ÜBER

EINIGE ARBEITEN

AUF DEM

GEBIETE DER ELEKTRICITÄTSTHEORIE

VON

FRANZ HAUPTMANN.

Aus dem 25. Jahresberichte der steierm. Landes-Oberrealschule in Graz.

IM SELBSTVERLAGE.

DRUCKEREI LEYKAM-JOSEFSTHAL.

I.

1. Bei der physikalischen Betrachtung des Zustandes der Körper pflegt man zwei Theile zu unterscheiden, Statik und Dynamik oder die Lehre von der Ruhe und der Bewegung der Körper. Der Begriff „Ruhezustand“ ist jedoch im Allgemeinen nur ein relativer. Denn sagt man, ein Körper befinde sich in Ruhe, so bezieht sich dies nur auf die im Körper befindlichen ponderablen Theile. Ausser diesen aber muss es, die Erfahrung zwingt uns zu dieser Annahme, in jedem Körper noch andere Theile geben, die nie zur Ruhe kommen.

Nach den Ergebnissen der neueren Forschung sind nämlich die Erscheinungen der Elektricität, des Magnetismus und der Wärme als Bewegungszustände aufzufassen, gerade so wie die des Lichtes. Man war genöthigt, behufs Erklärung derselben das Vorhandensein von gewissen elektrischen, magnetischen und Wärmetheilchen im Innern der ponderablen Materie anzunehmen, welche sich in bestimmten Bewegungszuständen befinden und dadurch zu Trägern beziehungsweise aller elektrischen, magnetischen und Temperatur-Erscheinungen werden. Es ist mit dem Gedanken von der Einheit der Kräfte in der Natur unvereinbar, in jedem Körper mehrere Arten solcher beweglicher Theile anzunehmen, die einzeln je einer besonderen Gruppe von Erscheinungen zur Grundlage dienten. In der That ist seit Meloni's berühmten Versuchen der Beweis erbracht von der Identität des Lichtes und der strahlenden Wärme und Ampère's Theorie führt den Galvanismus und Magnetismus auf einen Urgrund zurück. Und deshalb ist nichts so sehr gerechtfertigt als die Vermuthung, dass auch die in allen ponderablen Körpern enthaltenen beweglichen Theilchen, deren Bewegung Wärme ist, identisch seien mit jenen Theilchen, deren Bewegung Magnetismus und Galvanismus ist.

Die Anhaltspunkte hiefür stehen nicht mehr vereinzelt da und es mögen zunächst einige angeführt, hierauf aber unser Interesse den Versuchen zugewendet werden, welche in jüngster Zeit gemacht wurden, um die oben genannten Gruppen von Erscheinungen auf einen Urgrund zurückzuführen, nämlich der elektrischen Aethertheorie E. Edlund's und M. Weber's neuester Ansicht über Elektricität.

2. **Verwandtschaftliche Beziehungen.** Eine auffallende Uebereinstimmung zwischen der Reflexion der Lichtstrahlen und der Verbreitung und

Zurückwerfung von Elektricitätsstrahlen in leitenden Platten fand Schwedoff[1]) in Odessa, indem er von der Annahme ausgehend, beide Strahlengattungen verbreiten sich nach denselben Gesetzen, zuerst theoretisch das Verhalten der letzteren in unbegrenzten und geradlinig begrenzten leitenden Platten bestimmte und hierauf im Experimente die Bestätigung fand. Die Resultate sind in folgenden Sätzen zusammengefasst:

a) „Befindet sich ein elektrischer Pol in einer sehr dünnen isolirten leitenden Platte so ist die Intensität der Wirkung der von ihm ausgehenden Strahlen der Länge der Strahlen umgekehrt proportional."

b) „Fallen die Strahlen auf einen geradlinigen Rand der Platte, so werden sie zurückgeworfen, so dass der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist."

c) „Fallen die schon einmal reflectirten Strahlen auf einen andern Rand, so werden sie nach demselben Gesetze zurückgeworfen."

d) Die Intensität der ein- oder mehrmals reflectirten Strahlen lässt sich in denselben Einheiten messen wie die Intensität der Strahlen, welche keine Reflexion erlitten. Bei der Reflexion sind also keine Verluste der Intensität zu bemerken."

e) „Das Reflexionsbild eines positiven elektrischen Poles wirkt wie ein positiver Pol. Das Zeichen des Strahls wird also durch die Reflexion nicht geändert."

3. Breitet sich ein galvanischer Strom in einer leitenden Platte aus, welche aus zwei Theilen von verschiedener Leitungsfähigkeit zusammengesetzt ist, so werden die Stromcurven beim Durchgange durch die gemeinschaftliche Grenzfläche auf ähnliche Weise gebrochen, wie die Licht- und Wärmestrahlen beim Uebergange aus einem Medium in ein anderes von ungleicher Dichte.

4. Gerlach in Parchim[2]) weist in einem „Beitrag zur mechanischen Theorie des elektrischen Stromes" eine augenscheinliche Verwandtschaft zwischen den wichtigsten elektrodynamischen Gesetzen und denen des centralen Stosses unelastischer Körper nach. Er findet, dass die im Schliessungskreise wahrnehmbare Wirkung ihrer Quantität nach der Art sei, wie wenn vom Motor ein Stoss auf den Leiter ausgeübt würde und beide sich dabei wie vollkommen unelastische Körper verhielten. Daran knüpft er die Vermuthung von dem wirklichen Vorhandensein einer lebendigen Kraft und einer Acceleration, wobei wegen des Widerstandes die beschleunigte Bewegung sehr bald eine constante werden muss. Eine Vermehrung der Becherzellen scheine die Stösse zu verstärken, während eine Vergrösserung der Platten nur die Schnelligkeit in der Aufeinanderfolge, nicht aber die Intensität der einzelnen Stösse vermehre. (Mithin ein Analogon zu den rothen und violetten Lichtstrahlen.)

---

[1]) Pogg. Ann. Erg. Bd. VI, S. 85.

[2]) „ „ Bd. CXXXI, S. 480.

5. Nach dem Ohm'schen Gesetz für stationäre elektrische Ströme ist die Stromintensität der elektromotorischen Kraft direct, dem Leitungswiderstande verkehrt proportional. Diesem Gesetz entspricht, wie J. Loschmidt[3]) gezeigt hat, jener Satz der Hydrodynamik, nach welchem bei längeren Röhren die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt gehende Flüssigkeitsmenge bestimmt wird. Ferner wies Loschmidt nach, dass die von Kirchhoff aufgestellten, auf das Ohm'sche Gesetz gestützten Endgleichungen für die Elektricitätsbewegung übereinstimmen mit denjenigen hydrodynamischen Gleichungen, welche für das Strömen einer Flüssigkeit durch ein System von Röhren bei nicht stationärer Strömung gelten.

6. Fizeau hat experimentel bewiesen, dass das Licht in einer Flüssigkeit sich schneller oder langsamer fortpflanze, je nachdem die Flüssigkeit sich mit den Lichtstrahlen in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung bewegt.

Derselbe Beweis wurde vor kurzem von E. Edlund[4]) geliefert für galvanische Ströme. Eine längere Glasröhre, durch welche ein Wasserstrom geleitet wurde, war mit drei kurzen Seitenröhren in gleichen Abständen von einander versehen; die mittlere derselben stand in Verbindung mit dem einen Pol einer galvanischen Kette; der andere Pol sowie die beiden äusseren Seitenröhren waren mittelst Leitungsdrähte mit einem Magnetometer verbunden, das zwei Drahtlagen von gleichem Leitungswiderstande und gleich vielen Windungen besass. Der galvanische Strom theilte sich nun, so dass er die beiden Abschnitte der Glasröhre und das Magnetometer gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung durchlief. Stand das Wasser in der Glasröhre still, so blieb das astatische Nadelpaar bei geschlossener Kette in Ruhe; hingegen wurde die Nadel abgelenkt, wenn die Flüssigkeit durch die Röhre strömte. Aus dem Sinne der Ablenkung folgte, „dass der galvanische Leitungswiderstand sich vermindert, wenn der Leiter und der Strom sich in derselben Richtung bewegen, dagegen vergrössert wird, wenn die Richtungen entgegengesetzt sind."

