Kräften angefangen, mehr und mehr hinter der polarisirenden Kraft zurückzubleiben, jedoch beträgt der Unterschied höchstens 0,06 Daniell.

Da also die Gesamtpolarisation der polarisirenden Kraft sehr nahe gleich bleibt, so bietet das Anwachsen der Op. mit wachsender Kraft das entgegengesetzte Bild von demjenigen der Hp.: Eine rasche Zunahme der Hp. ist von einer langsamen der Op. und umgekehrt begleitet. Gas trat im luftleeren und im lufthaltigen Voltameter bei einer Kraft von etwa 2 Daniell an der Kathode auf, während die Anode noch gasfrei blieb. —

In einer folgenden Abhandlung werde ich Versuche mit Electroden aus Palladium mittheilen.

Math.-phys. Inst. der Univ. Giessen, Anf. Nov. 1886.

IV. *Methode zur Messung der electromotorischen Gegenkraft im electrischen Lichtbogen;* *von Leo Arons in Strassburg i. E.*

(Hierzu Taf. I Fig. 20.)

Der Werth der electromotorischen Gegenkraft im electrischen Lichtbogen ist eine bisher noch recht ungenau bestimmte Grösse. Von den angewendeten Methoden ist wohl nur die von V. v. Lang¹⁾ angegebene geeignet, die fragliche Grösse wirklich als eine electromotorische Gegenkraft darzustellen. Doch bietet diese Methode dadurch, dass zwei Lampen gleichmässig brennend erhalten werden müssen, beträchtliche Schwierigkeiten dar.

Seit langer Zeit mit der Idee beschäftigt, einen exacten bequemen Weg zur Bestimmung der erwähnten Grösse aufzufinden, überzeugte ich mich, dass eine von E. Cohn²⁾ vorgeschlagene, aber von den Physikern scheinbar wenig beachtete Methode zur Messung der Polarisation in Flüssig-

1) v. Lang, Wied. Ann. **26**, p. 145, 1885.

2) Cohn, Wied. Ann. **13**, p. 665, 1881.

keitszellen mit einer geringen Modification auch hier zum Ziel führen müsste. Diese Methode besteht kurz in folgendem: Der eine Zweig einer Wheatstone'schen Drahtcombination enthält die polarisirenden Elemente und die zu untersuchende Zelle; an Stelle der letzteren kann ein Metallwiderstand eingeschaltet werden. Die Brücke selbst enthält ein Galvanometer und die eine Rolle eines Dynamometers, während die andere mit der secundären Spirale eines Inductionsapparates die zweite Diagonale bildet.

Die Widerstände werden bei eingeschalteter Zelle so abgeglichen, dass das Dynamometer beim Erregen des Inductoriums keinen Ausschlag zeigt; gleichzeitig wird der Ausschlag am Galvanometer abgelesen. Sodann wird anstatt der Zelle solange Metallwiderstand eingeschaltet, bis das Dynamometer wieder einsteht, und ebenfalls am Galvanometer abgelesen. Zunächst hat man so durch einfache Substitution den Widerstand der Zelle ermittelt. Der Ausschlag am Galvanometer andererseits ist proportional der electromotorischen Kraft in dem Zweige der Zelle und einer gewissen Function sämmtlicher Widerstände.

Die electromotorische Kraft ist im ersteren Fall $E - e$, wenn E die Spannung der polarisirenden Kette, e die Gegenkraft der Zelle bedeutet, im zweiten Fall E ; der Widerstand ist in beiden Fällen der nämliche; das Verhältniss der Galvanometerausschläge gibt demnach den Werth $(E - e)/E$, d. h. die Gegenkraft ausgedrückt durch die electromotorische Kraft der Zelle.

