist der Fehler der Galvanometerbeobachtung gegeben durch:

$$F_2 = \left[\frac{AD + BC}{C^2} \right]_0 \frac{Q}{\sqrt{w_0}} \Delta \varphi.$$

Bildet man mit Hülfe des Werthes (19) die Gleichung:

$$\frac{\partial F_2}{\partial w_0} = 0,$$

so findet sich aus ihr:

$$w_0 = \frac{L(w+x)}{L+w+x},$$

oder da:

$$L = a + b,$$

$$w_0 = \frac{(a+b)(w+x)}{a+b+w+x},$$

und das ist die von Schwendler gegebene Formel.

Braunschweig, im December.

VII. *Erwiderung auf die letzten Bemerkungen¹⁾ des Hrn. Hoppe über die unipolare Induction; von E. Edlund.*

(Hierzu Taf. VI Fig. 11.)

Meines Erachtens ist jede Theorie der unipolaren Induction, welche den Forderungen der mechanischen Wärmetheorien nicht vollkommen genügt, unrichtig; dieselbe muss in Folge dessen zu Resultaten führen, die wenigstens theilweise fehlerhaft sind. Es wäre leicht, den Nachweis zu liefern, dass die von Hrn. Hoppe vertretene Inductionstheorie diesen Forderungen nicht entspricht. Um aber meinen Aufsatz nicht in die Länge zu ziehen, werde ich mich damit begnügen, andere Punkte in der Abhandlung des Hrn. Hoppe zu besprechen.

Ich weise auf Fig. 19 in dem Aufsatz des Hrn. Hoppe hin. Wenn der röhrenförmige Magnet um seine Axe rotirt,

1) Hoppe, Wied. Ann. 29. p. 544. 1886.

so wird sich, nach meiner Theorie, an dem oberen Ende des Leiters *b* und an dem äusseren Rande des Ringes *d* Electricität ansammeln. An diesen Stellen entsteht also, infolge der Rotation, eine electricische Tension. Dies, behauptet Hr. Hoppe, sei unrichtig, weil nach seiner Ansicht in einem Leiter, der mit dem Magnet fest verbunden ist und mit ihm rotirt, keine Induction stattfinden kann. Um die Richtigkeit seiner Anschauungen nachzuweisen, verfuhr Hr. Hoppe in folgender Weise. Eine Kupferröhre von hinreichendem Umfang wurde concentrisch über den Magnet gesetzt, sodass die untere Kante der Röhre 2 mm unter den Ring *d* hinabreichte und die obere Hälfte des Magnets von ihr bedeckt wurde. Diese Röhre war von dem Magnet und seinem Zubehör isolirt und blieb während der Rotation des Magnets in Ruhe. Wenn jetzt infolge der Rotation an dem äusseren Rande des Ringes *d* eine electricische Spannung entstände, so müsste an dem unteren Ende der Röhre, wegen der Influenz, eine electricische Ladung sich bilden. Um dies zu prüfen, wurde die Röhre durch einen Leitungsdraht mit dem Quadrantenpaare eines sehr empfindlichen Electrometers in Verbindung gesetzt; aber wie auch die Versuche abgeändert wurden, konnte Hr. Hoppe nicht den geringsten Ausschlag wahrnehmen, und er zieht hieraus den Schluss, dass eine electricische Spannung in dem Ringe *d* durch die Rotation nicht entstehe.

In meiner von Hrn. Hoppe angegriffenen Arbeit¹⁾ findet sich eine experimentelle Bestimmung der Grösse der in einem solchen Falle entstehenden electromotorischen Kraft. Ein mit Magnetismus gesättigter Stahlmagnet von 125 mm Länge und 15 mm Durchmesser wurde mit dem ihn umgebenden Mantel in Rotation um die Axe des Magnets mit einer Winkelgeschwindigkeit von 5 ganzen Umdrehungen in der Secunde gesetzt. Die electromotorische Kraft des hierbei entstehenden Inductionsstromes betrug $5,2151/10^5$ von einem Daniell'schen Element. Das Potential an dem oberen und dem unteren Rande des Mantels betrug somit nur die Hälfte

1) E. Edlund, Sur l'origine de l'électricité atmosphérique p. 71.

