

11. *Verhalten von isolirten
Leitern in einem electrischen Hochfrequenzfelde. —
Entwicklung des Glimmlichtes an denselben;
von H. Ebert und E. Wiedemann.*

In dieser sowie in einigen späteren Mittheilungen möchten wir einige Versuche besprechen, welche schon vor drei Jahren im Anschlusse an unsere gemeinsamen Arbeiten über die Leuchterscheinungen verdünnter Gase in dem Felde des Endcondensators eines Lecher'schen Systems angestellt wurden, deren Veröffentlichung in den Annalen sich aber aus äusseren Gründen bis jetzt verzögert hat.

Ueber die Verbreitung des Glimmlichtes auf der Kathode bei abnehmenden Gasdrucke bei Strömen grosser galvanischer Batterien hat Hittorf eine Reihe von schönen Beobachtungen angestellt; uns schien es interessant und theoretisch wichtig die Erscheinungen zu verfolgen, die eintreten, wenn isolirte Metallstäbe, seien es massive, seien es hohle (eventuell auch Cylinder aus Drahtnetz), die von verdünnten Gasen umgeben sind, sich in einem electrischen Hochfrequenzfelde befinden.

Die Verhältnisse liegen hier einfacher als wenn man einen Strom direct durch Electroden dem Gase zuführt. Denn in unserem Fall hängen die Potentialschwankungen und die Grösse der dielectrischen Verschiebungen fast allein von den Vorgängen im Lecher'schen Drahtsystem, das zur Erzeugung des Feldes dient, ab, und nicht von dem Gasdruck, während bei directem Stromdurchgang gerade der Gasdruck für die Potentiale von grösster Bedeutung ist.

Im Folgenden soll zunächst der Gang der Erscheinungen in seinen wesentlichen Zügen, und zwar wenn das Drahtsystem nur *einmal* überbrückt ist, mitgetheilt werden; die Erregung ist dann am kräftigsten und die Erscheinungen am einfachsten.¹⁾

1) Vgl. H. Ebert und E. Wiedemann, **49.** p. 19. 1893. Eine Beschreibung der Erscheinungen, wie sie bei nicht überbrücktem Drahtsystem auftreten, unterlassen wir, da sie zu unübersichtlich sind.

Wir knüpften bei unseren Untersuchungen an den folgenden Versuch an.¹⁾

Typisches Entladungsbild. Eine mit der Pumpe verbundene Glaskugel befindet sich zwischen den Endplatten des Lecher'schen Drahtsystems vgl. Fig. 1 und 2.

Liegt ein Metallstab in der Kugel parallel zu der Axe des Condensators, so tritt bei relativ sehr hohen Drucken an den beiden Enden *a* und *b* des Metallstabes blaues Glimm-

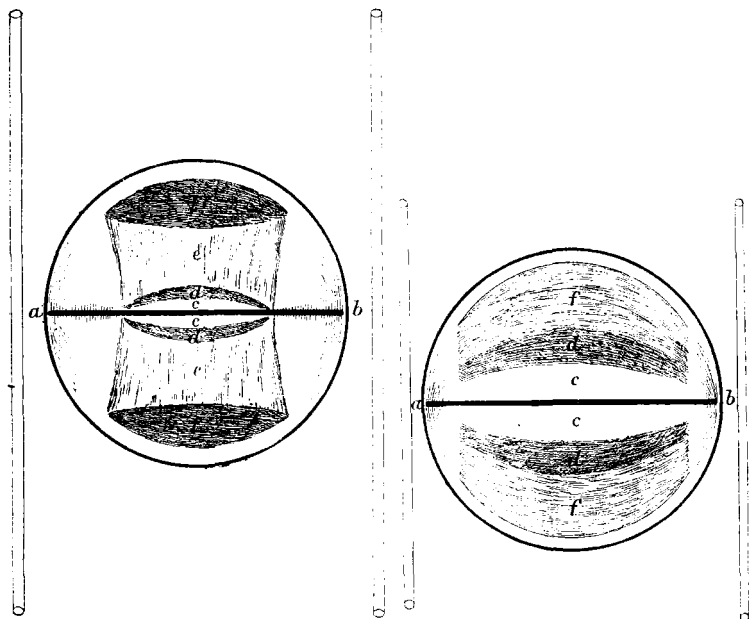


Fig. 1.