Hr. Prof. W. Kohlrausch hatte die Liebenswürdigkeit, mir zur Ausführung der Versuche das electrotechnische Institut der Hochschule in Hannover zur Verfügung zu stellen. Ihm wie seinem Assistenten Hrn. Dr. C. Heim bin ich für ihre freundliche Unterstützung zum grössten Dank verpflichtet. An dieser Stelle möchte ich auch Hrn. Prof. Kayser, der mir verschiedene Apparate des physikalischen Instituts überliess, meinen besten Dank aussprechen.

Leider hatte ich nur eine kurze Zeit zur Verfügung, so dass ich nur zwei einigermaßen zuverlässige Messungen ausführen konnte; dazu kam, dass während der Zeit der Vor-

versuche durch einen unglücklichen Zufall die von mir benutzte Accumulatorenatterie vorübergehend in ihrem Betriebe gestört wurde und sich schliesslich ohne eine mehrere Tage in Anspruch nehmende Reparatur, die ich leider nicht mehr abwarten konnte, unbrauchbar erwies.

Die Anordnung der Versuche ist aus der Fig. 20 ersichtlich. Hierin bedeutet *A* die Accumulatorenatterie, *B* eine Bleidrahtsicherung, die bei zu starkem Steigen des Stromes abschmelzen konnte, *S*₁ einen Stromschlüssel, *W* einen veränderbaren Widerstand aus Neusilberstreifen, *F* ein Federgalvanometer nach F. Kohlrausch, *K* und *M* die Kohlen und die Magnetspirale einer Scharnweberlampe. Diese Lampe wurde gewählt, weil bei ihr Kohlen und Regulirvorrichtung nicht nebeneinander, sondern hintereinander angeordnet sind; durch den Schlüssel *S*₂ konnte zwischen den Kohlen ein Kurzschluss hergestellt werden, während die Magnetspirale *M* dauernd eingeschaltet blieb; *w*₁ war ein veränderbarer Widerstand wie *w*, während *w*₂ und *w*₃ Widerstände aus Nickeldraht von je 2 Ohm waren. *g* bezeichnet ein Siemens'sches Torsionsgalvanometer, an welchem ausser den gewöhnlichen Windungen zwei Rollen aus starkem Kupferdraht so befestigt waren, dass ein sie durchfliessender Strom pro Ampère 100° Ablenkung zeigte, *w*₄ war ein Widerstand, der die Stärke des Stromes in der Brücke auf eine passende Grösse bringen liess. *D*₁ bedeutet die feste Rolle eines Weber'schen Dynamometers. Die bewegliche Rolle war nicht, wie bei Cohn im Zweige der secundären Spirale *J* des Dubois'schen Schlittenapparates, sondern für sich durch eine zweite secundäre Spirale geschlossen. Die zu letzterer gehörige primäre Rolle war mit derjenigen des Dubois'schen Apparates zu einem Stromkreis, mit gemeinschaftlichem Unterbrecher verbunden; den primären Strom lieferten ebenfalls Accumulatoren. Hierdurch war erreicht, dass das Dynamometer durch den constanten Strom, der bei der ersten und zweiten Messung von sehr verschiedener Stärke war, keine Ablenkung erfuhr. Eine grössere Gleichmässigkeit der in beiden Rollen des Dynamometers verlaufenden Wechselströme soll bei künftigen Versuchen dadurch erreicht werden,

dass die secundäre Spirale in zwei nebeneinander laufenden gleichen Drahtlagen gewickelt werden wird.

Das Dynamometer war ein aus alten Bestandtheilen provisorisch hergestellter Apparat, da ein anderes nicht zur Verfügung stand. Der Mangel jeglicher Dämpfung machte die Bestimmungen ziemlich zeitraubend; auch schien es wünschenswerth, gleichzeitig mit den ausgedehnten Schwingungsbeobachtungen fortlaufende Ablesungen am Galvanometer zu machen; bei diesen Ablesungen wurde ich von den Hrn. Häberlein und Strömberg in zuvorkommendster Weise unterstützt.