7. Einen weiteren Beleg für den wunderbaren Zusammenhang der Erscheinungen enthält die bekannte Thatsache von der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes unter dem Einflusse eines Magneten oder galvanischen Stromes. Es deutet dies darauf hin, dass Elektricität und Licht sich in ein und demselben Medium fortpflanzen und gab bereits die Veranlassung zum Aufbaue selbstständiger Theorien; worunter als die grossartigste die magnetoelektrische Lichttheorie Maxwell's zu nennen ist, welche auf der Voraussetzung beruht, dass Elektricität und Licht Schwingungen ein und desselben Mediums sind.

---

[3]) Zeitschrift f. Math. u. Phys. v. Schlömilch etc. 1869, S. 344.

[4]) Pogg. Ann. Bd. CLVI, S. 251.

8. Aus den von Maxwell gewonnenen für Licht und Elektricität zugleich giltigen Bewegungsgleichungen zieht Herr Professor Boltzmann[5]) Schlüsse von der weittragendsten Bedeutung. Es muss nämlich, wenn obige Theorie richtig ist, zwischen der Dielektricitätsconstante D und dem Brechungsquotienten i irgend einer Substanz die Relation bestehen:

$$i = \sqrt{D \mu}$$

wo μ den Coëfficient der magnetischen Induction der betreffenden Substanz bedeutet. Da dieser sehr wenig von Eins verschieden sein könne, wenn man den für Luft = 1 setzt; so müsste der Brechungsexponent einfach die Quadratwurzel aus der Dielectricitätsconstante sein. Die experimentelle Prüfung dieser Folgerung ergab eine neue Bestätigung für die Richtigkeit der genannten Theorie. „Nach derselben muss nämlich die Constante anisotroper krystallisirter Körper verschieden ausfallen, je nachdem die elektrischen Kräfte in verschiedenen Richtungen darauf wirken und zwar in einer Weise, welche sich aus den optischen Eigenschaften der Krystalle vorherbestimmen lässt.“

Ein ferneres Resultat, das zugleich erhalten wurde, ist die definitive Entscheidung, dass das Licht senkrecht zur Polarisationsebene schwingt, womit die Fresnel'sche Hypothese gegenüber der Neumann'schen zur Wahrheit geworden ist.

Diese Ergebnisse sind sowohl merkwürdig als auch überraschend; merkwürdig deshalb, weil sie geeignet sind, dieses grosse noch so dunkle Gebiet der weiteren Forschung vollkommen zu öffnen; und überraschend, weil hiedurch die scheinbar fremdartigsten Erscheinungen, wie das Verhalten nicht leitender Körper unter dem Einflusse elektrischer Kräfte und die Schwingungen des polarisirten Lichtes in directe Beziehung gebracht werden und der Kampf der Ansichten über eine lange Zeit unaufgeklärte Erscheinung auf einem ganz ferne liegenden Gebiete zum Abschlusse gelangt.

9. Interessant ist auch die beobachtete und von W. Siemens[6]) bestätigte Eigenschaft des krystallinischen Selens, im beleuchteten Zustande die Elektricität besser zu leiten als im dunkeln. Es gelang, noch eine neue Modification des krystallinischen Selens darzustellen, welche die Elektricität weit besser und metallisch leitet. „Dunkle Wärmestrahlen sind bei demselben ohne directen Einfluss auf die Leitungsfähigkeit, und Erwärmung des Selens vermindert dieselbe. Diffuses Tageslicht verdoppelt schon seine Leitungsfähigkeit und directes Sonnenlicht erhöht sie unter Umständen auf mehr als das Zehnfache.“

10. A de la Rive[7]) und Morren haben gezeigt, dass Gase nicht, wie man

---

[5]) Pogg. Ann. Bd. CLIII, S. 525.
[6]) „ „ „ CLVI, „ 334.
[7]) „ „ „ CXXXI, „ 446.

vorher geglaubt hat, unbedingt schlechte Leiter der Elektricität sind, sondern dass ihre Leitungsfähigkeit von der Verdünnung abhängig sei und zwar gebe es für jedes Gas einen bestimmten Grad von Verdünnung (z. B. 2·5^{mm} Druck für Wasserstoff), bei welchem dessen Leitungswiderstand ein kleinster ist.

Gassiot [8]) hat ferner bewiesen, einmal unter Anwendung des Ruhmkorff-schen Inductionsapparates, das anderemal mit einer Wasserbatterie von mächtiger Spannung, dass eine Fortpflanzung der Elektricität durch das absolute Vacuum nicht stattfindet, sondern dass dieselbe nur durch Vermittlung eines wägbaren, wenn auch feinst vertheilten Mediums zu Stande kommt.

Dem zur Seite stehen die Versuchsresultate von Kundt und Warburg [9]), denen zufolge die Leitungsfähigkeit der Luft für Wärme bei geringen Drucken rasch abnimmt, wenn der Druck weiter vermindert wird, so dass sie in einem guten Vacuum vollständig verschwindet.

11. Zu den Streitfragen der Neuzeit gehört auch die nach der Fortpflanzungsdauer der elektrischen und magnetischen Fernwirkung. Herwig's [10]) Untersuchungen betreffs des Magnetismus ergaben, dass, wenn die erdmagnetische Wirkung überhaupt eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzt, dieselbe mindestens eine halbe Million Meilen beträgt, d. h. dass besagte Wirkung an einem Punkte der Erdoberfläche in weniger als $^1/_{300}$ Sekunde zur vollen Geltung kommt.

Aus allen diesen Thatsachen erhellt eine unverkennbare Gemeinschaftlichkeit vieler für Wärme, Licht und Elektricität giltiger Gesetze.

12. Von anderen bekannten Beziehungen, wie z. B. den Wärme- und Lichtwirkungen des galvanischen Stromes, den chemischen Wirkungen der Wärme, des Stromes und des Lichtes, der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und der Elektricität oder der Erwärmung eines Stahlstabes bei fortgesetzter Ummagnetisirung u. s. w. abgesehen; soll noch eines Ergebnisses gedacht werden, das, wenn bewahrheitet, die Vereinigung der bisher noch getrennten Gruppen von Naturerscheinungen unter einem Gesichtspunkte unmöglich machen kann.

Wenn nämlich die Licht- und Elektricitätserscheinungen auf der Identität des Lichtmediums (Aethers) und des elektrischen Fluidums beruhen sollten, so müssten die Reflexions-, Brechungs-, Interferenz- und Polarisationserscheinungen irgend welche Aenderungen erleiden, falls sie im elektrischen Felde vor sich gehen. Auch die Intensität des reflectirten Lichtes müsste durch Elektrisirung sich ändern. Wild's [11]) hierüber angestellte Versuche ergaben jedoch beständig eine verneinende Antwort. Deshalb hält er es für unstatthaft, die beiden Gruppen von Erscheinungen zu identificiren. Denn

---

[8]) Pogg. Ann., Bd. CXII, S. 156.
[9]) „ „ „ CLVI, „ 177.
[10]) „ „ „ CLIII, „ 250.
[11]) „ „ „ CXXIV, „ 507.

wenn der Lichtäther zugleich Träger der Elektricität wäre, so könnte die Unterscheidung von positiv und negativ elektrisirten Körpern nur in einer ungleichen Dichtigkeit des Aethers ihren Grund haben und die wahrscheinliche Folge wäre die Veränderlichkeit des Reflexionsindex.

II.

13. Was nun unsere Elektricitätstheorien anbetrifft, so sind zwei Kategorien derselben zu unterscheiden, nämlich die dualistische und die unitaren. Die erstere setzt das Vorhandensein zweier elektrischer Fluida voraus und nimmt eine gewisse Polarität der materiellen Theilchen zu Hilfe. Dieselbe behauptete bisher den Vorrang, deshalb, weil sie sich zur Erklärung der Erscheinungen so überaus praktisch erwies. Doch wird deren Richtigkeit aus guten Gründen vielfach angezweifelt. Die unitaren Theorien nehmen nur ein einziges elektrisches Medium an und erklären die Erscheinungen aus den verschiedenen Arten der Vertheilung und Bewegung desselben. Welches ist nun dieses eine Medium? Das ist die gegenwärtig noch offene Cardinalfrage. Sie ist gleichbedeutend zu nennen mit der Frage nach der Beschaffenheit jenes Mediums, auf welchem die Erscheinungen des Lichtes beruhen, des Lichtäthers. Ist dieser wirklich jenes höchst feine, elastische Etwas von absoluter Gewichtslosigkeit; oder ist es nicht vielmehr körperliche Materie, welche in feinst vertheiltem Zustande als Weltstaub[12]) den ganzen Weltraum einnimmt, in das innere der übrigen Materie einzudringen vermag, mit einem gewissen Grade von Beharrungsvermögen versehen ist und nur insofern unter die Imponderabilien gehört, weil noch alle Hilfsmittel zur Messung ihrer Dichtigkeit fehlen?