Fig. 2.

licht auf, das sich über die Wand der Glaskugel verbreitet und dort beiderseitig den positiven Lichtenberg'schen Figuren ganz ähnliche sich verästelnde Gestalten zeigt. Mit abnehmendem Drucke verbreitert sich das Glimmlicht nach der zunächst lichtlosen Mitte des Stabes hin, bis bei einem gewissen Druck und einem gewissen Abstand der Enden des Glimmlichtes (1—2 cm) voneinander die Enden des letzteren durch eine rothe Lichtbrücke *d* verbunden werden (Fig. 1). Das rothe Licht ist von dem Stab

1) H. Ebert und E. Wiedemann, Sitzungsber. d. Physical.-med. Societät 2. Febr. 1892, p. 27.

durch einen dunkeln Raum c getrennt. Um das rothe Licht lagert sich ein zweiter dunkler Raum e , auf den dann nach der Wand hin ein äquatorialer, röthlich leuchtender Hohlcyylinder f folgt; an den Enden des Stabes liegen von demselben durch dunkle Räume getrennte bläuliche Calotten. Das ganze Phänomen erinnert in seinen Grundformen an das bei einer Kugel ohne Draht¹⁾, nur dass hier die den Draht begleitenden Lichterscheinungen hinzutreten.

Das positive Licht bei d gehört zu dem Glimmlicht an den beiden Enden des Metallstabes. Das rothe Licht bei f dagegen zu dem bei a und b an der Wand der Glaskugel auftretenden Glimmlicht.

Bei abnehmendem Druck vergrößert sich der dunkle Raum c , d rückt gegen f vor und bringt so den Raum e zum Verschwinden (Fig. 2). Das Aussehen nähert sich mehr und mehr demjenigen einer Kugel ohne Stab.

Zu beachten ist, dass, wenn die leuchtende Hohlkugel sich von den Wänden zurückgezogen hat, die in den Räumen zwischen Wand und leuchtender Hohlkugel befindlichen Drahtstücke ganz dunkel sind.²⁾

Um die Vorgänge genauer zu untersuchen, haben wir ausser der Kugel meist 3,7 bis 4,5 cm weite cylindrische Glasröhren benutzt, die an den Enden mit Glas- bez. Metallplatten verschlossen waren; die letzteren wurden mit den Enden der Lecher'schen Drähte selbst verbunden, die ersteren standen zwischen den Endcondensatorplatten des Lecher'schen Systems. Um die Metallstäbe in der Axe der Röhren zu halten, wurden sie an Punkten, die um $\frac{1}{3}$ der Länge von den Enden abstanden, auf schmale Glimmerblättchen aufgekittet oder durch solche geeignet aufgeschnittene schmale Glimmerstreifen gesteckt. Die Art der Befestigung war ohne Einfluss auf die Erscheinungen, wie Versuche zeigten, bei denen die Stäbe ihrer ganzen Länge nach auf Glimmer aufgekittet oder mit feinen Drähten angebunden worden waren, oder durch drei senkrecht zu ihrer Axe angelöthete Drähte in der Mitte des Rohres festgehalten wurden.

1) Vgl. Wied. Ann. 50. p. 222. 1893 und Tafel I. Fig. 13.

2) Vgl. Wied. Ann. 50. p. 226. 1893.

Erscheinungen an massiven Drähten.