hiervon. Ein Versuch mit einem zweiten Magnet von kleinerem Durchmesser, aber von ungefähr gleicher magnetischer Intensität, gab dasselbe Resultat. Bei den Versuchen des Hrn. Hoppe war die electromotorische Kraft wahrscheinlich viel grösser, weil sein Magnet grösser und deshalb wohl auch stärker war. Nach den Dimensionen zu schliessen, war der Magnet des Hrn. Hoppe 4,8 mal so schwer, als der von mir benutzte. Wenn man nun annimmt, dass die magnetische Intensität proportional dem Gewichte des Magnets zunimmt (was ohne Zweifel eine zu hohe Schätzung ergibt), so konnte die electriche Spannung in dem rotirenden Ringe $(5,2151/10^5) \cdot \frac{1}{2} \cdot 4,8 = 0,000\,125\,2$ des Potentialunterschiedes in einem Daniell'schen Element nicht übersteigen, und die Electricitätsmenge, die durch Influenz an dem unteren Rande des stillstehenden Kupfercylinders dabei hervorgebracht wurde, war selbstredend noch geringer. Es war dieses die Electricitätsmenge, die an dem Electrometer einen Ausschlag verursachen sollte.

Nach der Angabe von W. Thomson¹⁾ soll das empfindlichste Quadrantelectrometer noch 0,0025 des Potentialunterschiedes von einem Daniell'schen Element angeben können. Bei den Versuchen, die ich mit einem Quadrantelectrometer von Mascart's Construction angestellt habe, konnte ich doch eine so grosse Empfindlichkeit lange nicht erreichen. Hieraus folgt somit, dass Hr. Hoppe, selbst wenn die electromotorische Kraft 20mal grösser als die wirklich vorhandene gewesen wäre, schwerlich einen Ausschlag erhalten haben würde. Bei jenem Versuch des Hrn. Hoppe ist indessen noch ein merkwürdiger Umstand zu bemerken: Nach der Theorie des Hrn. Hoppe soll ein um seine Axe rotirender Magnet in einem ruhenden Leiter eine ebenso starke Induction, als wenn der Leiter um den Magnet mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit rotirte, hervorrufen. Folglich müsste, nach seiner Ansicht in dem stillstehenden Kupfercylinder so wie in dem Leitungsdraht, durch die Rotation des Magnets eine electromotorische Kraft entstehen, die einen Ausschlag an dem Electrometer verursachen würde. Wenn also

1) W. Thomson, Des grandeurs électriques, par Blavier, p. 90. Paris, 1881.

der Versuch des Hrn. Hoppe irgendwie eine beweisende Kraft besässe, so wäre durch denselben zugleich dargethan, dass die von Hrn. Hoppe selbst vertheidigte Theorie fehlerhaft wäre. In der That kommt aber, wie ich oben zu zeigen versucht habe, diesem Experiment keine beweisende Kraft zu, weshalb dasselbe auch ohne Werth für die Entscheidung der hier erörterten Frage ist. Indessen wird von Hrn. Hoppe selbst dem Experiment ein grosses Gewicht beigelegt, wie man aus den Schlussworten seines Aufsatzes ersehen kann: „Ich bemerke zum Schlusse, sagt er, dass nach dem in vorstehender Arbeit mitgetheilten Verfahren mit dem Electrometer, meiner Ansicht nach, jede Theorie, die freie Electricität an der Oberfläche eines rotirenden Magnets statuirt, widerlegt ist.“

Hr. Hoppe scheint der Meinung zu sein, dass der von mir gelieferte mathematische Beweis für die Möglichkeit, das alte Biot-Savart'sche Gesetz aus dem Gesetze, welches mit Hülfe der mechanischen Wärmetheorie für die unipolare Induction aufgestellt werden kann, zu deduciren, ganz überflüssig ist, weil er sagt, dass er an der Gültigkeit des Biot-Savart'schen Gesetzes nie gezweifelt habe. Ich hege aber die Ansicht, dass, wenn man nicht die Uebereinstimmung dieses Gesetzes mit der aus der Wärmetheorie für die Induction abgeleiteten Formel nachweisen könnte, man dann dasselbe bei der Berechnung der unipolaren Inductionsphenomene nie mit Zuversicht zu benutzen wagen würde. Das Biot-Savart'sche Gesetz ist von seinen Entdeckern für die Berechnung ganz anderer Erscheinungen als die der unipolaren Induction aufgestellt; will man dasselbe auch bei diesen benutzen, so muss man zuerst den Nachweis führen, dass eine solche Verwendung desselben erlaubt ist.

Hr. Hoppe behauptet ferner, dass die in meiner von ihm angegriffenen Arbeit auseinander gesetzte Theorie derjenigen widerspricht, die ich in früheren Erwidern gegen Hrn. Hoppe gegeben habe. Nach der Meinung des Hrn. Hoppe soll also seine Kritik mich veranlasst haben, meine Theorie zu ändern. Dass dies ein vollständiger Irrthum ist, kann in wenigen Zeilen nachgewiesen werden.