Wie dem auch sein mag, so viel steht fest, dass ein solches Medium nothwendig existiren muss und wahrscheinlich ist es, dass in diesem einen alle die hypothetischen Fluida aufgehen werden.

Von diesem Gesichtspunkte aus sind die im nachfolgenden in elementarer übersichtlicher Form zusammengestellten Arbeiten E. Edlund's und W. Weber's zu beurtheilen.

E. Edlund's electrische Aethertheorie[13]).

14. Die Grundpfeiler, auf welche Edlund seine Theorie baut, sind:

1. Hydromechanische Principien, darunter vorzugsweise der Archimedische Satz und das Gesetz von der allseits gleichmässigen Fortpflanzung des Druckes in tropfbaren und ausdehnsamen Flüssigkeiten (Art. 5).

---

[12]) Gaea 1875, S. 669.

[13]) Pogg. Ann. Erg., Bd. VI, 1874; Bd. CXLVIII. S. 421.

2. Das Axiom, dass jede elektrische Fernwirkung Zeit gebraucht zu ihrer Aeusserung (Art. 11).
3. Annahmen, den Aether betreffend.

15. Eigenschaften des Aethers.

1. Der Aether ist eine höchst elastische, im ganzen Weltraum, d. i. sowohl im (sogenannten) Vacuum als auch innerhalb der körperlichen Materie verbreitete Substanz.
2. Die Theilchen desselben sind gegen einander äusserst leicht verschiebbar und stossen sich ab im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Abstände.
3. Der Aether wird von den Körpermolekülen angezogen und verdichtet sich um dieselben so lange, bis die Anziehungskraft der Körpermoleküle auf die Aethertheilchen gleich geworden ist der Abstossungskraft der Aethertheilchen untereinander. Der so verdichtete Aether heisst gebunden, zum Unterschiede von dem freien Aether, der ohne Rücksicht auf den gebundenen die Körper durchdringt, als ob sonst kein Aether vorhanden wäre.
4. Demnach befindet sich die Aethermasse im Gleichgewicht, wenn der im Körper befindliche freie Aether dieselbe Dichtigkeit hat wie jener im umgebenden Raume. Daraus folgt nun, dass die Dichtigkeit des freien Aethers in allen materiellen Körpern gleich sein muss.
5. In den sogenannten guten Elektricitätsleitern kann sich der Aether leicht von einem Punkte zum andern verschieben, in materiellen Nichtleitern dagegen wird dessen Beweglichkeit gehemmt und ist abhängig von jener der materiellen Molekule. Ist der Nichtleiter ein Gas oder eine vollkommen liquide Flüssigkeit, so bewegen sich die Aethertheilchen mit denen des Gases oder der Flüssigkeit.

Für den so construirten Aether gelten nothwendig die oben erwähnten hydrostatischen Gesetze. Den Beweis dafür liefern Plücker's, Becquerel's und Faraday's Versuche über das Verhalten von magnetischen und diamagnetischen Körpern in magnetischen Flüssigkeiten [14]).

16. Elektrostatik. a) Ein Aethermolekül befindet sich im Gleichgewicht, wenn es von allen Seiten gleich stark abgestossen wird. Ein vollkommen freier Körper, dessen freier Aether überall gleich stark abgestossen wird, befindet sich gleichfalls in Ruhe. Ist die Abstossung an verschiedenen Seiten verschieden, so muss der Körper der Resultante der Abstossungskräfte folgen.

b) Ein Körper ist unelektrisch, wenn der in ihm befindliche freie Aether gleich dicht ist mit dem der Umgebung; man sagt: der Körper besitze die normale Aethermenge.

---

[14]) S. Wüllner Experimentalphysik. 2. Aufl. IV. Bd. S. 808.

Ein Körper ist $\frac{\text{positiv}}{\text{negativ}}$ elektrisch, wenn er $\frac{\text{mehr}}{\text{weniger}}$ Aether $\left(\frac{\text{Ueberschuss}}{\text{Unterschuss}}\right)$ enthält als im normalen Zustande.

c) Die $\frac{\text{Abstossung}}{\text{Anziehung}}$ zweier $\frac{\text{gleichnamig}}{\text{ungleichnamig}}$ elektrisirter Körper $= \frac{-}{+} \frac{e\,e'}{r^2}$ worin e und e' den Ueberschuss oder Unterschuss der beiden Körper und r ihren Abstand bedeutet. (Coulomb'sches Gesetz; Anwendung siehe Art. 17 d.)

17. Erklärung der elektrischen Influenz. a) Ein positiv elektrischer Körper A wirke auf einen unelektrischen Körper B. Der Aetherüberschuss in A wird den Aether in B stärker abstossen als der umgebende Aether und zwar auf der *A* zugewandten Seite stärker als auf der entgegengesetzten. Die Folge ist eine Anhäufung des Aethers auf der abgewandten und ein Unterschuss auf der zugewandten Seite. Offenbar muss der Ueberschuss, absolut genommen, dem Unterschuss stets gleich sein.

b) Ist A negativ elektrisch, so wird jedes Aethermolekül in B von dem umgebenden Medium stärker abgestossen als von A, u. z. nach der Seite gegen A hin stärker als nach der entgegengesetzten. Daher ein Ueberschuss auf der ersteren, ein Unterschuss auf der letzteren Seite.

c) Sind beide Körper positiv elektrisch, also mit Aetherüberschüssen behaftet, so ist die gegenseitige Abstossung der letzteren grösser als die entgegengesetzt gerichteten Repulsivkräfte des umgebenden Mediums und die Folge ist — gegenseitige Abstossung.

d) Haben beide Körper einen Unterschuss an Aether und seien *a* und b die normalen Aethermengen von A und B, *e* und *e'* deren Unterschüsse, so ist die absolute Aethermenge in A = a — e, in B = b — e'. Und dann ist die directe Abstossung dieser zwei Aethermengen

(s. 15. Eigensch. 2 u. 16 c.) . . . . . $= -\frac{(a-e)(b-e')}{r^2} = p_1$

Wirkung des ganzen umgebenden Mediums mit Ausnahme des Aethers in A auf den Aether in B . . . . . $= +\frac{a\,(b-e')}{r^2} = p_2$

Wirkung des Aethers von A auf den Aether, welcher, wenn man B entfernte, sich in dem von B eingenommenen Raum befände $= -\frac{(a-e)\,b}{r^2} = p_3$

Wirkung des ganzen umgebenden Mittels mit Ausnahme des von A eingenommenen Raumes auf den Aether, welcher, im Falle man B entfernte, sich in dem Raum befände, den B zuletzt einnimmt . . . . . $= +\frac{a\,b}{r^2} = p_4$

Bildet man nun, entsprechend dem Archimedischen Princip, die algebraische Summe: $p_1 + p_2 - (p_3 + p_4)$, so erhält man die Gesammt-

wirkung zwischen A und B . . . . . $= - \frac{e\,e'}{r^2}$

also wieder eine Abstossung.

e) Genau auf dieselbe Art erhält man durch Anwendung des Archimedischen Princips die Wirkung zweier ungleichnamig elektrischer Körper aufeinander $= + \frac{e\,e'}{r^2}$; ein Ausdruck, welcher Anziehung bedeutet.

Die Fälle a) und b) erklären die bekannte vertheilende Wirkung eines elektrischen Körpers auf einen unelektrischen.

Aus c) d) und e) folgt der Satz: $\frac{\text{Gleichnamige}}{\text{Ungleichnamige}}$ Elektricitäten $\frac{\text{stossen}}{\text{ziehen}}$ einander $\frac{\text{ab}}{\text{an}}$.