Der Umstand, dass die Spannung der Accumulatorenbatterie wegen des oben erwähnten Unfalles nicht constant blieb, verursachte auch eine kleine Modification der Rechnung. Es wurde zunächst mittelst eines Siemens'schen Torsionsgalvanometers die Spannung E der Batterie gemessen, sodann die Bestimmungen bei eingeschalteter Lampe ausgeführt und wieder die Spannung der Batterie bestimmt. Die nämlichen Spannungsmessungen wurden vor und nach den Bestimmungen bei Einschaltung des entsprechenden Widerstandes an Stelle der Lampe ausgeführt. War der Mittelwerth der Ablesungen in Theilstrichen im ersten Fall a , im zweiten b , die entsprechenden Galvanometereinstellungen α und β , so ergaben sich folgende Gleichungen:

$$E - e = \alpha f(w), \quad E' = \beta f(w), \quad E = ac, \quad E' = bc,$$

worin E und E' die electromotorische Kraft der Batterie, e die Gegenkraft im Lichtbogen bedeuten; $f(w)$ ist eine bestimmte Function sämmtlicher Widerstände, und c der Reductionsfactor für die Ausschläge des zur Spannungsmessung verwendeten Torsionsgalvanometers auf Volt. c war für das Instrument durch Aichung vorher bestimmt worden. Aus den Gleichungen folgt:

$$e = \left(\frac{a}{b} - \frac{\alpha}{\beta} \right) E',$$

worin, da c bekannt, E' in Volts gegeben ist. Bei den beiden zur Durchführung gelangten Versuchen ergab sich folgendes:

I. Die Lampe brannte mit ca. 3,4 Amp. Die Einstellung des Dynamometers war 521 (aus Schwingungsbeobachtungen); α war vor und nach der Bestimmung 83 Theilstriche. $\alpha = 26.5$

Theilstriche im Mittel. Wurden an Stelle der Lampe 2 Ohm eingeschaltet, so war die Dynamometerstellung 524, bei einem Galvanometerausschlag $b = 49,8$ Th., bei 2,2 Ohm entsprechend 519, bei $b = 48,1$ Th. Hieraus ergibt sich zunächst als Widerstand des Lichtbogens 2,1 Ohm.

Als Werth für b wurde 49,0 angesetzt. Hieraus berechnet sich:

$$e = 0,48 E'.$$

Der Werth von E' in Theilstrichen war 81,2; um diese Zahl auf Volt zu reduciren, müssen 4 Proc. addirt werden, sodass man erhält:

$$e = 40,6 \text{ Volt}, \quad w = 2,1 \text{ Ohm}$$

bei einer Stromstärke von ca. 3,4 Ampère.

II. Die Lampe brannte mit ca. 4,1 Amp. Der Ersatzwiderstand ergab sich unmittelbar zu 1,6 Ohm. a und b waren 79,5 und 74,7 Th., α und β 51 und 93,5 Th. Hieraus folgt: $e = 0,51 E'$; E' war 74,7 Th., also:

$e = 39,6$ Volt, bei $w = 1,6$ Ohm und einer Stromstärke von ca. 4,1 Amp.

Die so gewonnenen Resultate zeigen zunächst die Anwendbarkeit der neuen Methode; sie sind wohl als auf 5 Proc. sicher anzusehen, und durch dieselben ist der grosse scheinbare Widerstand des Lichtbogens analog demjenigen einer Flüssigkeitszelle endgültig in seine beiden Bestandtheile zerlegt.

Die Resultate stimmen, was die electromotorische Gegenkraft betrifft, mit den von V. v. Lang erhaltenen gut überein. Die auffallende Grösse derselben findet sich bestätigt. Weitere Schlüsse zu ziehen, wäre verfrüht; ich hoffe Gelegenheit zu finden, Messungen wie die obigen mit besseren Hilfsmitteln auszuführen, und gedenke dabei vornehmlich die Veränderungen der betreffenden Grösse mit der Stromintensität zu untersuchen, und zwar auch mit Metallelektroden und in verschiedenen umgebenden Gasen.

Electrotechn. Inst., Hannover, October 1886.