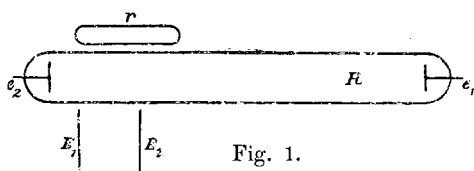


**9. Ueber die Absorption electrischer Schwingungen durch electroluminescirende Gase und die durch letztere ausgeübten Schirmwirkungen;
von E. Wiedemann und G. C. Schmidt.**

(Im Auszug mitgetheilt in den Sitzungsber. der Societas physico-medica Erlangen, 8. März 1897.)

Werden verdünnte Gase durch Ströme, die in ihrer Nähe verlaufen und deren Intensität sich schnell ändert, zum Leuchten erregt, so leuchten überwiegend die der Erregungsstelle zunächst gelegenen Theile derselben. Die wei-



ter entfernt liegenden Theile werden durch die ersteren gegen eine Erregung *geschirmt*. Besonders deutlich tritt dies hervor, wenn man die Gase in zwei Röhren

(Fig. 1) bringt, von denen die eine R der erregenden Ursache näher liegt, die andere r weiter von ihr entfernt ist. Für die Ströme eines Inductoriums ist die Erscheinung von J. Moser ¹⁾, für die Entladungsströme von Leydener Flaschen durch J. J. Thomson ²⁾ untersucht worden. In beiden Fällen sind die Verhältnisse ziemlich complicirt; in dem durch electrische Schwingungen erregten Gase entwickelt sich ein an Intensität abnehmender Inductionsstrom. Die Schwingungen sind schnell gedämpfte.

Für die langsam gedämpften Schwingungen eines Lecher'schen Drahtsystems haben H. Ebert und E. Wiedemann ³⁾ die Schirmwirkungen eingehend untersucht, indem sie zwischen eine leicht ansprechende electrodenlose Röhre r und die Endcondensatorplatten E_1 E_2 des Lecher'schen Systems all-

1) J. Moser, Compt. rend. 110. p. 397; Beibl. 14. p. 409. 1890.

2) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 32. p. 321 u. 445; Beibl. 16. p. 560. 1892.

3) H. Ebert und E. Wiedemann, Wied. Ann. 49. p. 43. 1893.

mählich immer weiter ausgepumpte Röhren R brachten. An den beiden Platten E_1 und E_2 entwickeln sich Kathodenerscheinungen: Kathodenstrahlen und dunkler Kathodenraum (Goldstein's zweite Kathodenschicht) Glimmlicht, während daneben im Rohr die positive Lichtsäule auftritt. Mit abnehmendem Druck dehnt sich der dunkle Kathodenraum immer weiter aus. Die Versuche ergaben nun, dass die Schirmwirkung aufhört, sobald die um die Condensatorplatten E_1 E_2 sich bildenden und in das Gas eindringenden dunklen Räume A A (Fig. 2) fast ganz oder ganz bis zur gegenüberliegenden Seite des Rohres reichten. In diesen Räumen wird von dem Condensator ausgehende Energie nicht absorbiert. In engeren Röhren R hört die Schirmwirkung früher auf als in weiteren.

Ob bei einem bestimmten Druck demnach ein Gas schirmt oder nicht, hängt also nicht allein von dem *Druck*, sondern auch von den *Dimensionen* des Rohres ab.

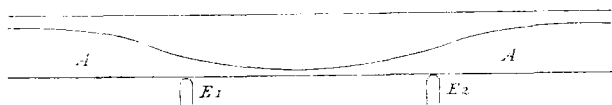


Fig. 2.

Aus der Thatsache, dass ein Gas in einer Röhre von bestimmten Dimensionen *nicht* schirmt, den Schluss zu ziehen, dass *das Vacuum ein Nichtleiter* ist, ist demnach offenbar nicht statthaft. Mit diesen Erscheinungen hängt eng zusammen die Nichterregbarkeit¹⁾ von verdünnten Gasen zwischen den Endcondensatorplatten.

Bei allen oben erwähnten Versuchen war aber die *erregende* Störung auch die *absorbierte*. Es schien ein besonderes Interesse zu haben, zu untersuchen, in wie weit die verschiedenen Theile eines von einem Strom S durchflossenen Entladungsröhres ein anderes gegen die Erregung durch electrische Schwingungen schirmten.

1) H. Ebert und E. Wiedemann, Wied. Ann. 62. p. 182. 1897.