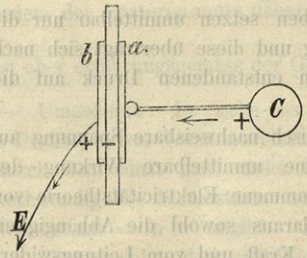
18. Beweis, dass der Ueberschuss oder Unterschuss an Aether sich an die Oberfläche des Körpers begeben muss.

α) Im Falle des Ueberschusses: Die normale Aethermenge a des Körpers steht mit dem Aether der Umgebung im Gleichgewicht, also verhält sich der Ueberschuss e so, als ob er allein da wäre. Die Moleküle desselben müssen sich daher zu folge ihrer gegenseitigen Abstossung an die Körperoberfläche begeben.

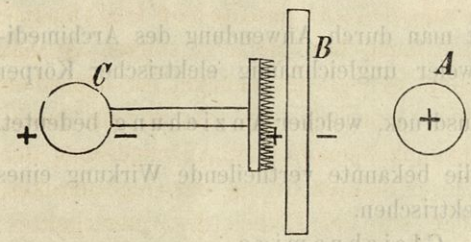
β) Im Falle des Unterschusses überwiegt die Abstossung des umgebenden Aethers über die entgegengesetzt gerichtete Abstossung des eingeschlossenen Aethers und drängt diesen in das Innere des Körpers, bis daselbst die normale Verdichtung hergestellt ist. An der Oberfläche muss daher umsomehr ein Mangel an Aether (Unterschuss) entstehen.

19. Es ist nun leicht, die dualistische Erklärungsweise der einzelnen Erscheinungen in die neue zu übertragen; z. B.:

a) Die Franklin'sche Tafel. Verbindet man die Belegung *a* mit einem Körper, der einen Ueberschuss an Aether enthält, etwa mit dem positiven Conductor *C* einer Elektrisirmaschine, so breitet sich dieser Ueberschuss (zufolge der molekularen Abstossung des Aethers) auch auf *a* aus und stosst die normale, aber isolirte Aethermenge der Belegung *b* ab; folglich entsteht auf *b* auf der der Glasplatte zugewandten Seite ein Unterschuss, auf der abgewandten ein Ueberschuss an Aether. Verbindet man die zweite Belegung leitend mit der Erde, so wird der Ueberschuss von *b* abfliessen und der Unterschuss desto grösser werden, je stärker die von *a* her wirkende Abstossung wird. Ist die Abstossung auf *a* jener auf dem Conductor C gleich geworden, so ist die Tafel geladen.



b) Doppelinfluenz. A und C seien zwei isolirte Leiter; letzterer trage der Glasplatte B gegenüber die bekannte Spitzenvorrichtung. Ertheilt man A einen Aetherüberschuss, so wirkt dieser auf B und C vertheilend und beide erhalten auf der Seite gegen A einen Unterschuss, auf der anderen Seite einen Ueberschuss. Der Unterschuss von C nun gleicht sich durch die Spitzenwirkung mit dem Ueberschuss von B nicht nur aus, sondern überwiegt denselben in Folge der vollkommeneren Vertheilung in dem guten Leiter C; so dass also B auf beiden Seiten mit einem Unterschuss behaftet, d. h. negativ elektrisch erscheint. Leitet man den Ueberschuss von C zur Erde ab, so bleibt B auf beiden Seiten negativ elektrisch, auch wenn die Influenz von A aus aufhört. Die Elektricität der Scheibe rührt mithin von der Influenz des Leiters A und von dem influenzirten Körper C her und wird desshalb von Riess eine Folge der Doppelinfluenz genannt.



20. Galvanismus. a) Der galvanische Strom besteht nach Edlund in der fortschreitenden Bewegung des freien Aethers nach der Länge des galvanischen Leiters.

b) Die Stromintensität ist das Product der Dichtigkeit des bewegten Aethers in seine Geschwindigkeit (d. i. Bewegungsgeschwindigkeit), also proportional der die Kette in der Zeiteinheit durchlaufenden Aethermenge. Ist q der Querschnitt des Leiters, δ die Aethermasse in der Volumseinheit und v deren Geschwindigkeit, so ist die Stromstärke $i = q\,\delta\,v$.

c) Die elektromotorischen Kräfte bewirken, wie continuirliche Kräfte überhaupt, stets eine Beschleunigung. Sie erzeugen keinen Aether, sondern verwandeln bloss dessen oscillatorische [15]) Bewegung in eine translatorische. Folglich muss an dem Orte ihrer Thätigkeit Wärme verschwinden. (Beweis dafür Peltier's Phänomene.) Dieselben setzen unmittelbar nur die nächst liegenden Aetherschichten in Bewegung und diese überträgt sich nach hydrodynamischen Gesetzen erst durch den entstandenen Druck auf die übrige Aethermasse.

Nach dieser Theorie ist die elektroskopisch nachweisbare Spannung auf der Oberfläche des Leiters (Art. 25) eine unmittelbare Wirkung des Stromes selbst, während die bis jetzt angenommene Elektricitätstheorie von dieser Oberflächenspannung ausgeht und „daraus sowohl die Abhängigkeit der Stromstärke von der electromotorischen Kraft und vom Leitungswider-

[15]) Ueber den weiteren Charakter derselben spricht sich Edlund nur insofern aus, als er die Existenz von molekularen Aetherströmen für möglich hält (s. unten 28).

stande (Ohm'sches Gesetz), wie auch das Gesetz für die Wärmeentwicklung des Stroms zu deduciren sucht."

21. Um nun consequent die Erklärung des galvanischen Leitungswiderstandes[16]) ebenfalls auf hydrodynamische Gesetze zu stützen; so hat man, insoferne die Elektricität ein äusserst bewegliches Fluidum ist, denselben als Gegendruck aufzufassen, welcher innerhalb des vom Strome durchflossenen Leiters die elektrische Bewegung hemmt. Die Verminderung der Bewegung hängt daher nicht ab von der absoluten Grösse des Gegendruckes, sondern nur von der Grösse desselben auf der Einheit des Querschnittes.

Analogon: Das Strömen einer Flüssigkeit durch eine Röhre, deren eine Hälfte den Querschnitt 1, die andere den Querschnitt n habe, bei durchwegs gleicher Stromstärke (darunter die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt gehende Flüssigkeitsmenge verstanden). Um die Strömung in beiden Theilen um gleich viel zu verzögern, muss der Gegendruck auf die Querschnittseinheit überall gleich gross sein; in dem engeren Theile muss daher die Geschwindigkeit das n-fache von jener im weiteren Theile werden.

Als Ursache des Gegendruckes in galvanischen Leitern deutet Edlund die Reibung an, welche die Aethertheilchen beim Durchdrängen zwischen den materiellen Molekülen erfahren. Dass der Widerstand durch die physische und chemische Beschaffenheit der Leiter bedingt wird, ist selbstverständlich; dass er dem Querschnitt des Leiters umgekehrt proportional ist, lehrt die Erfahrung.

Im übrigen ist nach der bisher allgemein giltigen Anschauung der Leitungswiderstand von der Stromstärke unabhängig. Dem entgegen liefert die neue Theorie ein ganz widersprechendes Resultat. Man erhält dieses durch folgende einfache Betrachtung:

Durch einen Leitungsdraht vom Widerstande w gehe ein Strom von der Intensität i; derselbe trete dann, sich theilend, in n neben einander liegende Drähte über von derselben Substanz und ganz gleichen Dimensionen. In jedem der letzteren muss daher nothwendig die Stromstärke $\frac{i}{n}$ betragen. Nun ist aber erfahrungsgemäss der Gesammtwiderstand in diesen n Drähten $= \frac{w}{n}$. — Umgekehrt: Es gehe ein Strom von der Stärke i' durch jeden der n Drähte, deren Gesammtwiderstand $= w'$ sei, und alle fliessen dann vereint durch den sonst ganz gleich beschaffenen Einzeldraht; so muss in diesem nothwendig die Stromstärke auf $n\,i'$ wachsen, während die Erfahrung den Widerstand $= n\,w'$ angibt.

