

## 8. *Über das Leuchten verdünnter Gase im Teslafeld; von Karl Przibram.*

(Auszug aus einer der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien  
vorgelegten Arbeit.)

Verbindet man eine Metallscheibe mit einem Pol eines Teslatransformators, und bringt in das Feld dieser Scheibe eine evakuierte elektrodenlose Röhre, so leuchtet das verdünnte Gas (scheinbar) kontinuierlich. Durch allmähliches Entfernen der Röhre von der Scheibe gelangt man an einen Punkt, an dem die Feldintensität oder die auf die Röhre entfallende Potentialdifferenz nicht mehr zur Erhaltung der Entladung genügt und das Leuchten verlöscht. Man hat so ein bequemes Mittel, um relative Bestimmungen des Entladungspotentiales in verdünnten Gasen auszuführen. Zu solchen messenden Versuchen wurde die elektrodenlose Entladung zuerst wohl von O. Lehmann<sup>1)</sup> im Jahre 1883 angewendet. In neuester Zeit hat Bouty<sup>2)</sup> sehr eingehende Messungen nach einer ähnlichen Methode (Aufleuchten eines verdünnten Gases in einem elektrodenlosen Gefäße zwischen den Platten eines Luftkondensators, die durch eine Hochspannungsbatterie auf bekannte Spannungsdifferenz gebracht werden) ausgeführt. Das hier angewendete Verfahren, das nicht die Genauigkeit der Boutyschen Versuche beansprucht, sich dafür aber leicht und rasch handhaben läßt, besteht darin, daß eine mit einem Pol eines Teslatransformators verbundene Metallscheibe dem Entladungsgefäß genähert wird, bis in demselben Leuchten eintritt, und dann langsam bis zum Verlöschen des Leuchtens wieder entfernt wird. Ist das Leuchten einmal verloschen, so muß die Platte ein gutes Stück genähert werden, ehe es wieder eintritt — das bekannte schwere „Ansprechen“ elek-

1) O. Lehmann, Elektrische Lichterscheinungen. Halle. 1898.

2) E. Bouty, Compt. rend. 129. p. 152. 204. 1899; 131. p. 443. 469. 503. 1900; 133. p. 213. 1901.

trodenloser Röhren. In  $\text{CO}_2$  scheint dieser Verzug kleiner zu sein als in Luft, doch ist diese Erscheinung sehr launisch.

Versuche bei Drucken zwischen 40 und 9 mm und mit sphärischen Gefäßen von verschiedenem Durchmesser ergaben folgendes:

1. Mit abnehmendem Druck nimmt, wie bekannt, das erforderliche Spannungsgefälle ab.

2. Das Spannungsgefälle nimmt bei wachsendem Durchmesser des Gefäßes für Durchmesser unter 5 cm ab; oberhalb 5 cm ist es vom Durchmesser unabhängig.

3. In  $\text{H}_2$  ist das Spannungsgefälle beträchtlich kleiner als in Luft. In  $\text{CO}_2$  ist es für Kugeln bis zu 3 cm Durchmesser größer, für größere Durchmesser kleiner als in Luft.

4. Die Resultate für den oben angegebenen Druckbereich lassen sich in erster Annäherung ausdrücken durch die Formel  $1/E + C = A/l + Bp$ , wo  $E$  die Entfernung der Scheibe vom Entladungsgefäß in Zentimetern,  $l$  den Durchmesser des Gefäßes in Zentimetern,  $p$  den Druck in Millimetern Hg,  $A$ ,  $B$ ,  $C$  Konstante bedeuten.

$C$  war bei diesen Versuchen = 4,8 und

$A$ für Luft	0,09	für $\text{CO}_2$	0,13	für $\text{H}_2$	0,088
$B$ „ „	0,002	„ „	0,0014	„ „	0,00108

Die Formel gilt nur für Durchmesser unter 5 cm, da für größere, wie schon erwähnt,  $E$  vom Durchmesser unabhängig wird. Es rührt dies daher, daß in größeren Gefäßen das Leuchten im Moment des Verlöschens nicht mehr, wie in kleinen, das ganze Gefäß erfüllt; es zieht sich vielmehr beim Entfernen der Scheibe gegen diese hin zusammen, ehe es verlöscht.

Die Verwendung größerer Gefäße, am besten langer Röhren, gibt Anlaß zur Beobachtung einer eigentümlichen Schichtung der Entladung, die schon von H. Ebert u. E. Wiedemann<sup>1)</sup> kurz erwähnt worden ist und im folgenden näher beschrieben werden soll. Wird ein 1 m langes, 2,5 cm weites, auf zirka 10 mm evakuiertes Rohr in das Feld der Scheibe gebracht, so sieht man folgendes: von dem der Scheibe zunächstgelegenen Ende des Rohres geht eine etwa 30 cm lange Lichtsäule aus;

1) H. Ebert u. E. Wiedemann, Wied. Ann. 50. p. 14, 1893.

