

**12. Ist der elektrische Lichtbogen
ein „Geschoßhagel“ oder ein „Pumpenstrahl“?
von A. Pflüger.**

Levi-Civita hat diese Frage aufgeworfen und ich wiederhole im wesentlichen das Referat darüber in den Beiblättern.¹⁾ Man sieht heute die verschiedenen elektrischen Strahlungen meistens als „Geschoßhagel“ elektrischer Teilchen an, deren gegenseitige Entfernung so groß ist, daß zwischen ihnen keine merkliche Wechselwirkung stattfindet. Nach dieser „ballistischen“ Theorie muß die Ablenkung eines Strahls im Magnetfelde unabhängig sein von der Anzahl der den Strahl bildenden Teilchen, und damit unabhängig von der Stromintensität. Wenn also diese variiert, alle anderen Bedingungen aber, z. B. die Geschwindigkeit der Teilchen, konstant gehalten werden, so darf keine Änderung der Ablenkung eintreten.

Wenn aber die gegenseitige Einwirkung infolge der dichten Zusammendrängung der Teilchen nicht zu vernachlässigen ist, dann führt Levi-Civitas²⁾ „hydraulische“ Theorie im Grenzfalle, wenn der elektrische Strahl einem „Pumpenstrahl“ vergleichbar ist, zu dem Resultat, daß die Ablenkung *ceteris paribus* umgekehrt proportional der Stromintensität ist. Hier ist also die Möglichkeit eines Experimentum crucis gegeben.

Corbino³⁾ hat dazu bemerkt, daß bei Kathodenstrahlen, α - und β -Strahlen die Frage bereits im Sinne der ballistischen Theorie entschieden sei. Insbesondere gelangt man stets zu demselben Werte von e/m , wenn man durch gleichzeitige Anwendung von elektrischer und magnetischer Ablenkung die Geschwindigkeit der Elektronen eliminiert, und das in einem sehr

1) T. Levi-Civita, N. Cim. (5) 18. p. 163. 1909; Beibl. 34. p. 1028. 1910.

2) T. Levi-Civita, Rend. R. Acc. dei Linc. 18. 1. Sem. p. 83. 1909; Beibl. 34. p. 872. 1910.

3) O. M. Corbino, N. Cim. (5) 18. p. 197. 1909; Beibl. 34. p. 1028. 1910.

großen Variationsbereich der Stromintensität. M. Abraham¹⁾ ist derselben Meinung, schlägt aber vor, den Voltabogen zu untersuchen, da bei diesem möglicherweise die Wechselwirkung der Elektronen nicht vernachlässigt und somit das Kriterium von Levi-Civita angewandt werden könne.

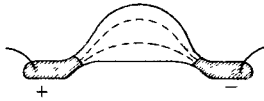
Ich habe versucht, den Quecksilberlichtbogen im Vakuum zu diesem Zweck zu benutzen. Allerdings sind dann die Versuchsbedingungen recht weit von denen Levi-Civitas entfernt. Dieser betrachtet einen unendlich dünnen freien Strahl ohne materielle Masse im Vakuum, wobei die Trägheitskraft des Stromes mit dem Quadrat der Geschwindigkeit der Elektrizitätsträger proportional ist. Beim Quecksilberbogen aber haben wir neben Elektronen auch materielle Elektrizitätsträger und außerdem eine sehr beträchtliche Reibung im Quecksilberdampf, dessen Dichte bei den folgenden Versuchen von der Größenordnung 100 mm ist. Sollte die der Geschwindigkeit der Träger proportionale Reibungskraft überwiegen, so würde (nach einer freundlichen brieflichen Mitteilung des Hrn. Levi-Civita) wieder Unabhängigkeit der Ablenkung von der Stromintensität herauskommen. Trotzdem schien mir die Frage interessant genug, um mangels einer besseren Versuchsanordnung die verhältnismäßig einfachen Messungen auszuführen. Wenn man eine Heraeus'sche Quarzquecksilberlampe mit einiger Belastung brennt, so bildet der Bogen einen ziemlich scharf begrenzten Leuchtfaden. Nachdem der stationäre Zustand erreicht ist, schalte man plötzlich Widerstand ein. Der Stromfaden schnürt sich dann etwas zusammen, verändert unter Umständen auch etwas seine Lage. Was aber wesentlich ist: die Stromintensität kann bei geeigneter Wahl des Anfangszustandes plötzlich auf den halben bis dritten Teil erniedrigt werden, ohne daß die Spannung im ersten Moment um mehr wie etwa 10 Proz. steigt. Auch die Dampfdichte wird sich in den ersten Sekunden nach dieser Operation nicht wesentlich geändert haben.²⁾ Man kann also sagen, daß man kurz nach

1) M. Abraham, N. Cim.(5) 18. p. 197. 1909; Beibl. 34. p. 1028. 1909.