Daraus folgt, dass der Widerstand mit der Stromstärke gleichmässig zu und abnimmt oder mit anderen Worten: Der galvanische Leitungswiderstand ist der Stromstärke proportional — ein Resultat,

[16]) Pogg. Ann. Bd. CXLVIII. S. 421.

welches eben dadurch erhalten wird, dass man den Leitungswiderstand als hydrodynamischen Gegendruck auffasst.

22. Die Richtigkeit dieses Resultats begründet ferner Edlund auf folgende Art:

a) Wäre der Widerstand wirklich unabhängig von der Stromstärke, so wären zwei Fälle zu unterscheiden, nämlich: die Verzögerung der Strömung durch den Leitungswiderstand ist 1. entweder gleich gross oder grösser; oder 2. kleiner als die durch die electromotorische Kraft verursachte Beschleunigung. Im ersten Falle nun könnte kein Strom entstehen; im zweiten Falle aber wäre der constante Strom unmöglich.

b) „Ein galvanischer Strom theilt sich zwischen zwei Leitern im umgekehrten Verhältniss ihrer Widerstände. Wenn nun der Widerstand wirklich constant und in dem einen Leiter grösser, in dem andern geringer wäre als die beschleunigende Kraft, so müsste der Strom ausschliesslich den letzteren durchfliessen.“

c) Dass die wahre Beschaffenheit des Leitungswiderstandes bei dessen experimenteller Bestimmung nicht erkannt werden konnte, kommt daher, weil in allen hiezu angewandten Methoden nur Widerstände bei der gleichen Stromstärke 1 mit einander verglichen werden.

23. Der Ausdruck für den Leitungswiderstand w heisst daher:

$$w = k \frac{i}{q}$$

worin q den Querschnitt des Leiters, i die Stromstärke und k eine leicht zu deutende Constante bezeichnet.

Bei der Stromstärke 1 ist somit der Widerstand $w_0 = \frac{k}{q}$ (das ist aber jene Grösse, welche bisher als Leitungswiderstand angesehen wurde [Art. 22 c]) und es folgt

$$w = w_0 \, i.$$

Auf Grund dessen lässt sich das Ohm'sche Gesetz für den Fall des constanten Stroms elementar also ableiten: Sei e die elektromotorische Kraft und m die ganze bewegte Aethermenge, so ist die erzeugte Beschleunigung $= \frac{e}{m}$; die Beschleunigung von Seite des Widerstandes $= -\frac{w_0 i}{m}$. Beim constanten Strom muss aber die Summe der Beschleunigungen gleich Null sein, also

$$\frac{e}{m} - \frac{w_0 i}{m} = o \text{ oder } i = \frac{e}{w_0}.$$

Ebenso lassen sich, wie Edlund gezeigt, die wichtigsten anderen Gesetze, z. B. die Kirchhoff'schen Sätze über Stromverzweigung, das Joule'sche Erwärmungsgesetz, nach welchem die im Schliessungskreise erzeugte Wärmemenge dem Quadrate der Stromstärke, dem Leitungswiderstande und der

Zeit direct proportional ist u. s. w. mit der vorliegenden Theorie vollkommen in Einklang bringen.

24. Galvanische Induction. Im Punkte *a* nahe bei *m* werde der Aether aus irgend einer Ursache comprimirt; dann muss ein Aethertheilchen in *m* sich von *a* entfernen, denn es wird von *a* her stärker abgestossen, als von allen übrigen Seiten. Dasselbe geschieht mit allen Aethertheilchen m im Wirkungskreise des comprimirten Aethers. Folglich entsteht im Aether um *a* herum eine Verdünnung. „Die Aethermasse, die sich in grösserer Entfernung von a befindet und deren Dichtigkeit desshalb keine merkliche Abänderung erfahren hat," sucht sich nun gegen den verdünnten Raum zu bewegen. Bei einem gewissen Grade der Verdünnung treten daher die Moleküle in einen neuen Gleichgewichtszustand, „in welchem sie so lange verbleiben, als die Dichtigkeit in *a* zunimmt." Wenn nun diese Zunahme plötzlich aufhört, so nehmen die Moleküle ringsum ihr ursprüngliches Gleichgewicht wieder an und durchlaufen in umgekehrter Richtung denselben Weg wie bei der Dichtigkeitszunahme.

Ganz analoges muss eine Verdünnung der Aethers in *a* bewirken, nur geschehen alle Bewegungen in umgekehrter Richtung. Natürlich hängt die Veränderung des Gleichgewichtszustandes eines Moleküls nicht allein ab von der Veränderung der auf dasselbe ausgeübten Abstossung, sondern auch von der Leichtigkeit, mit welcher es sich bewegt, d. i. vom Leitungswiderstande.

Dasselbe muss geschehen, wenn — ohne merkliche Verdichtung oder Verdünnung des Aethers in a — die Abstossung desselben eine Aenderung erfährt. Eine solche Modification der Abstossung wird aber bewirkt, wenn der Aether von *a* in fortschreitende Bewegung versetzt wird. Und darin besteht nach Edlund das Wesen der galvanischen Induction.

„Wenn ein galvanischer Strom in der Nähe einer geschlossenen Kette anfängt, werden die Gleichgewichtslagen der Aethermoleküle nicht bloss in der Kette, sondern auch in dem umgebenden isolierenden Mittel verändert und der Inductionsstrom ist nichts anderes, als der Uebergang der Moleküle aus der ersten Gleichgewichtslage in die zweite." Der neue Gleichgewichtszustand hängt nun ab 1. von der directen Wirkung des inducierenden Stroms, 2. von der Veränderung des Gleichgewichtszustandes im Aether des umgebenden und isolierenden Mittels. „Sobald der inducierende Strom aufhört, kehren die Aethermoleküle in ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage zurück und man hat dem zufolge in der geschlossenen Kette einen Inductionsstrom von gleicher Intensität, aber von entgegengesetzter Richtung, wie im ersten Fall."

„Nähert man einen inducierenden Strom einer geschlossenen Kette oder entfernt ihn von ihr, so ist der Effect offenbar derselbe, wie wenn der Strom in einer ruhenden Kette anfängt oder aufhört."

Nachdem Edlund auf so einfache und zugleich sinnreiche Weise die

Induction erklärt hat, geht er an die theoretische Ableitung des Inductionsgesetzes zwischen zwei Stromelementen. Er macht hier Gebrauch von dem obenerwähnten Axiom (Art. 14.) und zeigt, dass die Abstossung zweier in Bewegung befindlicher Aethermoleküle nicht nur von ihrem Abstande, sondern auch von ihrer relativen Geschwindigkeit und der Beschleunigung dieser Geschwindigkeit abhängig sein muss. Doch ist es noch nicht möglich, die Form dieser Function theoretisch festzustellen und muss daher Ampere's empirische Formel zu Rathe gezogen werden [17]).

25. Lagerung von freier Elektricität auf dem Schliessungsdraht zwischen den beiden Polen einer Kette. Bei Entstehung eines galvanischen Stroms wird nach dem früheren in einem benachbarten Leiterkreise ein Strom induciert. Aus ganz gleichen Ursachen müssen aber auch die Moleküle eines benachbarten Nichtleiters neue Gleichgewichtslagen annehmen; doch hindert die zu geringe Leitungsfähigkeit die Entstehung eines eigentlichen Inductionsstroms. Da nun das Inductionsgesetz zwischen zwei Elementen dasselbe sein muss, ob die Elemente verschiedenen Leiterkreisen oder ein und demselben angehören, so muss der Strom in der Kreisleitung, durch die er selber geht, dasselbe bewirken, wie in einem benachbarten Nichtleiter, muss also „einen ihm in Richtung entgegengesetzten Strom zu erzeugen“ suchen. Dieser wird durch die electromotorische Kraft der Kette zwar bald gehemmt, hat aber eine Anhäufung des Aethers am positiven Pol, also auch einen gleich grossen Unterschuss am negativen Pole zur Folge. Die algebraische Differenz zwischen Ueberschuss und Unterschuss muss (auch nach dieser Theorie) der Stromstärke proportional sein.

