

7. *Über lichtelektrische Kanalstrahlen;* *von H. Dember.*

J. J. Thomson¹⁾ fand, daß bei der lichtelektrischen Entladung in verdünnten Gasen Teilchen den Transport der Elektrizität vermitteln, deren spezifische Ladung e/m mit der von Kathodenstrahlen übereinstimmt. In einer fast gleichzeitig veröffentlichten Untersuchung gelang es P. Lenard²⁾ zu zeigen, daß die vom Licht ausgelösten Strahlen nicht, wie Thomson es annahm, aus den Gasschichten, welche die Kathode umgeben, sondern aus der Kathode selbst herauskommen. Die Wirkung des Lichtes bei den lichtelektrischen Erscheinungen beruht also nach Lenard darauf, daß die Lichtstrahlen beim Auftreffen auf negativ geladene, lichtelektrisch empfindliche Substanzen Quanten oder Elektronen auslösen, die den Atomen des Kathodenmaterials entstammen. Wird die empfindliche Elektrode durch eine Stromquelle fortdauernd auf einem negativen Potential gehalten, so kann durch die Einwirkung des wirksamen Lichtes zwischen dieser Kathode und einer ihr gegenüberstehenden Elektrode mit höherem Potential eine kontinuierliche Strömung negativer Teilchen hervorgerufen werden. Wenn diese Entladung in einem Gase stattfindet, dann werden die Gasteilchen durch die aus der Kathode herausfahrenden, vom Felde beschleunigten Elektronen ionisiert, und die sich so ergebende, rein unselbständige lichtelektrische Entladung zeigt dann zu der als Glimmentladung bezeichneten Entladungsform in Geisslerschen Röhren viele Beziehungen.

So konnte z. B. in einer früheren, von Hrn. Prof. Warburg angeregten Untersuchung³⁾ nachgewiesen werden, daß

1) J. J. Thomson, *Physik. Zeitschr.* 1. p. 20. 1899; u. a. *Phil. Mag.* (V) 48. p. 547. 1899.

2) P. Lenard, *Wiener Ber.* 108. IIa. p. 1649. 1899; u. a. *Ann. d. Phys.* 2. p. 359. 1900.

3) H. Dember, *Ann. d. Phys.* 20. p. 379. 1906.

unter vergleichbaren Verhältnissen in reinen Gasen bei denjenigen Metallen der stärkere lichtelektrische Strom auftritt, an welchen das normale Kathodengefälle am kleinsten ist. Weiterhin wurde gefunden¹⁾, daß es an einer lichtelektrisch äußerst empfindlichen Kathode möglich ist, den dicht an die Kathode grenzenden Teilen der Glimmentladung durch den Hallwachs-Effekt an der Kathode so viele Elektronen zuzuführen, daß hierdurch der Potentialabfall an ihr stark herabgesetzt wird.

Die Glimmentladung in einem Geisslerschen Rohre setzt sich demgemäß aus zwei Entladungsvorgängen zusammen. Erstens aus der selbständigen Entladung, der eigentlichen Glimmentladung, und zweitens aus dem sich darüber lagernden, relativ schwachen unselbständigen lichtelektrischen Strom, welcher erst von dem Lichte der an die Kathode angrenzenden leuchtenden Schichten der Glimmentladung ausgelöst wird.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der lichtelektrischen Entladung und der Glimmentladung bestand bisher darin, daß bei der Glimmentladung auch positive Strahlen — die von Goldstein entdeckten Kanalstrahlen — eine Rolle spielen. Die in dieser Arbeit wiedergegebenen Versuche sollen zeigen, daß auch bei der lichtelektrischen Entladung Strahlen mit positiver Ladung auftreten.

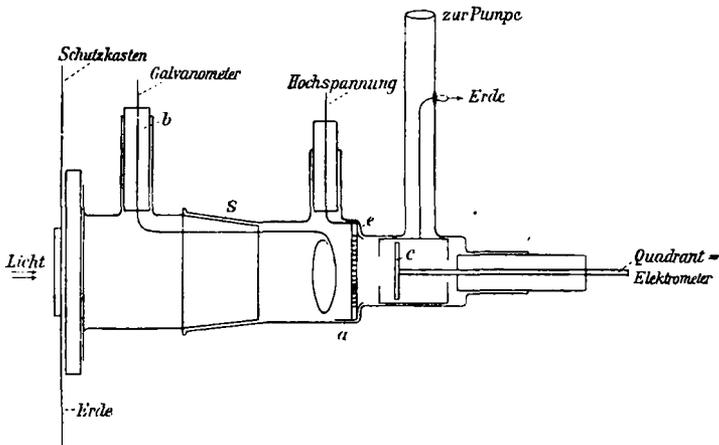
Zum Nachweis dieser lichtelektrischen Kanalstrahlen wurde die folgende Anordnung benutzt (vgl. Figur).