Wenn sn (Taf. VI Fig. 11) einen Magnet vorstellt, und in m in der Richtung seiner Axe ein in Bewegung gesetzter Leiter sich befindet, so sucht der Magnet einen Inductionsstrom in der Richtung der Normalen zu der durch den Magnetpol und die Bewegungsrichtung des Leiters bestimmten Ebene zu erregen. Die unipolare Inductionswirkung des Magnets findet also senkrecht zur Linie sm statt; ihre Componente längs ms ist deshalb Null. Wenn der Leiter sich in m_1 befindet, so wird die Richtung des Inductionsstromes senkrecht zu der Ebene, welche von der Bewegungsrichtung von m_1 und der Resultante der beiden Magnetpole bestimmt wird. Die unipolare Inductionswirkung des Magnets längs dieser Resultante wird deshalb aus demselben Grund Null. Weil nun bei der Anwendung auf den Erdmagnetismus die Inklinationsrichtung der Magnetnadel mit dieser Resultante zusammenfällt, so folgt, dass der Erdmagnetismus der Bewegung der Electricität in der Richtung der Inklinationsnadel keine Hindernisse entgegensetzt. Dies ist eine kurze Zusammenfassung dessen, was hierüber in der von Hrn. Hoppe angegriffenen Arbeit angeführt worden ist. Meine Antwort auf die früheren Bemerkungen des Hrn. Hoppe enthält bezüglich desselben Gegenstandes Folgendes: Wenn ein Leiter ab um den Magnet sn rotirt (wobei dieselbe Induction entsteht, wie wenn sn um ab rotirte), so sucht der Magnetpol S in dem Leitungselement p einen Strom senkrecht zu der durch den Pol und die Bewegungsrichtung des Leiters bestimmten Ebene, d. h. längs der Linie pc zu erregen. Weil aber der Winkel zwischen ab und pc kleiner als ein Rechter ist, so hat die Inductionskraft eine Componente, welche die Electricität längs ab zu führen strebt. Wenn, wie bei dem Versuche des Hrn. Hoppe, eine grosse Anzahl von Magneten in der Form eines Ringes um ab herum gruppiert worden sind, so wird hierdurch die Induction verstärkt.

Hr. Hoppe behauptet, dass der erste dieser beiden Aussprüche mit dem zweiten in Widerspruch steht, und dass ich folglich durch seine Bemerkungen veranlasst worden bin, meine Theorie zu verändern. Nun gibt er aber zu, dass meine veränderte Theorie mit seinen Experimenten überein-

stimmt. Da nun offenbar keine Abänderung meiner Theorie stattgefunden hat, so muss wohl auch zugegeben werden, dass man mit Hülfe derselben Theorie die Resultate seiner Experimente, welche zur Widerlegung der Theorie dienen sollten, genügend erklären kann. Wenn wir jetzt annehmen, äussert Hr. Hoppe, Hrn. Edlund's jetzige Ansicht sei richtig, wo bleibt dann die Anwendung auf die electricischen Erscheinungen auf der Erde?“ Hierauf kann ich nur antworten: Die Anwendung bleibt so, wie ich sie in meiner Schrift dargelegt habe.

Stockholm, den 4. Januar 1887.

VIII. *Einige Versuche über die electricischen
Erscheinungen in Entladungsröhren;
von A. Heritsch.*

Vor zwei Jahren habe ich einige neue Versuche über Gasentladungen angestellt. Als Veranlassung dazu diente mir folgende Beobachtung. Um die Phosphoreszenz in einer U-förmigen Röhre zu verstärken, habe ich, wie zuerst G. Wiedemann¹⁾, eine Unterbrechungsstelle in den Schliessungskreis, abwechselnd am positiven und negativen Pole der als Electricitätsquelle dienenden Holtz'schen Maschine angebracht, eingefügt. Dabei war im ersten Falle die Phosphoreszenz viel schwächer als im zweiten. Im ersten Falle ist die schwache Phosphoreszenz durch die ganze Röhre verbreitet und zeichnet sich noch dadurch aus, dass die Berührung mit dem Finger auf der der berührten Stelle gegenüberliegenden Seite der Röhre eine Verstärkung des Phosphoreszenzlichtes hervorbringt. Die Prüfung mit dem Electroskop zeigte, dass in diesem Falle die äussere Oberfläche der Röhre stark negativ geladen ist.²⁾ Dieses Verhalten liess mich vermuthen, dass die an der äusseren Oberfläche der Entladungsröhre

1) G. Wiedemann, Pogg. Ann. 158, p. 252. 1876.

2) Vgl. G. Wiedemann, l. c.

Fig. 4.

Fig. 6.

Fig. 3.

Fig. 1.

Fig. 11.

Fig. 2.

Fig. 8.

Fig. 7.

Fig. 9.