Versuch 1. In einem an beiden Enden mit Glasplatten verschlossenen Rohre (Länge = 20,5 cm, Durchm. = 4,5 cm) befand

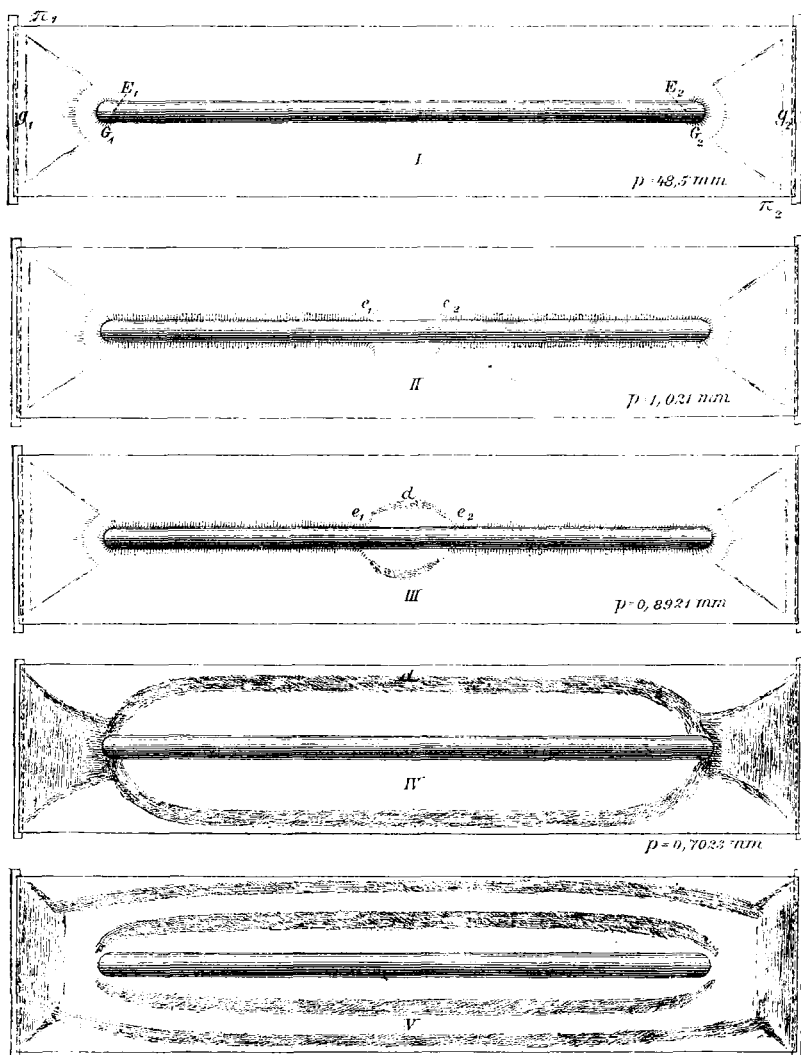


Fig. 3.

sich ein an den Enden abgerundeter Metallstab (Länge = 15,7 cm, Durchm. = 0,5 cm), dessen Enden von den Glasplatten auf beiden

Seiten gleich weit abstanden. Bei hohen Drucken, etwa 50 mm, tritt (Fig 3 I) an den beiden Platten π_1 und π_2 bläuliches Glimmlicht g_1 und g_2 auf und ebenso sind die beiden Enden E_1 und E_2 des Stabes mit Glimmlicht G_1 und G_2 bedeckt; zwischen g_1 und G_1 und g_2 und G_2 ist positives Licht vorhanden, das von dem Glimmlicht beiderseits durch den dunkeln Trennungsraum gesondert ist, es bildet einen Kegelmantel, der nach dem Stab zu convergirt. Erhöht man die Potentiale an π_1 und π_2 , indem man die primäre Funkenstrecke des Lecher'schen Systems vergrössert, so wird g_1 und g_2 länger. Verdünnt man das Gas, so rückt das Glimmlicht G_1 und G_2 von beiden Seiten des Stabes nach der Mitte symmetrisch vor, wobei seine Dicke sich kaum verändert. Bei einem Druck $p = 1,02$ mm (Fig. 3 II) hebt es sich an den nach der Mitte des Stabes gelegenen Enden in die Höhe und etwas von dem Metallstab ab, gleich darauf (Fig. 3 III), ($p = 0,89$ mm) spannt sich ein rother positiver Lichtfadenbogen d von dem Ende e_1 der einen Glimmlichtschicht zu dem der anderen e_2 , von beiden durch einen dunkeln Raum getrennt.

