

Die Ionenbewegung in der Glimmlichtentladung.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von A. Wehnelt.

Der Zweck vorliegender Arbeit war der, die Bewegung der positiven Ionen und der Elektronen in Entladungsröhren eingehender zu verfolgen, um daraus Rückschlüsse auf die Form der Entladung und eventuell auf die Entstehung der Kanalstrahlen ziehen zu können.

Versuchsordnung.

An einem 5 cm weiten, 50 cm langen Entladungsrohr mit 2 plattenförmigen, den Querschnitt ausfüllenden, gleichzeitig verschiebbaren Elektroden war seitwärts ein Schliff angesetzt, in den verschiedene kleine Faradaykäfige eingekittet werden konnten. Die Faradaykäfige bestanden, je nachdem sie die Ionen, welche sich senkrecht zur Rohrachse, oder diejenigen, welche sich in Richtung derselben bewegen, auffangen sollten, aus ca. 3 mm dicken Messingröhrchen (Fig. 1), die unten oder seitwärts kleine Öffnungen zum Eintreten der Ionen besaßen. Im Innern enthielten sie, isoliert von dem Rohr, eine zweite Messingelektrode. Trafen positive Ionen, bezw. Elektronen in der durch einen Pfeil gekennzeichneten Richtung auf den Faradaykäfig, so laden sie die Innenelektrode positiv, bezw. negativ auf. Diese Ladungen wurden mit einem Binantenelektrometer gemessen, welches isoliert aufgestellt war. Vergleichsweise wurde auch der Strom eines empfindlichen, isoliert aufgestellten Galvanometers durch Zwischenschaltung einer

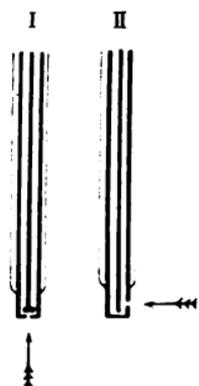


Fig. 1.

variabeln genelektromotorischen Kraft kompensiert, was aber stets genau die gleichen Resultate ergab. Die Aufladungen des Elektrometers erfolgten in den weitaus meisten Fällen sofort, so daß keine Fehler durch vorangehende, höhere Ladungen verursacht wurden.

Als Stromquelle diente zu den Versuchen zuerst eine 20plattige Influenzmaschine, dann eine Hochspannungsdynamo¹⁾.

Als Gasfüllung für die Entladungsröhren diente Wasserstoff, Stickstoff, Luft und Chlor. Bei allen Gasen wurden qualitativ die gleichen Resultate erzielt.

I. Ionen bzw. Elektronen, die sich senkrecht zur Rohrachse bewegen.

Benutzt wurde der Faradaykäfig Fig. 1 I. Er befand sich ca. 10 mm tief im Entladungsrohr. Durch die Verschiebung der Elektroden konnte er in die verschiedenen Teile der Entladung gebracht werden. Dabei ergaben sich Kurven von nebenstehender Form. (Fig. 2.)

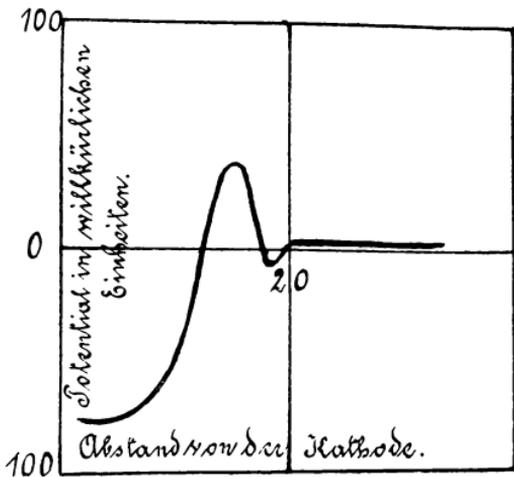


Fig. 2.

Gehen wir von der Kathode aus, so kommt zuerst ein großer Bereich negativer Ladung mit einem deutlich ausgeprägten Maximum. Unweit der Glimmlichtgrenze wird die negative Ladung Null, und es erfolgt nun eine positive, die steil bis zu einem Maximum noch innerhalb des dunkeln Kathodenraumes ansteigt, um dann im Glimmlicht

auf Null zu fallen. Dann kommt mitunter noch ein schwaches, negatives Maximum, worauf im Glimmlicht, Faradayraum und in der positiven Säule die Ladungen positiv bleiben. In letzterer zeigt die Kurve Schwankungen in ihren Werten. Nahe

¹⁾ Die Hochspannungsdynamo wurde aus Mitteln angeschafft, die mir in dankenswerter Weise von der Jagorstiftung zur Verfügung gestellt waren.

dem der Kathode zugewandten Kopf hat das Potential ein Minimum, um dann im Raume zwischen zwei Schichten ein Maximum zu erreichen.