26. Chemische Erscheinungen und andere verwandte. Nach der jetzt verbreitetsten Ansicht sind die electrolytischen Flüssigkeiten als chemische Verbindungen von einem electropositiven und einem electronegativen Bestandtheile anzusehen. Nach vorstehender Theorie sind erstere mit Aetherüberschuss, letztere mit Aetherunterschuss behaftet zu denken.

Die inducierende Kraft, welche im eigenen Leiterkreise den freien Aether entgegengesetzt der Stromrichtung zu bewegen vermag, muss die elektropositiven Moleküle mit grösserer Kraft gegen den positiven Pol zu führen trachten, als die elektronegativen. Letztere müssen daher nach dem Archimedischen Princip den negativen Pol zu erreichen suchen. Ist nun die inducierende Kraft grösser als die chemische Affinität zwischen den beiden Arten von Molekülen, so muss wirklich eine Trennung derselben platzgreifen und man wird die $\left\{\frac{\text{elektropositiven}}{\text{elektronegativen}}\right\}$ Moleküle am $\frac{\text{positiven}}{\text{negativen}}$ Pol im Ueberschuss erhalten.

---

[17]) S. diesbezüglich die Originalabhandlung Pogg. Ann. Erg. Bd. VI, S. 256.

Hiermit ist auch die mechanische Ueberführung der Moleküle des vom Strome durchflossenen Leiters erklärlich. Ein inniger Zusammenhang der Aethermoleküle mit den materiellen Theilchen wirkt auf letztere wie eine im Sinne des Stroms bewegende Kraft; die durch den Strom geweckte Inductionskraft wirkt in der Richtung gegen den Strom. Demnach ist die Bewegung der Massentheilchen in beiden Richtungen möglich. Thatsächlich erfolgt sie in der Richtung der grösseren Kraft.

Hieher gehört die Ueberführung [18]) von Flüssigkeiten vom positiven zum negativen Pol (also in der Richtung des Stroms), ferner das Wandern von Kohlentheilchen im electrischen Flammenbogen (gleichfalls in der Stromrichtung.) — Dass aber in letzterem Falle eine geringe Menge Kohlentheilchen auch vom negativen Pol losgerissen und zum positiven geführt wird, — ist nach Edlund der Wirkung der Inductionskraft zuzuschreiben.

27. Drehung der Polarisationsebene. „Der Aether eines durchsichtigen Körpers, den der galvanische Strom umringt, kann unter der Wirkung dieses Stroms sich nicht im normalen Zustande befinden. Die Aethermoleküle verändern ihre Gleichgewichtslagen und überdiess stellen sich molekülare Aetherströme ein, oder wenn sie schon existirten, nehmen sie unter Einfluss des galvanischen Stroms eine bestimmte Richtung an.“

28. Diese Erklärung führt uns auf eine neue Eigenschaft, die dem Aether zugeschrieben werden muss, nämlich die Fähigkeit Molekülarströme zu bilden, wie solche bereits von Ampère in analoger Weise für den Magnetismus vorausgesetzt wurden. Es enthält dieser Zusatz zwar keinen Widerspruch mit den oben (Art. 15) vorausgesetzten Eigenthümlichkeiten des Aethers, verdient aber desshalb betont zu werden, weil er von Edlund zur Begründung der letztgenannten Erscheinung zu Hilfe genommen wurde.

Hiermit wurden die Grundzüge der neuen Aethertheorie auseinandergesetzt. Ein Rückblick auf dieselbe führt zur Ueberzeugung, dass dieselbe unter allen bis dahin bekannten Theorien wol die grösste Einfachheit besitzt und mit den mechanischen Principien der Physik auf die natürlichste Art in Verbindung gebracht ist. Wenn nun auch sonst nichts massgebend wäre, als dieser Umstand, so dürfte gleichwohl die Berücksichtigung dieses zeitgemässen Themas gerechtfertigt sein.

29. Von wesentlichen Bedenken gegen Edlund's Theorie wurden, soviel bekannt, bis jetzt folgende erhoben:

1. Wenn der galvanische Strom wirklich in einer translatorischen Bewegung des Lichtäthers bestünde, so müsste die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in einem vom Strom durchflossenen, durchsichtigen Leiter grösser oder kleiner werden, je nachdem der Strom mit der Lichtwelle gleich- oder entgegengesetzt gerichtet ist. (Art. 12).

[18]) Welche nach Wiedemann der Stromstärke proportional ist und mit dem Leitungswiderstande der Flüssigkeit zunimmt (s. Müller-Ponillet 7. Aufl. Bd. II. S. 333).

Um sich hierüber Aufschluss zu verschaffen, liess Roiti [19]) durch ein Kästchen mit zwei Zellen, die mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Zink gefüllt waren, ein Lichtbündel und zugleich den galvanischen Strom so hindurchgehen, dass er die beiden Zellen in entgegengesetzter Richtung durchlief. Die Lichtstrahlen interferirten nach dem Austritte aus den Zellen und wäre die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes vom galvanischen Strom beeinflusst worden, so hätte dies durch eine Verschiebung der Interferenzfransen wahrgenommen werden müssen. Dies war bei Roiti's Versuch keineswegs der Fall; folglich schloss er, dass wenn der elektrische Strom ein Aetherstrom ist, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit desselben kleiner als 200^m per Secunde sein muss. Und doch bewegt sich in demselben Aether das Licht mit einer Geschwindigkeit von 42000 Meilen.

2. Wiedemann [20]) erklärt es für zweifelhaft, ob man dem Aether bei seiner verschwindend kleinen Masse die Fähigkeit zuschreiben dürfe, durch eine Aenderung seiner Dichtigkeit so bedeutende Abstossungsänderungen in weite Ferne zu bewirken, wie sie gewisse elektrische Erscheinungen erfordern.
3. Herwig [21]) macht den Einwurf, Edlund habe in der Ableitung der elektrodynamischen Gesetze für die Bewegungsgeschwindigkeit der Aethermasse die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Veränderungen längs eines Drahtes eingesetzt. Diess sei nicht statthaft; denn sonst müsste, weil die Bewegungsgeschwindigkeit constant und von der Stromstärke unabhängig ist, letztere als das Product aus zwei von ihr unabhängigen Grössen definiert werden. Endlich macht
4. Paumgartner [22]) auf die bekannte Thatsache aufmerksam, dass das Vacuum die Elektricität gar nicht leite (Art. 10); während doch freier Aether in demselben vorhanden und der Leitungswiderstand von Seiten der Luft ein Minimum sein müsse.

30. Was nun Roiti's Versuch anbelangt, so hebt Edlund [23]) den Unterschied zwischen Bewegungs- und Fortpflanzungsgeschwindigkeit hervor (wovon letztere bloss abhängig sei von der Elasticität und Dichtigkeit des Aethers, aber unabhängig von der ersteren) und constatirt, dass in erwähntem Versuch die Geschwindigkeit, mit welcher der Aether in der Leitbahn fortschreitet, ganz gut bloss 100^m gewesen sein könne, aber dennoch die Fortpflanzung des Bewegungszustandes sich auf Million Meter in der

---

[19]) Pogg. Ann. CL, S. 164.
[20]) Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus 2. Aufl., 2. Bd., 2. Abth. S. 630.
[21]) Pogg. Ann. Bd. CL, S. 623.
[22]) „ „ „ CLIV, S. 305.
[23]) „ „ „ CLI, S. 133.

Secunde erstrecken müsse. Da ferner der Strom die angewandte Flüssigkeit zersetzen müsse und hiebei der Aether wahrscheinlich eine Rolle spiele, ausserdem noch die quantitative Theilung des Stroms zwischen dem gelösten Salz und dem Lösungsmittel unbekannt sei; so könne auf das betreffende Versuchsresultat kein zu grosses Gewicht gelegt werden.

Auf den zweiten Einwurf bezieht sich folgende Rechnung Edlund's [24]):

Nimmt man die in einem Blitzschlage entladene Aethermasse zu $0{\cdot}001^{mg}$ und die Geschwindigkeit des Aethers = 10 Millionen Meter, so ist die entwickelte lebendige Kraft = 50000 Kilogrammeter. Die grossen mechanischen Wirkungen der Elektricität erklären sich durch die Annahme, dass der Aether bisweilen eine so grosse Geschwindigkeit erreichen könne. Diese Annahme ist um so mehr berechtigt, weil die grosse Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes nnr dadurch erklärt werden kann. Daraus folgt auch, dass der Aether bei nicht unbedeutender Dichtigkeit eine grosse Elasticität besitzen muss.