1. Verhalten von Gasen, die durch einen Strom zum Leuchten gebracht sind, gegen electricische Oscillationen.

Die Versuchsanordnung war folgende (Fig. 1):

E_1 und E_2 sind die Platten des Endcondensators eines Lecher'schen Drahtsystems. R ist ein Glasrohr mit zwei kreisrunden Electroden e_1 und e_2 ; dasselbe ist an eine Geissler'sche Quecksilberpumpe angesetzt. Die Electroden e_1 und e_2 sind mit einem Commutator und einem Stromschlüssel verbunden. Als Electricitätsquelle diente meist eine 20 plattige Influenzmaschine, in einzelnen Fällen eine Accumulatorenbatterie mit 1000 Elementen, die ca. 2000 Volt Spannung lieferte. Die Röhre r ist eine kleine electrodenlose Röhre, sie ist an eine Töpler'sche Pumpe unter Zwischenschaltung eines Bleirohres angesetzt, um sie in jede Lage neben R bringen zu können. Sie wird soweit evacuirt, dass sie leicht auf die Schwingungen des Lecher'schen Drahtsystems anspricht.

R ist soweit ausgepumpt, dass um e_2 als Kathode sich ein grösserer dunkler Raum ausbildet. Dann reichen auch die Räume AA in Fig. 2 ziemlich weit in das Rohr R hinein, und bei Stromlosigkeit von R spricht r an. Leitet man den Strom durch R und macht man e_2 zur Anode, lagert sich also an e_2 die positive Lichtsäule, so erlischt r oder wird doch sehr viel dunkler; der eventuell noch vorhandene Rest von Licht in r wird ganz an R hingezogen. Wie die an die Anode grenzenden Theile der positiven Lichtsäule verhalten sich auch ihre anderen Theile, alle üben eine Schirmwirkung aus. Macht man e_2 zur Kathode, und stellt man r hinter den dunklen Kathodenraum, so ändert sich bei einem Oeffnen und Schliessen des Stromes kaum die Helligkeit in r , der Raum um die Kathode schirmt nicht.

Aus dem Versuche folgt: Durch den Strom zum Leuchten erregte, also electroluminescirende Gase, absorbiren, auch wenn sie dies stromlos nicht thun, auf sie treffende Schwingungen; der dunkle Kathodenraum absorbirt electricische Schwingungen nur sehr schwach. Er verhält sich hierin wie ein Nichtleiter.

Die Versuchsergebnisse erinnern an diejenigen von Burke¹⁾, nach denen die Lichtabsorption von fluorescenzfähigen Sub-

1) Burke, Proc. Roy. Soc. London 10. Juni 1897.

stanzen grösser ist, wenn sie fluoresciren, also selbst Licht aussenden, als wenn sie dies nicht thun.

Um möglichst vollständig die Wirkung an der Kathode allein zu untersuchen, wurde der Abstand von E_1 und E_2 möglichst klein und zwar zu 2 cm gemacht.

Der Unterschied zwischen der Schirmwirkung von Kathode und Anode liess sich dann besonders gut feststellen, wenn man die Brücke des Lecher'schen Drahtsystems von dem Hauptknoten aus so weit verschob, dass bei Zwischenschaltung der positiven Lichtsäule das Rohr r gerade erlosch. Machte man dann e_2 zur Kathode, so leuchtete es weiter.

Bei sehr niederen Drucken, wo das ganze Rohr von Kathodenstrahlen erfüllt war, schirmte dasselbe, auch wenn es vom Strom durchflossen war, nicht.

Durch die erhöhte Anregbarkeit eines Gases beim Hindurchleiten eines Stromes ist noch folgende Erscheinung bedingt: Bei so hohen Drucken, dass unter dem Einfluss der Schwingungen in R nur eine schwache Anregung stattfindet, wird r , das ziemlich weit von E_1 E_2 abstehen möge, zunächst nicht erregt, wohl aber leuchtet r auf, sobald durch R ein Strom hindurchgeleitet wird. In diesem Falle dient R als Anregerröhre für r , die nur dann wirken kann, wenn in ihr selbst eine genügend starke Erregung vorhanden ist.¹⁾

2. Wirkung der Kathodenerscheinungen des Hauptrohres auf die Kathodenstrahlen des Endcondensators.

Legt man die Platten des Endcondensators E_1 und E_2 an R an, so treten bei tiefen Drucken, wenn die Anregung eine hinlänglich kräftige ist gegenüber von E_1 und E_2 grüne ovale Ringe (Fig. 3a (a)) auf. Pumpet man weiter aus, so werden sie grösser und verschwinden zuletzt infolge der ungenügenden Anregung von R . Sobald man durch R den Strom schickt, entwickeln sie sich wieder intensiv bez. werden kleiner, ein Zeichen dafür, dass in dem verdünnten, stromdurchflossenen leuchtenden Gase in R von E_1 nach E_2



Fig. 3a.