Dieses Ergebnis deckt sich vollkommen mit den von E. Goldstein¹⁾ an der Außenwand zylindrischer Röhren gefundenen Potentialen und den Versuchen des Verfassers²⁾ über die freie Elektrizität im dunkeln Kathodenraume. Danach befinden sich ganz nahe an der Kathode und an der Grenze des dunklen Kathodenraumes nahe dem Glimmlicht positive Zonen, während im dazwischenliegenden Teile eine ausgedehnte negative Zone ist. Ganz bis an die Kathode gelangt man nicht wegen der Dicke des den Faradaykäfig tragenden Glasrohres. Der geringste Abstand, in dem gemessen werden konnte, war der von 3 mm. Die in diesem Bereiche liegende positive Zone kann aber nicht gefunden werden, da hier der Faradaykäfig zu sehr die Entladung stört.

II. Ionen bzw. Elektronen, die sich parallel zur Achse des Rohres bewegen.

Zu diesen Versuchen diente der Faradaykäfig Fig. 1 Nr. II. Derselbe war in einen Schliff eingekittet und ragte meist 20 mm tief in das Rohr hinein. Wurde derselbe so gedreht, daß seine Öffnung nach der Anode gerichtet war, so empfing er Ionen, die sich von der Anode zur Kathode, umgekehrt solche (Elektronen), die sich von der Kathode zur Anode bewegten.

a) Faradaykäfig nach der Anode offen.

Wir gehen wieder von der Kathode aus. Bei allen Drucken und bei konstanter Stromstärke zeigt sich eine, mit abnehmendem Drucke, stets wachsende positive Ladung, welche ungefähr an der Grenze der ersten Schicht ein ausgeprägtes Maximum hat und im Glimmlicht dann ziemlich schnell auf einen geringen Wert herabsinkt. Fig. 3 zeigt die Kurven einer solchen Messungsreihe. Der senkrechte Strich in den Kurven bedeutet die Grenze des jeweiligen dunkeln Kathodenraumes.

¹⁾ E. Goldstein. Verh. d. D. phys. Ges. 3, S. 194—195. 1901.

²⁾ A. Wehnelt. Ann. d. Phys. 10, S. 570—573. 1903.

Mit steigender Stromstärke, bei konstantem Druck, wachsen die positiven Ausschläge an, wie Fig. 4 erläutert.

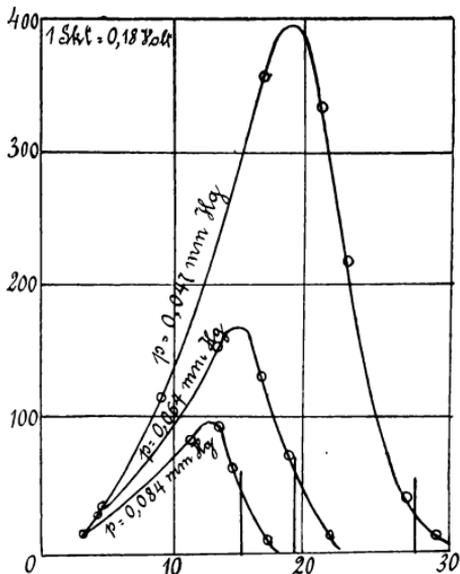


Fig. 3.

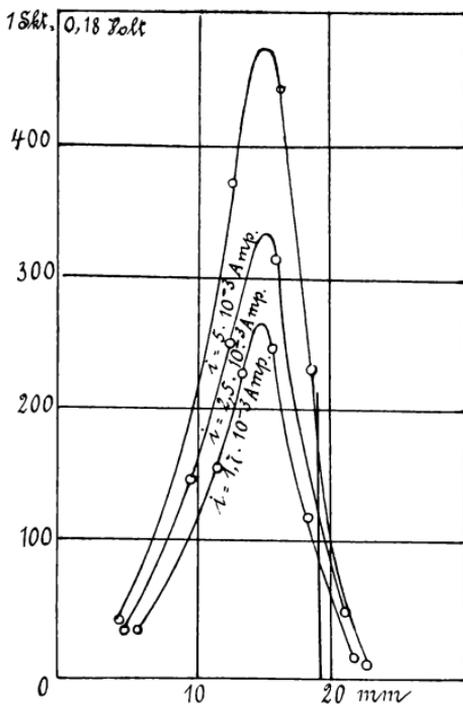


Fig. 4.

