



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

280. Die weitere Ausgestaltung der elektrischen Theorien

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](#)

Geißlersche Röhren (281) leuchten in der Nähe der Drähte oder zwischen zwei mit diesen verbundenen Metallplatten auch ohne unmittelbare Berührung (Tesla-Licht).

Bei solchen Flaschenentladungen durch kürzere Drähte hindurch beträgt die Schwingungsdauer nur noch Milliontel einer Sekunde, wie Feddersen festgestellt hat. Noch 100 mal schnellere Schwingungen hat H. Hertz erhalten (1888), indem er Kapazität und Selbstinduktion noch weiter verkleinerte. Statt eines Kondensators benutzte er als Kapazität zwei isolierte Metallzyylinder, die mit den Polen eines Induktoriums verbunden, durch dieses geladen werden und sich durch eine kleine Funkenstrecke zwischen ihren einander zugekehrten Enden entladen. Daß auch diese Entladungen oszillatorisch waren, konnte, wie bei dem Versuche von Lodge, durch Resonanzwirkung auf einen zweiten abzustimmenden Leiter mit ganz kleiner Funkenstrecke nachgewiesen werden. Während aber die Schließungskreise der Leidener Flasche nur in geringem Abstande aufeinander einwirken, lassen sich die Wirkungen des Hertzschen Oszillators auf größere Entfernung hin verfolgen. Dadurch gelang es Hertz, die Art dieser Ausbreitung zu untersuchen und die Geschwindigkeit zu messen, mit der sich diese Wirkungen fortpflanzen. Sie ergab sich gleich der Lichtgeschwindigkeit. Wir werden auf diese wichtigen Untersuchungen, die Elektrizität und Optik in engste Verbindung miteinander gebracht haben, am Schlusse der Optik noch einmal zurückkommen, nachdem wir die für das Verständnis dieser Versuche erforderlichen allgemeinen Gesetze der Wellenausbreitung, sowie im besonderen die Eigenschaften des Lichts näher kennen gelernt haben.

280. Die weitere Ausgestaltung der elektrischen Theorien. Entsprechend dem zuerst von Faraday entwickelten Gedanken pflegt man die magnetischen und die elektrischen Kräfte als Äußerungen von Spannungen in dem auch den leeren Raum erfüllenden Mittel, dem Lichtäther, anzusehen (136, 170). Die Arbeit, die zur Herstellung des magnetischen oder des elektrischen Zustandes erforderlich war, ist als Energie dieses Spannungszustandes in dem Äther aufgespeichert (171). Daß diese beiden Zustände ineinander umsetzbar sind, lehren die Induktionserscheinungen, und ganz besonders sind die elektrischen Schwingungen ein anschauliches Beispiel dafür, daß sich die Energie eines elektrostatischen Feldes in die magnetische Energie einer elektrischen Strömung und diese wieder in die Energie eines elektrostatischen Feldes verwandeln kann, genau so, wie bei den Schwingungen einer elastischen Feder potentielle und kinetische Energie der Materie sich abwechselnd ineinander umsetzen. Diesen Zusammenhang der Vorgänge im Äther hat Maxwell auf die allgemeinste Weise formuliert, indem er folgende zwei Sätze aufstellte: „Jede zeitliche Änderung der magnetischen Kraft ist mit einer bestimmten räumlichen Verteilung von elektrischer Kraft verbunden, und umgekehrt, jede zeitliche Änderung der elektrischen Kraft ist mit einer entsprechenden räumlichen Verteilung von magnetischer Kraft verbunden.“

Die elektrischen Kräfte gehen von den elektrischen Ladungen aus. Jede Veränderung der elektrischen Kräfte führt von einer Änderung in der Verteilung dieser Ladungen, also von einer Bewegung dieser Ladungen her. Während also ruhende Ladungen nur elektrische Kräfte ausüben, erzeugen bewegte Ladungen zugleich auch ein magnetisches Feld. Diese Anschauung stützt sich zunächst natürlich auf die Tatsache, daß ein Strom um sich herum ein magnetisches Feld erzeugt und ein solcher Strom unserer ursprünglichen Auf-