2) Küch u. Retschinsky, Ann. d. Phy. 22. p. 600. 1907, finden, daß der Dampfdruck bei gleichbleibender Spannung und wachsender Stromstärke überhaupt konstant bleibt.

der Widerstandseinschaltung für wenige Sekunden, die zur Messung ausreichen, angenähert dieselben Bedingungen hat wie vorher, bis auf die erheblich erniedrigte Stromintensität. Mißt man die magnetische Ablenkung des Leuchtfadens vor und unmittelbar nach der Widerstandseinschaltung, so kann man das geforderte Experiment annähernd verwirklichen.

Um möglichst große Ablenkungen möglich zu machen, stellte die Firma W. C. Heraeus eine Lampe mit sehr weitbauchigem Entladungsgefäß her, wofür ihr auch an dieser Stelle der beste Dank ausgesprochen sei. Die Lampe hat die Form der folgenden Figur. Der senkrechte Durchmesser des Gefäßes



beträgt ca. 6 cm. Der Bogen hat im allgemeinen, wenigstens bei hoher Belastung, die Form der oberen punktierten Linie, die es mit sich bringt, daß man große Ablenkungen nur nach unten (untere punktierte Linie) erzielen kann. Die Lampe stand vor der Öffnung eines im Vergleich zu ihren Querdimensionen sehr großen Solenoids und somit befand sich der Bogen in einem annähernd homogenen Feld. Ein Bild des Bogens wurde auf lichtempfindliches Papier entworfen. Eine Irisblende sorgte für ungefähr gleiche Schwärzung der bei hoher und geringer Belastung erzeugten Bilder. Mittels zweimaliger Öffnung eines Momentverschlusses wurde der Bogen zuerst bei hoher Belastung ohne und mit Magnetfeld photographiert, dann schnell das Papier verschoben, durch Öffnung eines Kurzschlusses Widerstand eingeschaltet und so schnell als möglich wiederum zweimal mit und ohne Magnetfeld photographiert. Letztere Operation erfordert höchstens $1\frac{1}{2}$ Sekunden.

Die Ausmessung ergab bei verschiedenen Versuchspaaren, z. B. 4,15 Amp./93 Volt und 2 Amp./102 Volt, oder 3,7 Amp./104 Volt und 1,7 Amp./118 Volt nur sehr geringe Differenzen der Abstände der beiden Bogenbilder. Jedenfalls haben wir also keine Ablenkung umgekehrt proportional der Stromintensität. Zu einer präzisen Ausmessung, um eine eventuelle schwache gegenseitige Beeinflussung der Elektrizitätsträger

und damit eine geringere Abhängigkeit von der Intensität zu entdecken, bietet die Ungenauigkeit der Methode keine Veranlassung.

Ich habe außerdem Versuche bei konstanter Stromstärke und verschiedener Spannung gemacht. Man kann zwei solche Zustände leicht durch geeignete Beeinflussung der Kühlung der Lampe herstellen, etwa durch Erhitzung des Entladungsgefäßes mittels Bunsenflamme. Z. B. wurde die Ablenkung bei der Belastung 3,6 Amp./48 Volt gemessen. Hierauf wurde erhitzt und der Vorschaltwiderstand geeignet reguliert, bis man einen Zustand bei 3,6 Amp./108 Volt erzielt hatte. Die Messung ergab eine ungefähr fünfmal so große Ablenkung. Während bei Kathodenstrahlen die Ablenkung mit zunehmender Spannung abnimmt, ist es hier gerade umgekehrt. Die Erklärung liegt vermutlich darin, daß die Dampfdichte im zweiten Falle erheblich höher ist, und daß mit der Dampfdichte die Reibung der Elektrizitätsträger so stark anwächst, daß sie den Einfluß der höheren Spannung auf die Geschwindigkeit überwiegt. Wenn diese Auffassung richtig ist, dann wäre allerdings der Einfluß der Reibung so groß, daß das erste Experiment nicht das experimentum crucis der Levi-Civita'schen Theorie genannt werden könnte.

Bonn, Physikalisches Institut d. Universität, im Juli 1911.

(Eingegangen 7. August 1911.)