In dem mit einer 4 mm dicken aufgekitteten Quarzplatte verschlossenen Glasgefäß wurde auf einer Einschnürung des Glases (*e*) die lichtelektrisch empfindliche Metallplatte durch ein an die Glaswand anschließendes, leicht federndes Kupferblech (*a*) festgehalten. Von diesem Blech führte ein Kupferdraht durch eine eingekittete Schellackisolation hindurch zum negativen Pol einer Hochspannungsakkumulatorenbatterie, deren positiver Pol geerdet war. Die empfindliche Metallplatte selbst war, wie die zuerst von Goldstein zum Nachweis der Kanal-

1) H. Dember u. G. Gehlhoff, Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. 8. p. 263. 1906; A. Wehnelt, Ann. d. Phys. 10. p. 576. 1903; G. C. Schmidt, Ann. d. Phys. 12. p. 622. 1903.

strahlen bei der Glimmentladung benutzten Platten, mehrfach durchbohrt.

Im Abstände von 0,5 cm von der Metallplatte war ein als Anode dienender, am Ende zum Kreise gebogener Platindraht angebracht, er führte bei (b) durch eine Schellackisolation aus dem Rohre heraus. Diese Anode war durch ein Drehspulengalvanometer nach Deprez-d'Arsonval, Wippe und Jodcadmium-Amylalkoholwiderstand zur Erde abgeleitet. Hinter



$\frac{1}{2}$ nat. Größe.

der empfindlichen Metallplatte wurde ein aus Kupferblech gearbeiteter Faradayscher Zylinder fest an die Wände des verengerten Entladungsrohres angepreßt und durch einen in die Glaswand eingeschmolzenen Draht zur Erde geführt. Die kreisrunde vordere Öffnung des Faradayschen Zylinders hatte einen Durchmesser von 6 mm. Im Innern des Zylinders saß die Auffangeplatte (c), von einem Kupferdraht getragen, der durch eine eingekittete Schellackisolation aus der Röhre hinausgeführt war.

Das Entladungsrohr war mit einem sehr gut schließenden Schriff an einer Toepplerpumpe angebracht und stand außerdem mit einem mit Kokosnußkohle gefüllten Glasgefäß in Verbindung, so daß auch eine Evakuierung nach dem Dewarschen Verfahren angewendet werden konnte.

Um die empfindlichen Zink- und Magnesiumplatten, die an der freien Luft lichtelektrisch ermüden, rasch auswechseln zu können, war das Entladungsrohr mit dem großen Schliff (S) versehen. Das Überkriechen von Ladungen von der an negativer Spannung liegenden Metallplatte zur Auffangeplatte wurde im Innern des Rohres durch den zur Erde abgeleiteten Faradayschen Zylinder verhindert. Auf der Außenseite des Rohres diente ein geerdeter, fest anliegender Stanniolring dem gleichen Zwecke.

Die im Faradayschen Zylinder befindliche Auffangeplatte stand mit einem Quadrantenpaar eines Quadrantelektrometers Kirchhoffscher Konstruktion in Verbindung, während das zweite Quadrantenpaar zur Erde abgeleitet wurde. An der Nadel lag eine von kleinen Hochspannungsakkumulatoren gelieferte negative Hilfsspannung von 28 Volt. Die Empfindlichkeit des Elektrometers betrug 182 mm/Volt bei einem Skalenabstand von 235 cm.

Der lichtelektrische Strom, welcher von der an einer negativen Spannung von 258 Volt liegenden Metallplatte zur Platinanode ging, konnte gleichzeitig mit der Aufladung des Elektrometers durch ein zweites Fernrohr beobachtet werden. Die Empfindlichkeit des zur Messung des Stromes dienenden Galvanometers war $3,4 \cdot 10^{-10}$ Amp./mm bei 195 cm Skalenabstand.

Das Entladungsrohr, sowie alle Zuleitungen zum Elektrometer waren sorgfältig gegen äußere elektrische Einflüsse durch geerdete Blechhüllen geschützt. Ebenso war durch angelötete Blechhüllen noch innerhalb des Kastens, der zum Schutze des Glasrohres diente, dafür gesorgt, daß die lichtelektrisch nie ganz unempfindlichen kupfernen Verbindungsdrähte von ultravioletttem Licht nicht getroffen werden und sich durch Erregung positiv aufladen konnten.