Im Glimmlicht und im Faradayschen dunkeln Raum ist eine schwache positive Aufladung wahrzunehmen, in der ungeschichteten positiven Säule desgleichen, während in der geschichteten positiven Säule die Ladung, entsprechend den Schichten, periodische Schwankungen zeigt, und zwar befindet sich kurz vor den Schichtköpfen auf der Kathodenseite ein deutliches Minimum, während zwischen den Schichten ein Maximum liegt.

b) Faradaykäfig nach der Kathode offen.

Der Verlauf der Potentiale des Faradaykäfigs ist für hohe Drucke ein wenig größer als für tiefere. Für sehr tiefe Drucke steigt das Potential wieder etwas an, doch ist es bei der Mehrzahl der angewandten Drucke wesentlich geringer als die Potentiale, welche der Faradaykäfig annimmt, wenn er nach der Anode zu offen ist. Im Glimmlicht, Faradayraum und

der ungeschichteten positiven Säule ist die Ladung stets positiv, aber außerordentlich schwach. In der geschichteten positiven Säule hingegen zeigt sich kurz vor den Schichtköpfen eine negative Ladung und zwischen zwei Schichten eine positive.

Es ist dies ein Beweis dafür, daß die negativen Elektronen kurz vor dem leuchtenden Teile der Schichten eine solche Geschwindigkeit erreicht haben, daß sie wieder zu ionisieren vermögen¹⁾. Wurde statt der gewöhnlichen kalten Kathode eine glühende Kalziumoxydkathode verwandt und ein Strom von ca. $\frac{1}{2}$ Amp. durch das Rohr gesandt, so verringerten sich nur die erreichten Potentiale, sonst traten aber die gleichen Erscheinungen²⁾ auf.

III. Versuche mit einem beweglichen Hindernis im dunkeln Kathodenraume.

Ein Glasstäbchen (Fig. 5 G) von der gleichen Dicke wie der Faradaykäfig wurde auf einem Stückchen Eisenblech E befestigt (Fig. 5) und konnte so, mit Hilfe eines Magneten, an beliebige Stellen des dunkeln Kathodenraumes geschoben werden. Die Länge des Glasstäbchens war ungefähr dem Durchmesser des Rohres gleich. Der Faradaykäfig ragte bei diesen Versuchen nur 15 mm tief in das Rohr hinein.

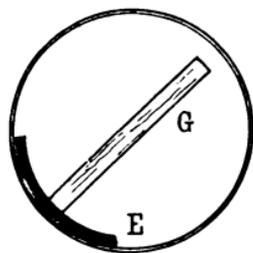


Fig. 5.

Bei einem Drucke, bei welchem der dunkle Kathodenraum eine Dicke von 4 cm hatte, wurde der Faradaykäfig (Fig. 1 Nr. II nach der Anode gerichtet) gerade an die Grenze der ersten Schicht gestellt, also gerade dorthin, wo das Maximum des Ausschlages war. Näherte man den Glasstab von der Seite des Glimmlichts her, so trat zuerst eine geringe Verkleinerung des Ausschlages ein, wenn der Glasstab im Glimmlicht war. Schiebt man nun den Glasstab langsam dem Faradaykäfige zu, so wird der Ausschlag immer kleiner, bis er schließlich auf einen ganz geringen Wert sinkt ($\frac{1}{30}$ des ursprünglichen). Dreht man den Glasstab im Rohr um die Achse herum, so daß er den Faradaykäfig nicht mehr verdeckt, so steigt der Aus-

¹⁾ E. Goldstein. Wied. Ann. XI, S. 831. 1880.

²⁾ J. J. Thomson. Phil. Mag. 18 (6), S. 441—451. 1909.

schlag sofort wieder auf die ursprüngliche Größe. Wird der Glasstab wieder aufgerichtet und zwischen Kathode und Faradaykäfing gebracht, so blendet er den Ausschlag auch ganz bedeutend ab, wenn er sich nahe an dem Faradaykäfing befindet, etwas weniger, wenn er nahe an der Kathode ist. Wenn der Faradaykäfing nach der Kathode gerichtet ist, so ist die Wirkung sehr viel geringer, doch auch deutlich vorhanden.

IV. Zur Deutung obiger Versuche.

Aus den Kurven (Fig. 3 und 4), welche mit nach der Anode offenem Faradaykäfing erhalten wurden, folgt, daß schon im Glimmlicht positive Ionen mit einer, wenn auch geringen Geschwindigkeit parallel der Achse vorhanden sind, denn hier bereits zeigt der Faradaykäfing positive Ladungen an.