1) Ueber die Anregbarkeit von Röhren durch andere, vgl. Wied. Ann. 49. p. 36 ff.

und umgekehrt Bewegungen gehen, die in den dunklen Räumen nicht auftreten konnten. Bei mittleren Drucken sind die E_1 und E_2 entsprechenden Ringfiguren ganz gleich, bei solchen Drucken, bei denen aus e_2 ein intensives *Kathodenstrahlenbündel* austritt, treten grosse *Unterschiede* auf. Mit abnehmendem Druck wächst der von der Kathode entferntere Ring ganz langsam wie bei einem nicht vom Strom durchflossenen Rohr, der E_1 gegenüberliegende wächst viel schneller



Fig. 3 b.

und scheint in der Mitte entzweigeschnitten zu sein (Fig. 3 a (b)), gerade als ob die von e_2 ausgehenden Kathodenstrahlen eine deflectorische Wirkung auf die von der Wand bei E_1 ausgehenden Strahlen ausübten.

In den meisten Fällen gestaltet sich die Erscheinung etwas weniger typisch.

Rückt E_1 nach der Kathode e_2 zu, so erscheint der grüne

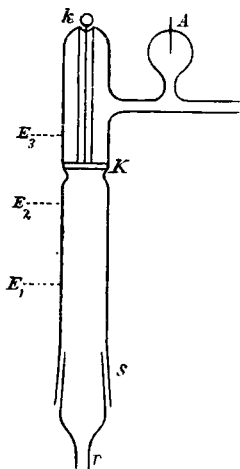


Fig. 4.

Ring nach e_2 zu abgeschnitten, seine Grenze rückt der Kathode nicht näher als auf 1,5 cm. Jedenfalls spielen die Deflexionserscheinungen an der Kathode eine grosse Rolle.

Die Erscheinung des grünen Ringes ist dann die in Fig. 3 b wiedergegebene. Die beiden Begrenzungen sind stark auseinander gerückt, sie liegen 3—4 mal soweit auseinander als unter normalen Verhältnissen, wenn z. B. e_2 Anode ist.

Mit diesem eigenthümlichen Verhalten des dunklen Kathodenraumes electrischen Schwingungen gegenüber hängt auch folgende Thatsache zusammen. Ist in ein Entladungsrohr eine durchbohrte Metallplatte K (Fig. 4) eingesetzt (die

Durchbohrung kann auch in Spalten bestehen wie bei dem Stuhl'schen Apparat für Canalstrahlen, und stellt man die Endcondensatoren eines Lecher'schen Drahtsystems $E_2 E_3$ auf beiden Seiten von K auf, so *treten*, wenn von K zu A kein Strom fliesst, unter dem Einfluss der Oscillationen an den Durch-

bohrungen kleine *Büschelchen* auf. Sobald der Strom AK geschlossen wird, sodass K Kathode, A Anode ist, *verschwinden* sie; eine Bewegung von E_2 nach E_3 kann nicht durch den dunklen Kathodenraum um K gehen.

3. Schirmwirkung von Flammen gegen electrische Schwingungen.

Nachdem sich ergeben hatte, dass verdünnte Gase, die electroluminesciren, im Stande sind electrische Schwingungen zu absorbiren, schien es von Interesse auch die Wirkung von Flammen in dieser Hinsicht zu untersuchen. Dazu wurde bei der relativen Schmalheit der schirmenden Fläche folgende Anordnung getroffen: Die verticalen Condensatorplatten wurden auf 1,4 cm einander genähert. Im Abstand von 3,5 cm stand die Röhre r aber vertical; zwischen R und r waren zwei Schirme aufgestellt, zunächst an R ein Glimmerschirm, davon im Abstand von 2,2 cm ein Asbestschirm. Zwischen beiden brannte die Flamme; der Glimmerschirm diente, um ein Ableiten von E_1 und E_2 durch die Flamme zu hindern, der Asbestschirm zum Schutz der Röhre r . Da bei der relativ grossen Entfernung der Röhre und ihrer kleinen Ausdehnung in der Richtung der Potentialschwankungen ihre Erregung nur schwierig erfolgte, so wurde etwas Quecksilber in sie hineingebracht und erwärmt. Dadurch wurde die Empfindlichkeit in hohem Grade gesteigert.

Die Versuche ergaben: *Weder ein Fischschwanzbrenner, noch ein Bunsenbrenner für sich, noch ein Bunsenbrenner, der durch verdampfendes Chlornatrium, metallisches Natrium oder Chlorkalium intensiv gefärbt war, schirmten in irgend merklicher Weise.*

4. Schirmwirkungen gegen electrostatische Kräfte.

Von verschiedenen Seiten ist eine Schirmwirkung von leuchtenden Gasen gegen electrostatische Einflüsse angenommen worden, um z. B. die Nichtbeeinflussung von Kathodenstrahlen etc. durch genäherte geladene Körper zu erklären. Wir haben im Anschluss an die obigen Versuche hierüber eine Reihe von Beobachtungen angestellt.