fassung gemäß (204) in einer Bewegung elektrischer Ladungen durch den Schließungskreis hindurch besteht. Dabei haben wir uns aber den Strom als eine gleichzeitige Bewegung positiver Elektrizität in der einen und negativer Elektrizität in der anderen Richtung vorgestellt. Diese Anschauung kann zwar für die Metalle nicht direkt bewiesen werden; aber sie trifft jedenfalls für die Elektrolyte zu, in denen sich ja positiv und negativ geladene Ionen gleichzeitig nach entgegengesetzten Richtungen bewegen (210). Daß aber magnetische Kräfte nicht bloß in diesem Falle auftreten, sondern auch dann, wenn freie positive oder negative Ladungen bewegt werden, das bedurfte offenbar eines besonderen experimentellen Nachweises. Dieser ist zuerst von Rowland geführt worden (1876). Eine senkrecht stehende Hartgummischeibe wurde elektrisch geladen und dann um eine wagerechte Achse in möglichst rasche Drehung versetzt. Die auf diese Weise im Kreise herumgeführte statische Ladung der Scheibe übt dann auf eine im Mittelpunkt der Scheibe befindliche Magnetnadel eine ablenkende Wirkung aus, geradeso wie der Kreisstrom einer Tangentenbusssole die Nadel der Bussole ablenkt. Denken wir uns nur einen schmalen Streifen des Randes der Scheibe gleichmäßig mit elektrischer Ladung bedeckt, so stellt die rotierende ringförmige Ladung einen Kreisstrom dar; ist σ die in elektrostatischen Einheiten gemessene Elektrizitätsmenge, die auf je 1 cm des Ringumfangs haftet, und ist u die Geschwindigkeit, mit der sich ein Punkt des Ringes bewegt, so gehen bei der Rotation $u \cdot \sigma$ elektrostatische Einheiten der Elektrizität in jeder Sekunde durch einen fest gedachten Querschnitt des Ringes hindurch. Genaue Wiederholungen des Rowlandschen Versuchs, besonders durch Himstedt, haben ergeben, daß die magnetische Wirkung der bewegten elektrostatischen Ladung gleich derjenigen eines elektrischen Stromes ist, dessen elektromagnetisch gemessene Stärke = $\frac{u \cdot \sigma}{3 \cdot 10^{10}}$

sein würde. Das ist dieselbe Beziehung, wie sie sich aus den Versuchen von W. Weber und R. Kohlrausch für das Verhältnis der elektrostatischen und elektromagnetischen Stromeinheit (243) ergeben hat. Man kann sich von der Bedeutung dieser, oben mit C bezeichneten Größe, nunmehr auch folgende Vorstellung machen. Wenn $\sigma = 1$ ist, d. h. wenn bei dem Versuch mit der rotierenden Hartgummischeibe auf 1 cm des geladenen Ringes die elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge haftet, so muß die Geschwindigkeit u der Bewegung = $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec (d. i. gleich der Lichtgeschwindigkeit) sein, damit dieser „Konvektionsstrom“ dem Strom 1 in elektromagnetischem Maße, oder einem Strom von 10 Ampère äquivalent ist.

Wenn aus diesen Versuchen hervorgeht, daß ein geladener Körper bei seiner Bewegung um sich herum ein magnetisches Feld erzeugt, so folgt daraus auch, daß ein geladener Körper, wenn er durch ein magnetisches Feld bewegt wird, von diesem eine Kraft erfährt, die nach der Linken-Hand-Regel auf der Richtung der magnetischen Kraft und der Richtung der Bewegung senkrecht steht (254), ihn also aus seiner Bewegung senkrecht abzulenken sucht. Die Größe dieser Kraft läßt sich nach Obigem leicht angeben. Fließt ein Strom von der in elektromagnetischer Einheit gemessenen Stärke i senkrecht zu den Kraftlinien eines magnetischen Feldes von der Stärke H , so ist die Kraft, die auf die Länge l des durchströmten Leiters wirkt, $H \cdot i \cdot l$ Dynen. Ist der Strom ein Konvektionsstrom in obigem Sinne, ist also $i = \frac{u \cdot \sigma}{3 \cdot 10^{10}}$, so ist die

Kraft = $\frac{H \cdot u \cdot \sigma \cdot l}{3 \cdot 10^{10}}$ Dynen. Da σ die Elektrizitätsmenge auf der Längeneinheit ist, so ist $\sigma \cdot l$ die ganze Elektrizitätsmenge auf der Länge l , für die die Kraft durch obigen Ausdruck gegeben ist. Wird also ein Körper mit der elektrostatisch gemessenen Ladung e_s mit der Geschwindigkeit u senkrecht zu den Kraftlinien eines magnetischen Feldes von der Stärke H bewegt, so hat die ablenkende Kraft des Feldes den Betrag $\frac{H \cdot u \cdot e_s}{3 \cdot 10^{10}}$ Dynen. Hat die Elektrizitätsmenge, in elektromagnetischer Einheit gemessen, den Wert e_m , so ist der

Betrag der Kraft $\frac{\mathfrak{H} \cdot u \cdot e_m}{10}$ Dynen, oder bei Messung in Coulomb $\frac{\mathfrak{H} \cdot u \cdot e_m}{10}$ Dynen.