Verschiebt man den Käfig nach der Kathode zu, so wachsen die Potentiale bis zu einem Maximum an der Grenze der ersten Schicht. Dieses Anwachsen der Ladungen erklärt sich aus dem Potentialverlaufe am Ende des dunkeln Kathodenraumes; jedoch nimmt der Faradaykäfing niemals die Ladungen an, welche man nach der Geschwindigkeit der positiven Ionen an dieser Stelle¹⁾ erwarten sollte, sondern er zeigt bei hohen Drucken nur ungefähr den vierten Teil, bei tieferen ungefähr den 1,2. Teil des erzeugenden Potentials an. Man sieht, daß mit abnehmendem Drucke sich die Faradaykäfingladungen dem die Geschwindigkeit erzeugenden Potentiale nähern. Dies erklärt sich einmal aus der bei höheren Drucken stärkeren Ionisation durch die positiven Ionen selbst, denn ein in den Käfig hineinfliegendes positives Ion erzeugt durch Stoß ein positives Ion und ein Elektron, welches letztere eine positive Ladung auf der Innenelektrode des Käfings vernichtet. Dann aber vor allem treffen die von der Kathode ausgehenden und unmittelbar am Faradaykäfing mit großer Geschwindigkeit vorüberfliegenden Kathodenstrahlen mit neutralen Gasmolekülen zusammen und werden dadurch nach allen möglichen Richtungen reflektiert, können somit naturgemäß auch in den Faradaykäfing gelangen und dort

¹⁾ Die Potentiale wurden mit einem Braunschen Elektrometer zwischen dem Faradaykäfing und der geerdeten Kathode gemessen.

die positive Ladung verkleinern. Die Häufigkeit des Zusammenstoßes hängt vom Druck ab und muß mit abnehmendem Druck wesentlich geringer werden, was der Versuch ja auch ergeben hat.

Für die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme sprechen auch die unter III besprochenen Versuche mit dem Hindernis, welches in Gestalt eines Glasstabes in den Weg der Entladung gebracht werden konnte. Befindet sich der Faradaykäfig an der Grenze der ersten Schicht und der Glasstab ganz im Glimmlicht, so tritt bereits eine geringe Verkleinerung des Potentials ein. Der Glasstab verhindert also hier einige positive Ionen in den Käfig zu gelangen. Jedoch gehen noch immer alle diejenigen, welche im Glimmlicht vor dem Glasstab erzeugt werden, in den Faradaykäfig. Rückt der Glasstab demselben immer näher, so blendet er die positiven Ionen immer mehr ab, bis schließlich nur noch ein ganz geringer Bruchteil ($\frac{1}{30}$) in denselben gelangt, wenn der Glasstab den Faradaykäfig fast berührt.

Kommt der Käfig schließlich in die erste Schicht hinein, so stört er die Entladung sehr. Er bildet einen stark verbreiterten Schatten, und in dem ganzen Schattenraum ist die Kathode frei vom Strom¹⁾, d. h. sie sendet keine Kathodenstrahlen aus. Dort, wo keine Kathodenstrahlen hintreffen, werden natürlich auch keine positiven Ionen erzeugt, infolgedessen nimmt die positive Ladung des Faradaykäfigs ab, in dem Maße, in dem er in die erste Schicht hineindringt. Aus demselben Grunde ist auch die Wirkung des Hindernisses zwischen Kathode und Faradaykäfig auf diesen zu verstehen.

Die negativen Ladungen schließlich, welche der Faradaykäfig annimmt, wenn er nach der Kathode gerichtet ist, sind im allgemeinen wesentlich geringer als die positiven. Es erklärt sich dies wohl aus dem viel stärkeren Ionisierungsvermögen der Kathodenstrahlen, zumal diese schon einen großen Teil des ganzen Potentialgefälles durchlaufen haben, also auf den Faradaykäfig mit großer Geschwindigkeit treffen.

Nach alledem entstehen die positiven Ionen (Kanalstrahlenteilchen) im ganzen Bereiche des dunkeln Kathodenraumes, die Hauptmasse dagegen wohl im Glimmlicht. Weshalb die Ge-

¹⁾ A. Wehnelt. Phys. Zeitschr. 2, S. 336. 1901.

schwindigkeit hinter der Kathode nicht dem Kathodenfall entspricht, geht aus diesen Versuchen nicht hervor.

Die Versuche, welche nur als vorläufige zu betrachten sind, werden im hiesigen Institut fortgesetzt, namentlich soll durch drehbare Faradaykäfige festgestellt werden, welche Richtung die Elektronen bezw. positiven Ionen in allen Teilen der Entladung haben. Veröffentlichungen darüber werden von anderer Seite erfolgen.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität, Januar 1911.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Wehnelt A.

Artikel/Article: [Die Ionenbewegung in der Glimmlichtentladung. 89-96](#)