Was für ein Bewandtniss es mit den beiden andern Bedenken habe, welche für diese Theorie allerdings von fundamentaler Bedeutung sind, wird die Zukunft lehren. Uebrigens darf nicht verschwiegen werden, dass Edlund seitdem durch das im Art. 6 angeführte Experiment eine neue Stütze für die Richtigkeit seiner Theorie beigebracht hat.

W. Weber's Theorie.

31. Es dürfte nicht ohne Interesse sein, neben der soeben auseinandergesetzten Theorie auch die Meinung eines anderen Gelehrten über denselben Gegenstand zu vernehmen. Dieselbe ist niedergelegt in der Abhandlung „Ueber die Bewegung der Elektricität in Körpern von molekülarer Constitution" von Wilh. Weber [25]). Wir finden jedoch hier keine vollständig entwickelte Theorie, sondern vielmehr den Hinweis auf die Möglichkeit eines bisher noch zu wenig berücksichtigten Sachverhalts. Den Ausgangspunkt bildet die bereits (Art. 1) ausgesprochene Vermuthung, dass in allen materiellen Körpern die Erscheinungen der Elektricität, des Magnetismus und der Wärme auf der Bewegung derselben Theilchen beruhen. Wilh. Weber legt die Elektricitätstheilchen allen diesen Erscheinungen zu Grunde und erhält zunächst eine Bestätigung für seine Vermuthung in Folgendem:

32. Aus dem Erwärmungsgesetz des galvanischen Stroms ergibt sich, dass das mechanische Aequivalent der vom Strome im Leiter erzeugten Wärme gleich ist der sogenannten Stromarbeit (Summe der Producte aus Kraft und Weg bezüglich jedes strömenden Elektricitätstheilchens). Wirkte nun ausser der elektromotorischen Kraft keine andere auf die strömende Elek-

[24]) Pogg. Ann. Bd. CLIII. S. 614.
[25]) „ „ „ CLVI S.

tricität, so müsste die lebendige Kraft der letzteren mit der Zeit zunehmen; die Grösse dieser Zunahme wäre gleich der Grösse der Stromarbeit und daraus würde nothwendig ein Wachsen der Strömungsgeschwindigkeit folgen. Bestände daher der galvanische Strom nur in einer fortschreitenden Bewegung der Elektricitätstheilchen, so müsste die Stromintensität ohne Ende wachsen. Dem widerspricht die Existenz des constanten Stroms, der nach dem Ohm'schen Gesetz durch eine constante elektromotorische Kraft bedingt wird [26]).

Dieser Widerspruch ist dadurch lösbar, dass man annimmt, die Elektricität befinde sich nicht immer in fortschreitender, sondern zeitweise auch in einer anderen Bewegung. Besteht nun letztere in den sogenannten Molekülarströmen, auf denen alle magnetischen Erscheinungen beruhen und die eine so grosse Elektricitätsmenge absorbieren, so muss die Geschwindigkeit jedes elektrischen Theilchens beim Uebergange von einem Molekülarstrom zum nächstfolgenden (wegen der Beschleunigung von Seite der elektromotorischen Kraft) zwar wachsen, allein der Zuwachs an lebendiger Kraft muss sofort an diesen nächsten Molekülarstrom abgegeben werden. — Diese Zunahme an lebendiger Kraft bei constantem Strom ist aber nichts anderes als die vom Strome im Leiter erzeugte Wärme selbst. Daher sei wahrscheinlich Wärme und Elektricität identisch.

33. Auf Grund dessen könne man sich von dem Wesen der Elektricität folgende Vorstellung machen:

Innerhalb aller ponderablen Materie gibt es noch andere bewegliche Theilchen; von diesen wird ein Theil von den materiellen Molekülen angezogen und festgehalten; der andere Theil bleibt frei beweglich. Ersterer macht die negative, letzterer die positive Elektricität aus. Die positiven Elektricitätstheilchen sind nie in Ruhe, sondern bewegen sich in geschlossenen (Kreis-) Bahnen um die an ponderablen Massen haftenden negativ elektrischen Theilchen. Sie erzeugen dadurch die elektrischen Molekülarströme.

Unter dem Einflusse irgend einer elektrischen Kraft nun wird die Bewegung innerhalb der Molekülarströme eine intensivere; jedes Theilchen erweitert allmälig seine Bahn und gelangt so an den Umfang seiner Molekülarsphäre; von hier endlich geht es im Sinne der wirkenden Kraft über in den Bereich des benachbarten Molekülarstromes, wo indessen aus gleichem Grunde ein vorher dort befindliches Theilchen Platz gemacht hat, wiederholt daselbst denselben Vorgang u. s. w. Die Folge ist, je nachdem dieser Process in einem isolirten Conductor oder in einem geschlossenen Leiterkreise vor sich geht, a) entweder eine blosse Vertheilung der Elektricität, oder b) die Entstehung eines galvanischen Stromes.

34. Ad a) Vertheilung der Elektricität in Conductoren. Die Bewegung jedes elektrischen Theilchens ist jedenfalls bedingt durch die

[26]) Was dann, wenn wirklich der Leitungswiderstand der Stromstärke proportional wäre? Dann gäbe es ohnehin kein stetiges Wachsen der Geschwindigkeit.

Resultante der in jedem Punkte auf dasselbe wirkenden Kräfte. Deshalb ändert sich dieser Vorgang unter Umständen an der Grenzfläche zwischen Conductor und Isolator oder was dasselbe ist, an der Oberfläche des Conductors. Man denke sich im Innern des Körpers, sehr nahe der Oberfläche, ein elektrisches Theilchen, welches bei der angegebenen Bewegung in das Stadium getreten sei, wo es zum Nachbarmolekül übergehen sollte. Die Resultante aller in diesem Momente auf dasselbe wirkenden Kräfte ist nun α) entweder gleich Null oder parallel zur Oberfläche; β) oder sie ist nach aussen, δ) oder nach innen gerichtet.

Im ersten Falle bewegt sich das Theilchen unter der Oberfläche zum nächsten Körpermolekül. Im zweiten Falle tritt es an die Oberfläche des Conductors und wird dort von den benachbarten Isolatormolekülen festgehalten, — also häuft sich freie positive Elektricität an der Oberfläche an. Im dritten Falle endlich werden die elektrischen Theilchen nach innen getrieben; die Menge der positiven Elektricität zunächst der Oberfläche wird verringert, „während die Menge der an der ponderablen Masse haftenden negativ elektrischen Theilchen, um die sich jene drehen, unverändert bleibt". Da ein Mangel an positiver Elektricität äquivalent ist einem Ueberschusse an negativer Elektricität, so erklären die letzteren zwei Fälle das zuerst von Poisson ausgesprochene Vertheilungsgesetz.

35. ad b) Bewegung der Elektricität in Conductoren. Rein elektrische Strombewegungen finden nur in metallischen Leitern statt (in nicht metallischen nehmen ponderable Moleküle an der Strömung Theil, Elektrolyse). Der galvanische Strom besteht aus lauter Stromelementen, welche die positive Elektricität bei einer rotirend fortschreitenden (d. i. Schrauben-) Bewegung bildet. In fortschreitender Bewegung befindet sich ein Theilchen nur auf dem Wege von einem Leitermolekül zum nächsten. Daselbst angelangt, vermischt es sich mit der hier vorhandenen Elektricität, die sich um dieses Molekul bewegt und geht so in Rotationsbewegung über. Statt seiner geht irgend ein anderes Theilchen von hier in Strombewegung über und bildet ein zweites Stromelement u. s. w. Nach dieser Ansicht ergibt sich eine Abweichung vom Ohm'schen Gesetz, nämlich dass die Stromstärke der elektromotorischen Kraft nicht immer proportional ist, sondern sich nur beim Wachsen einer bestimmten nicht überschreitbaren Grenze nähert.