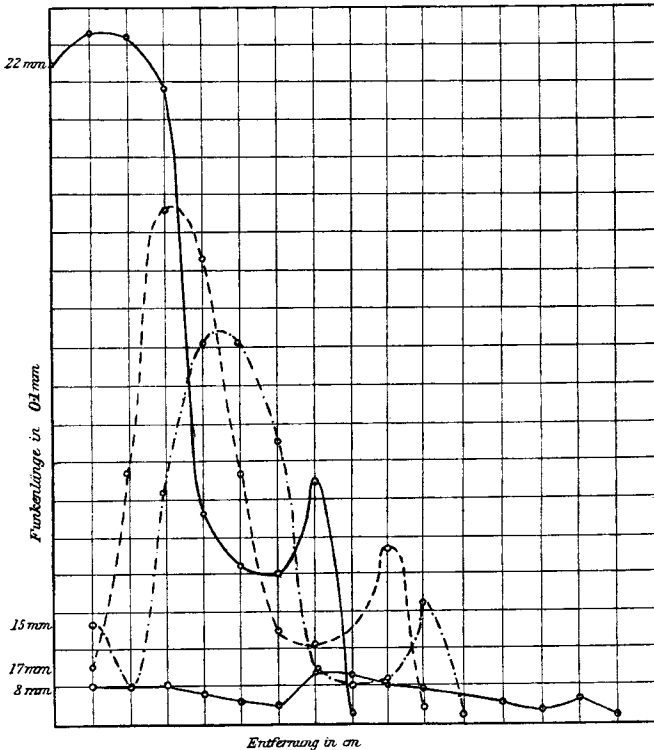
an diese schließt sich ein dunkler Raum von ein paar Zentimeter und dann wieder eine leuchtende Partie mit verschwommenem Ende. Bei einem Abstand von 3 cm zwischen Scheibe und Rohrende zeigt sich der Beginn der Schichtung bei zirka 33 mm Druck. Die Lichtsäule schnürt sich an ihrem Ende etwas ein und sendet mehrere Äste aus, die sich bei weiterem Evakuieren ablösen und die zweite leuchtende Schicht bilden. Bei abnehmendem Druck dehnt sich die ganze Erscheinung mehr aus. Bei langsamem Entfernen der Platte verschiebt sich die ganze Lichtsäule mit ihr; die erste Schicht verschwindet allmählich, während Dunkelraum und zweite Schicht annähernd unverändert bleiben. Ist die erste Schicht gerade im Verschwinden, so zeigt sich manchmal am Ende der zweiten Schicht noch eine schwache dritte. Verminderung der Kapazität im Primärkreis des Teslatransformators, also Erhöhung der Schwingungszahl, bewirkt bei konstant gehaltener Spannung nicht so sehr eine Veränderung der Schichtlänge, als eine Verschiebung der ganzen Erscheinung gegen den Röhrenanfang unter gleichzeitigem Auftreten neuer Schichten am entfernteren Ende der Lichtsäule.

Daß hier derselbe Vorgang stattfindet, wie in der geschichteten positiven Lichtsäule, ist wegen der großen Länge der Schichten bei dem hohem Drucke unwahrscheinlich. Eher könnte die Schichtung im vorliegenden Falle durch die verschiedene Ausbreitungsgeschwindigkeit der beiden Elektrizitäten (wie bei den Himstedtschen Versuchen mit der oszillierenden Spitzenentladung) bedingt sein, die an gewissen Stellen Anhäufung von Ladungen zur Folge haben wird, welche ihrerseits wieder Ausgangspunkte einer neuen Entladung werden könnten.

Jedenfalls ist es von Interesse zu untersuchen, ob mit der Lichterscheinung auch eine periodische Änderung des Spannungsgefälles Hand in Hand geht. Diese Untersuchung wird wesentlich erleichtert durch die Länge der Schichten und die Größe des Spannungsgefälles.

Ein Rohr wird mit zwei Sonden im Abstand von 5 cm voneinander versehen, die durch ein Funkenmikrometer von möglichst kleiner Kapazität verbunden sind; durch Verschiebung der Feldplatte kann ein beliebiger Teil der Lichtsäule zwischen die Sonden gebracht werden. Die am Mikrometer abgelesene

Funkenlänge, die das Leuchten zwischen den Sonden zum Verschwinden bringt, wird als Maß für das daselbst herrschende Spannungsgefälle genommen. Die Figur zeigt den Verlauf desselben in Luft von verschiedenem Druck. Die Abszissen geben die Entfernung der Platte, die Ordinaten die Funkenlänge. Man erkennt deutlich das Abfallen und Wiederansteigen des



Gefälles, und zwar liegen die Maxima des Gefälles im Anfang der leuchtenden Schichten, wo diese auch am hellsten sind.