Bei weiterer Verdünnung wird der rothe Bogen immer länger (Fig. 3 IV), indem seine Enden mehr und mehr nach den Enden des Stabes vorrücken und zwar unter gleichzeitigem Verschwinden des Glimmlichtes, das eine röthliche Farbe annimmt. Zugleich hebt sich das positive Licht schnell von dem Stabe ab, sodass bei einem gewissen Druck der Bogen nur noch mit den Enden des Stabes zusammenhängt.

Evacuirte man noch weiter, so entwickelte sich die Erscheinung (Fig. 3 V) gerade so, als ob kein Metallstab vorhanden wäre¹⁾; in dieses Lichtgebilde hinein waren aber noch Reste der eben geschilderten Erscheinung eingelagert. Sie waren etwas breiter als bei höheren Drucken und berührten ebensowenig wie die Erscheinung ohne Stab die Wände des Glasrohrs.

Die Vorgänge an den Platten selbst beschreiben wir nicht, da sie ganz den früher behandelten entsprechen. Ganz ähnliche Erscheinungen treten auf, wenn man statt der Glasplatten an den Enden des cylindrischen Rohres Metallplatten benutzt und diese direct mit den Enden des Lecher'schen Drahtsystems verbindet.

1) Vgl. Wied. Ann. 50. Tafel I. Fig. 18.

Die folgenden Zahlen geben ein Bild über die Schnelligkeit der Ausbreitung des Glimmlichtes über den Stab und des Abhebens des positiven Lichtes von demselben. Ist p der Druck in mm Hg, l mm die Länge des Glimmlichtes, gerechnet vom Ende des Stabes, a mm der Abstand des positiven Lichtes d vom Stab, so ist:

p :	35	24	13	2.4	1.4	1.2	1.03	0.89
l :	2	5	20	40	55	65	75	70
$p =$	0.7	0.4	0.2	0.06				
$a =$	1.5	3	7		fast ganz losgelöst.			

Die Abnahme von l von 75 mm zu 70 mm ist von einer Verlängerung der positiven Lichtbrücke begleitet, die Dicke des Glimmlichtes ist bei allen Drucken 0,5—1 mm.

Die obigen Zahlen wurden erhalten als Metallplatten an den Enden der Röhre angebracht waren; Versuche bei Benutzung von Glasplatten ergaben ganz analoge Resultate.

Die eben beschriebenen Erscheinungen sind durchaus nicht daran gebunden, dass ein Metall und ein verdünntes Gas sich *unmittelbar* berühren, sie treten in ganz derselben Weise auch auf, wenn man den Metallstab mit einem an beiden Enden zugeschmolzenen Glasrohr umgiebt, oder wenn man ein mit Quecksilber gefülltes Rohr in den Entladungsraum einschiebt, nur ist dann die ganze Erscheinung weniger scharf. Dies scheint vor allem gegen die Ansicht zu sprechen, dass die Glimmlichtstrahlen von negativ geladenen Metalltheilchen herühren, welche von der Kathode fortgeschleudert werden. —

In gewisser Hinsicht entsprechen die Erscheinungen denen an secundären, durch Berührung der Wand erzeugten Kathoden, wenigstens bei so hohen Drucken, bei denen Glimmlicht nur an den Enden der Stäbe auftritt.

Bei Anwendung eines Glasstabes allein im Rohr trat nichts von den geschilderten Erscheinungen oder doch nur sehr wenig Bemerkenswerthes ein.

Erscheinungen an einem Hohlcyylinder aus Drahtnetz. (Fig. 4.)

In einem längeren Glasrohre liegt ein Hohlcyylinder aus Drahtnetz (in der Figur ist nur der mittlere Theil des Drahtnetzes gezeichnet, um das im Innern auftretende Glimmlicht sehen zu lassen).