36. Unter solchen Umständen ist es klar, dass in metallischen Leitern der Uebergang elektrischer Theilchen von Rotationsbewegung zu Strombewegung und umgekehrt eine besondere Rolle spielen müsse. Dadurch kommt man aber auf den Zusammenhang zwischen Elektricitäts- und Wärmeleitung. Denn wenn Elektricität und Wärme auf der Bewegung derselben Theilchen beruhen, so muss sowohl Wärmeleitung wie Stromleitung (in metallischen Conductoren) in dem Uebergange aus einem der genannten Bewegungszustände in den andern bestehen. Dann aber frägt es sich, wovon hängt

dieser Uebergang ab und warum findet er in Conductoren statt, in Isolatoren aber nicht? Die Antwort holt sich W. Weber aus der Betrachtung der Verschiedenheiten der molekülaren Körperconstitutionen. Er kommt zu dem Resultat, dass an der Grenzfläche je zweier Elemente Wärmeverbreitung, d. h. Uebertragung von lebendiger Kraft von der einen Seite der Grenzfläche auf die andere, stets vorkomme, jedoch in Conductoren sammt ihrem Träger (dem elektrischen Theilchen), in Isolatoren ohne ihren Träger. Erstere Art von Wärmeverbreitung heisst Wärmeleitung, letztere Wärmestrahlung.

Die guten Leiter, sowohl der Wärme als der Elektricität, haben daher die charakteristische Eigenschaft, die rotirende und fortschreitende Bewegung der elektrischen Theilchen zu ermöglichen; die schlechten Leiter (Isolatoren) hingegen gestatten zwar die Rotationsbewegung und Uebertragung von lebendiger Kraft, hemmen aber die fortschreitende Bewegung der Theilchen.

Für Wärmestrahlung und Lichtstrahlung gelten nun dieselben Gesetze. Folglich setzen beide die Existenz eines wellenfortpflanzendeu Mediums voraus. Besteht dieses Medium aus Elektricität, so muss das Grundgesetz der elektrischen Wirkung jenes für die Lichterscheinungen in sich schliessen.

Um dies zu beweisen, wurden bereits viele Versuche gemacht; der bedeutendste ist, wie schon erwähnt, jener von Maxwell. Hier möge ein anderer kurz berührt werden, der der Weber'schen Arbeit der Zeit nach voraus geht und auf dieselbe von Einfluss gewesen sein kann.

37. L. Lorenz[27]) unterwirft die Gleichungen, in welchen Kirchhoff auf rein empirischem Wege die Gesetze der Elektricitätsbewegung in homogenen Körpern niedergelegt hat, einer ferneren Betrachtung. Nachdem er in denselben die sehr wahrscheinliche Annahme zum Ausdruck gebracht, dass jede elektrische Fernwirkung zu ihrer Fortpflanzung Zeit gebraucht, gewinnt er bald das Resultat: „dass periodische elektrische Ströme möglich sind, dass solche sich wie eine Wellenbewegung mit einer gewissen Geschwindigkeit fortpflanzen und wie das Licht Schwingungen ausführen, die senkrecht auf der Richtung der Fortpflanzung stehen.“ Nimmt man die Schwingungen des Lichtes selbst für elektrische Ströme, so ist für beide die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieselbe und alsdann erhält L. Lorenz für die elektrischen Stromcomponenten ein Gleichungssystem, welches mit seinem für die Lichtcomponenten gefundenen, mit Ausnahme eines von der elektrischen Leitungsfähigkeit abhängigen Gliedes, vollkommen übereinstimmt. Dieses Glied zeigt eine Absorption an, woraus der von der Erfahrung bestätigte Schluss gezogen wird, dass im Allgemeinen alle guten Leiter der Elektricität (Metalle) die Lichtstrahlen in hohem Grade absorbiren (Undurchsichtigkeit), hingegen

---

[27]) Pogg Ann. Bd. CXXXI, S. 243.

Körper von bedeutender Durchsichtigkeit (Flüssigkeiten ausgenommen) im Vergleich zu den Metallen äusserst schlechte Leiter des elektrischen Stromes sind.

L. Lorenz' Betrachtung schliesst mit der bemerkenswerthen Argumentation: Da es jedoch unmöglich sei, dass dieselben Gleichungen, welche die Theorie für die sehr kleinen Verschiebungen (der Aethertheilchen) aus der Gleichgewichtslage ableitet, auch für beliebige Verschiebungen giltig bleiben sollten, so könne das Licht nicht in Schwingungen von der bisher angenommenen Art bestehen (Transversalschwingungen).

„Dagegen gibt es eine andere Auffassung der Natur der Lichtschwingungen". „Denken wir uns nämlich das Licht als rotirende Schwingungen im Innern der Körper um Axen, deren Richtung dieselbe ist, wie diejenige, deren Richtung wir nach der Elasticitätstheorie als Schwingungsrichtung betrachten, so wird der elektrische Strom keine translatorische Bewegung, sondern nur eine in einer Richtung fortgesetzte Rotation und die Axe der Rotation wird alsdann die Richtung des Stroms. Diese Rotation wird nur in guten Leitern der Elektricität fortdauernd sein und die Bewegung sich dann hier in der Richtung der Axe fortpflanzen, während sie in schlechten Leitern periodisch wird und sich durch das, was wir in der Elektricitätslehre Induction nennen, fortpflanzt, in einer Richtung senkrecht zur Rotationsaxe."

„Diese Hypothese über die Natur des Lichtes und der elektrischen Ströme wird möglicherweise, so wie die Wissenschaft vorwärts schreitet, entweder eine andere Gestalt annehmen oder vollständig verworfen werden; allein das Resultat der gegenwärtigen Untersuchung, dass nämlich die Schwingungen des Lichtes elektrische Ströme sind, ist ohne Voraussetzung einer physischen Hypothese gewonnen und wird daher von solcher auch unabhängig sein."

38. Nimmt man nun einen Vergleich der im Vorstehenden auseinandergesetzten Theorien vor, so kann man dieselben in folgende Punkte zusammenfassen:

a) Edlund's und Webers Theorien gehören zu den unitaren, d. h. beide setzen statt zweier im Gegensatze der Polarität stehender Fluida ein einziges elektrisches Fluidum voraus, welches zugleich das Substrat für die Lichtschwingungen sein kann.

b) Edlund's freier und gebundener Aether ist für identisch zu halten beziehungsweise mit der positiven und negativen Elektricität W. Weber's; hingegen besteht die positive und negative Elektricität des Ersteren in einem Ueberschuss, beziehungsweise Unterschuss an freiem Aether.

c) Der galvanische Strom des ersteren ist eine translatorische, jener des letzteren eine rotierend fortschreitende Bewegung der Elektricitätstheilchen.

d) Edlund nimmt molekülare Aetherströmungen bei der Erklärung gewisser Erscheinungen zu Hilfe; Weber baut unmittelbar auf die Existenz der Molekülarströme die ganze Theorie.

e) Ersterer sucht seine Stütze in den Gesetzen der Hydrodynamik, Letzterer in tief gehenden Betrachtungen über die Eigenschaften der molekülaren Körperconstitutionen.

f) Edlund's galvanischer Strom sollte fähig sein, das Vacuum zu durchdringen; W. Weber's Theorie ist frei von diesem Vorwurfe. Denn im Vacuum oder besser gesagt im luftverdünnten Raume sind die materiellen Moleküle bereits so weit von einander entfernt, das kein Elektricitätstheilchen aus einem Molekülarstrom in den anderen überspringen kann.

39. Obwohl der Gegenstand hiermit nichts weniger als erschöpft ist, so möge doch das vorliegende genügen, um sich von dem gegenwärtigen Standpunkt der verwickelten Frage und der Schwierigkeit ihrer Lösung einigen Begriff zu machen. Es erhellt auch daraus, dass die Schraubenbewegung, deren Eigenschaften und Gesetze man erst in jüngster Zeit genauer zu erforschen begann, bei der Zurückführung vieler Erscheinungen auf mechanische Principien die grösste Wichtigkeit erlangen kann. Wie fest übrigens auch der Knoten gebunden sein mag, so kann man doch im Hinblick auf die ausserordentlichen Errungenschaften der Physik in der neuesten Zeit die Hoffnung aussprechen, dass es nunmehr der nächsten Zukunft vorbehalten bleibt, den Knoten zu lösen und eine der wichtigsten physikalischen Fragen zur endgiltigen Entscheidung zu bringen.