Um zu verhindern, daß die von der Lichtquelle ausgehende erhitzte Luft an das Versuchsrohr herankommen konnte, war der einhüllende Blechkasten mit einer Quarzplatte abgedeckt. Als Lichtquelle diente eine von Heraeus gebaute Quarzquecksilberdampflampe, die, an eine Akkumulatorenbatterie von 110 Volt geschaltet, mit 2,5 Amp. und 72 Volt Klemmenspannung in einem Abstände von 40 cm von dem Entladungs-

rohre brannte. Um störende Einflüsse durch Erwärmung von der Quarzlampe aus zu vermeiden, war das Licht gezwungen, in einem mit Quarzplatten versehenen Absorptionsgefäße eine 4 cm starke Schicht destillierten Wassers zu passieren.

Als lichtelektrisch empfindliche Substanzen wurden Zink und Magnesium gewählt, weil sich an diesen Metallen der lichtelektrische Strom ohne weiteres galvanometrisch beobachten läßt. Die zur Untersuchung gekommenen Metallplatten hatten einen Durchmesser von 2,35 cm und waren 1,2 mm dick. Die benutzte Magnesiumplatte war von 43 0,6 mm weiten Löchern durchbohrt, die Zinkscheibe trug 60 Bohrungen, die einen Durchmesser von 0,8 mm hatten.

Da das durch diese Kanäle hindurchgehende ultraviolette Licht imstande war, an einer blanken Kupferplatte eine merkliche lichtelektrische Erregung hervorzurufen, d. h. die Scheibe positiv aufzuladen, wurde eine abgegriffene Kupfermünze zur Auffangeplatte gemacht. An dieser konnte keine lichtelektrische Erregung mehr wahrgenommen werden.

Die durchlöcherten Zink- und Magnesiumplatten wurden vor den Versuchen, um ein Verschmieren ihrer Oberflächen durch Putzmittel sicher zu verhüten, mit einem stählernen Schaber sorgfältig geschabt. Hierauf wurden sie schnell in das Versuchsrohr eingesetzt und dieses zuerst mit der Quecksilberpumpe soweit wie möglich ausgepumpt und dann nach dem Dewarschen Verfahren evakuiert. Während die Messungen ausgeführt wurden, stand das Entladungsrohr dauernd mit der abgekühlten Holzkohle in Verbindung; die Zuleitung zur Toeplerpumpe war durch einen Hahn abgesperrt. Sobald das Vakuum hoch genug war, was durch die flüssige Luft meist in wenigen Minuten der Fall gewesen ist, wurde nach Öffnung des Elektrometererdschlüssels und der Lichtklappe stets eine *positive* Aufladung des Elektrometers beobachtet. Die bei dem geringen Gasdrucke sehr kleine lichtelektrische Strömung zwischen den empfindlichen Metallplatten und der Anode war mit dem Galvanometer gerade noch beobachtbar und betrug 3,4 bis $6,0 \cdot 10^{-10}$ Amp.

Die positiven Aufladungen des Quadrantelektrometers entsprachen folgenden Strömen:

An einer frisch geschabten *Zinkplatte*:

4,0 . 10⁻¹⁴ Amp.

4,1 „

4,0 „

3,0 „

3,4 „

An einer an der Luft ermüdeten *Zinkplatte*:

2,1 . 10⁻¹⁴ Amp.

An einer frisch geschabten *Magnesiumplatte*:

3,8 bis 6,8 . 10⁻¹⁴ Amp.

Eine zwischen die Quarzquecksilberlampe und die Versuchszelle geschobene Glasplatte von 2 mm Stärke verhinderte sowohl das Eintreten des Hallwachs-Effektes wie das Entstehen der positiven Aufladung. Um sicher zu sein, daß die positiven Ladungen nur zu beobachten sind, wenn gleichzeitig lichtelektrische Kathodenstrahlen ausgelöst werden, wurde eine rohe, ungeputzte durchlöchernte Zinkplatte in das Entladungsröhr gebracht, dieses ausgepumpt und dem ultravioletten Lichte ausgesetzt. Hierbei zeigte sich eine kaum merkbare positive Aufladung des Elektrometers; die der sehr geringen lichtelektrischen Empfindlichkeit der an der Luft ermüdeten Zinkplatte entsprach. Dann wurde auf derselben Platte mit dem Stahlschaber eine frische Oberfläche hervorgerufen und im evakuierten Röhr wiederum belichtet, sofort ergab sich eine schnelle positive Aufladung des Elektrometers.

Aus diesen Versuchen scheint zu folgen, daß beim lichtelektrischen Effekt gerade so wie bei der Entladung in Geissler'schen Röhren gleichzeitig mit den Kathodenstrahlen eine Strömung positiv geladener Teilchen in entgegengesetzter Richtung stattfindet.

Die Versuche sollen fortgesetzt werden.

Dresden, Physik. Inst. der techn. Hochschule, Mai 1908.

(Eingegangen 6. Mai 1908).