Bei höheren Drucken tritt zunächst wie bei Stäben an beiden Enden E_1 und E_2 des Cylinders Glimmlicht auf und zwar sowohl an der Aussen- wie an der Innenseite. Mit abnehmendem Druck rückt das Glimmlicht sowohl innen wie aussen nach der Mitte m des Cylinders vor. Haben sich die Glimmlichtschichten fast bis zur Berührung genähert, so heben sie sich zunächst an der Aussen-, dann an der Innenseite von der Mitte des Metalles ab und *zwei* röthliche Lichtbogen d_a und d_i treten auf. Wie an der Aussenseite so hebt sich auch das röthliche Licht an der Innenseite von dem Leiter ab, da dies aber in letzterem Fall von allen Seiten gleichzeitig geschieht, so entwickelt sich ein ziemlich dünner Cylinder röthlichen Lichtes, der sich bei zunehmender Verdünnung immer weiter nach den Enden des Cylinders ausdehnt.

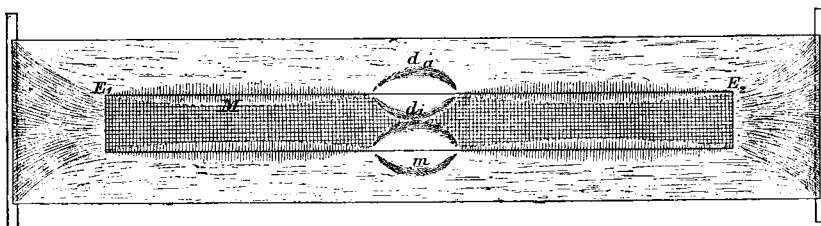


Fig. 4.

Die Vorgänge an der Aussenwand des Cylinders entsprechen vollkommen den oben beschriebenen Erscheinungen an Stäben.

Einfluss der Dimensionen des Stabes auf das Vorrücken.

Eine grosse Anzahl Versuche wurde angestellt, um zu bestimmen, von welchen Umständen das Vorrücken des Glimmlichtes längs der eingesetzten metallischen Leiter abhängt. — Das sicherste Mittel hierzu war ausser directen Messungen der Längen des Glimmlichtes an den Stäben die Bestimmung des Druckes, bei dem die Abhebung des Glimmlichtes von dem Metallstab eintrat und die rothe Brücke positiven Lichtes sich zeigte.

Um unter ganz gleichen Verhältnissen zu experimentiren, wurden an die Pumpe zwei gleich weite und gleich lange cylindrische Röhren angeschmolzen, die gleichzeitig evacuirt

werden konnten. In dieselben wurden verschieden lange, verschieden dicke Metallstäbe gebracht.

Die stets gleich weit voneinander abstehenden Condensatorplatten werden so verschoben, dass bald die eine bald die andere Röhre sich zwischen ihnen befindet. Ist dann bei dem einen Rohr eben der rothe Bogen aufgetreten, so genügt ein Verschieben des Condensators, um festzustellen, ob dies auch bei dem anderen der Fall war.

Hierbei ergab sich:

1. Das Glimmlicht schreitet um so schneller vor, die Abhebung in der Mitte tritt um so früher ein, je dünner der Draht ist.

2. Bringt man auf den Glimmerblättern nebeneinander statt eines mehrere Drähte an, so rückt bei mehreren Drähten das Glimmlicht langsamer vor als bei einem einzelnen.

Je grösser die Zahl der Drähte, um so später, d. h. bei um so niederen Drucken tritt die rothe Lichtbrücke auf. Es wurden bis zu 8 Drähten nebeneinander ausgespannt.

3. Verwendet man gleich dicke Stäbe und Metallröhren im Inneren gleichweiter Glasröhren, so tritt bei letzteren die rothe Brücke bei niederen Drucken d. h. später auf als bei ersteren.

4. Wurde ein kürzerer und ein längerer Draht nebeneinander untersucht, so zeigte sich bei ersterem die Lichtbrücke eher als bei letzterem.

(Eingegangen 22. Juli 1897.)