Die Schichtung tritt auch in großen kugelförmigen Rezipienten auf, in denen die Lichterscheinung nicht bis zur Wand reicht. In solchen Rezipienten von zirka 30 cm Durchmesser lassen sich bei den hier angewandten Drucken bis zu 10 mm einige schöne Beobachtungen anstellen, die namentlich zur Kenntnis der Büschelentladung beitragen. Bekanntlich über-

wiegt in freier Luft an den Polen eines Teslatransformators die positive Büschelentladung <sup>1)</sup>, während bei sehr niedrigen Drucken nur die charakteristischen Kathodenerscheinungen <sup>2)</sup> auftreten. Eine dicht an die mit dem Teslapol verbundene Platte gebrachte große Glaskugel von 30 cm Durchmesser zeigt nun bei zwischenliegenden Drucken folgende Erscheinungen: bei etwa 150 mm Druck beginnt im Inneren die Entladung in Form einzelner zuckender Büschel, die von dem der Platte zunächst gelegene Teil der Kugelwand teils an dieser entlang, zum Teil aber auch in das Innere des Gases verlaufen. Bei abnehmendem Druck nehmen die Zweige des Büschels an Zahl ab, an Breite zu. Die an der Wand verlaufenden nehmen die von den elektrischen Figuren in verdünnter Luft <sup>3)</sup> her bekannte Hirschgeweihform an. Bei ca. 50 mm bemerkt man an der der Platte zunächstliegenden Stelle der Kugel einen diffusen Lichtnebel, der mit abnehmendem Druck wächst. Der Unterschied zwischen den zuckenden Büscheln und dem ruhigen Glimmen des Nebels ist sehr auffallend. Sind Büschel und Glimmen beide gut ausgebildet, so ziehen sich beim Entfernen der Platte die Strahlen des Büschels zusammen und verschwinden schließlich ganz, während der Lichtnebel noch bleibt. Das Büschel erfordert also ein stärkeres Spannungsgefälle. Erhöht man dieses durch Berühren der Kugel mit dem Finger, so treten an dieser Stelle sehr schöne Büschel auf. Es genügt auch, den Lichtnebel durch Annähern der Hand abzulenken; es schießen dann an den vom Glimmen entblöhten, von der Hand abgelegenen Stellen lange Strahlen hervor. <sup>4)</sup> Bei weiterer Verdünnung auf etwa 10 mm nimmt

---

1) Vgl. F. Himstedt, Wied. Ann. 52. p. 473. 1894; v. Wesendonck, Phys. Zeitschr. 4. p. 465. 1903.

2) H. Ebert u. E. Wiedemann, Wied. Ann. 50. p. 1. 1893.

3) Vgl. K. Przibram, Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissensch. zu Wien (2a) 108. p. 1161. Figg. 4 u. 5. 1899.

4) Spätere Versuche haben gezeigt, daß man dieselbe Wirkung wie durch Ablenkung des Lichtnebels mit der Hand auch mittels einer isoliert im Inneren des Rezipienten horizontal aufgehängten Nähnadel erzielen kann. Dreht man die Nadel so, daß ihre Spitze der Platte gegenüber zu stehen kommt, so zieht sich das Glimmen in einen zur Spitze gehenden intensiven Lichtstrom zusammen, und an den vom Glimmen entblöhten Stellen treten wieder Strahlen des Büschels auf. Vom abgewandten Ende

das Glimmen immer mehr überhand und füllt schließlich das ganze Innere der Kugel. Diese Versuche scheinen die Ansicht zu stützen, daß die Büschelentladung ein mehr explosionsartiger Vorgang ist, verursacht durch ein starkes Ansteigen des Spannungsgefälles infolge mangelhafter Elektrizitätsabfuhr durch Ionenwanderung. Zur Bestätigung mag auch noch darauf hingewiesen werden, daß das *positive* Büschel das negative in einem Gas um so mehr an Ausdehnung übertrifft, je *kleiner* die Beweglichkeit der positiven Ionen gegen die der negativen ist, wie folgende Tabelle zeigt.

Gas	Verhältnis des Durchmessers der positiven zu dem der negativen Figur <sup>1)</sup>	Verhältnis der Beweglichkeit der negativen Ionen zu der der positiven Ionen <sup>2)</sup>	
		trocken	feucht
Luft	4,5	1,375	1,10
O <sub>2</sub>	4,1	1,32	1,18
H <sub>2</sub>	3,5	1,19	1,05
CO <sub>2</sub>	2,6	1,07	0,915

Feuchtes CO<sub>2</sub> ist das einzige bekannte Gas, in dem das Verhältnis der Beweglichkeiten kleiner als 1 ist, und in der Tat erhält man hier leicht Figuren, bei denen Ausdehnung und Gestalt der Büschel vertauscht scheinen.<sup>3)</sup>

der Nadel geht als Fortsetzung des Lichtstroms ein diffuses Leuchten aus. Die Nadel zieht also, bildlich gesprochen, das Glimmen heraus und macht dadurch Platz für das Büschel. Die hier verwendete Versuchsanordnung eignet sich auch zur Demonstration der entladungsfördernden Wirkung des Radiums. Wird die Feldplatte so weit vom Rezipienten entfernt, daß das Leuchten verlöscht und man auch bei Berührung der Gefäßwand mit dem Finger keine Entladung erhält, so treten sofort wieder Büschel auf, wenn man ein in Aluminiumblech gewickeltes Radiumpräparat an den Rezipienten hält.

1) K. Przibram, l. c.

2) Zeleny, Phil. Trans. A. 195. p. 193. 1900.

3) K. Przibram, l. c., Fig. 8.

(Eingegangen 30. März 1904.)