Die Gesamtheit der gewonnenen Erkenntnisse läßt sich dann zu der Vorstellung zusammenfassen, daß alle elektrischen und magnetischen Vorgänge in letztem Grunde auf dem Spannungszustande beruhen, den elektrische Ladungen in der Ruhe oder in der Bewegung in dem umgebenden Äther hervorrufen. Über die Beschaffenheit dieser elektrischen Ladungen hat man schließlich noch eine weitere Hypothese entwickelt, die zunächst an die Tatsachen der Elektrolyse und der Ionenladungen anknüpft. An jeder freien Valenz eines Ions haftet die gleiche Elektrizitätsmenge (210). Erzeugen wir einen elektrischen Strom mit Hilfe eines galvanischen Elements, so ist der Strom die Summe der in dem Innern des Elektrolyten an die Polplatten abgegebenen Ionenladung, also ein ganzes Vielfaches der an einer Valenz haftenden Ladung. Dies führt zu der Vorstellung, daß die Elektrizität, ebenso wie die Materie, eine atomistische Struktur habe, d. h. jede Ladung aus gewissen kleinsten, nicht weiter teilbaren Elementarladungen sich zusammensetze. Als diese kleinste in der Natur vorkommende Elektrizitätsmenge hat man die an der freien Valenz eines Ions haftende Ladung anzusehen. Man bezeichnet sie deswegen als elektrisches Atom oder als elektrisches Elementarquantum. Die Größe dieser Elektrizitätsmenge läßt sich berechnen, wenn man die Zahl der Atome z. B. in 1 cm^3 Wasserstoff kennt. Diese Zahl ist zuerst von Loschmidt aus Überlegungen abgeleitet worden, die sich auf die kinetische Theorie der Gase (129) gründen. Danach sind in 1 cm^3 eines Gases bei 760 mm Druck und 0° ungefähr 30 Trillionen (30×10^{18}) Moleküle vorhanden. Da 2 Wasserstoff-Ionen bei der Entladung 1 neutrales Wasserstoff-Molekül geben, so ist die Zahl der Wasserstoff-Ionen, die 1 cm^3 neutralen Wasserstoff liefern, 60×10^{18} . Nun haften an 1 g Wasserstoff 96540 Coulomb (211); 1 cm^3 neutraler Wasserstoff aber wiegt 0,00009 g (88). Folglich verteilt sich die Ladung von $96540 \times 0,00009 = 8,69$ Coulomb = $8,69 \times 3 \times 10^9 = 26 \times 10^9$ elektrostatischen Einheiten auf 60×10^{18} Ionen; an jedem Ion haftet also die Ladung $4,3 \times 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten. Diese Hypothese von der atomistischen Struktur der Elektrizität und der Existenz eines elektrischen Elementarquants hat eine weitere Stütze in neueren Untersuchungen über die Leitung der Elektrizität in Gasen gefunden.

281. Leitung in Gasen. Geißlersche Röhren. Wir haben in der Elektrostatik die Gase im wesentlichen als Nichtleiter behandelt (152). Aber wir haben bereits einige Fälle kennen gelernt, in denen elektrische Ströme durch Gase hindurchgehen, so den kurz dauernden elektrischen Funken (179) und den mit konstantem Strom brennenden galvanischen Lichtbögen (236). Auch die Büschel- und Glimmentladung (191, 168) stellt einen konstanten Strom von Elektrizität durch die Luft hindurch dar; im Gegensatz zu dem galvanischen Lichtbogen, der durch verhältnismäßig geringe Spannungen bei hoher Stromstärke unterhalten wird, gehen in dem sogenannten Spitzstrom, der überhaupt erst bei einer gewissen Minimalspannung einsetzt, bei Spannungen von Tausenden von Volts nur geringe Elektrizitätsmengen über. Die genannten Fälle haben das gemeinsam, daß bei ihnen die Fähigkeit der Luft, den Elektrizitätsübergang zu vermitteln, durch den Entladungsvorgang selbst geschaffen und unterhalten wird. Man bezeichnet deswegen solche Strömungen in Gasen als selbständige Strömungen. Einem Gase kann aber seine Isolationsfähigkeit auch durch eine äußere Ursache genommen