Ein 2 cm weites und 30 cm langes Entladungsrohr R war horizontal aufgestellt. Unterhalb desselben befand sich etwa im Abstand von 0,5 cm die Kugel E eines empfindlichen

Goldblattelectroskopes. (Eine Divergenz der Blättchen um 40 mm entsprach etwa 560 Volt.)

Ueber die Röhre *R* wurden horizontal, parallel zu ihrer Axe, im Abstand von 0,5 cm geriebene (positive) Glasstäbe und (negative) Harzstäbe gehalten.

Dabei ergab sich bei nicht sehr weit getriebener Verdünnung, dass stets, wenn man zunächst über die stromlose Röhre den electrisirten Körper hielt, mochte er + oder – sein, der Ausschlag des Electrometers etwa auf die Hälfte zurückgeht, sobald der Strom geschlossen wird. Genaue Bestimmungen lassen sich natürlich nicht ausführen.

Danach schirmt also eine stromdurchflossene Röhre gegen electrostatische Kräfte und zwar dadurch, dass in ihr unter dem Einfluss des electrischen Feldes electrische Ladungen der Rohrwand entstehen, welche die Wirkung des electrisirten Körpers aufheben.

Dem entspricht auch, dass, wenn man den Strom wieder öffnet, die Electroskopblättchen nicht wieder auseinandergehen, die Electricitäten bleiben auf der Glaswand; entfernt man aber den Glas- bez. Harzstab und nähert man ihn wieder, so gehen die Blättchen wieder stark auseinander. Die an den Wänden angehäuften Electricitäten haben sich, als der Glasstab sie nicht beeinflusste, durch die Elektroden entladen.¹⁾

Die Ladungen an den Wänden rühren wahrscheinlich von einem *Transversalstrom* her. Für Potentialgradienten von wenigen Volt tritt ja in electroluminescirenden Gasen bereits ein Strom auf. Ein solcher Potentialgradient ist aber zwischen dem geriebenen Glasstab und der Electroskopkugel, die sich ca. 3 cm voneinander befanden, sicher vorhanden. Das Potential des Glasstabes betrug mindestens 4000 Volt, denn so hoch erwies sich die Spannung an einem F. Braun'schen Electroskop, als der Glasstab mehrmals über den Kopf desselben bewegt wurde.

Ist das Rohr soweit *ausgepumpt*, dass deutliche Kathodenstrahlen auftreten, so divergiren die Goldblättchen auch ohne

1) *Anm.*: Je nach den Umständen bleiben aber mehr oder weniger grosse Electricitätsmengen von einem Versuche zum andern auf den Wänden; um übereinstimmende Resultate zu erhalten, muss man zwischen je zwei Beobachtungen das Rohr mit einem Bunsenbrenner erwärmen.

Annäherung eines electrisirten Körpers von selbst, bei Annähern von Siegellack fallen sie zusammen, bei Annähern von Glas gehen sie auseinander. Es muss also freie *positive* Electricität im Rohr vorhanden sein. Abgesehen von den Betrachtungen von E. Wiedemann¹⁾ und den Versuchen von E. Warburg²⁾ wird ja auch wenigstens in der Nähe der Kathode jeder von Kathodenstrahlen getroffene Körper *positiv*³⁾, aus ihm treten Kathodenstrahlen aus.

Die bei Annäherung von geladenen Leitern in einem electroluminescirenden Gase auftretenden Transversalströme müssen jedenfalls bei der Erklärung der von G. Jaumann⁴⁾ beobachteten Ablenkung Kathodenstrahlen durch geladene genäherte Leiter berücksichtigt werden. Dafür sprechen auch die neuen Versuche von K. E. F. Schmidt⁵⁾. Dasselbe gilt für die Erklärung der entsprechenden Bewegungen der positiven Lichtsäule.⁶⁾

Resultate.

1. Durch den Strom zum Leuchten erregte electroluminescirende Gase absorbiren, auch wenn sie dies stromlos *nicht* thun, auf sie treffende electrische Schwingungen; der dunkle Kathodenraum absorbirt electrische Schwingungen nur sehr schwach. Er verhält sich hierin wie ein Nichtleiter.

2. Auf die an einem Lecher'schen Endcondensator erzeugten Kathodenerscheinungen übt die Kathode eines stromdurchflossenen Rohres und die von denselben ausgehenden Kathodenstrahlen eine deflectorische Wirkung aus.

3. Flammen, sei es mit oder ohne Metaldämpfe schirmen *nicht* gegen electrische Schwingungen.

4. Electroluminescirende Gase schirmen wahrscheinlich infolge von Transversalströmen gegen electrostatische Kräfte.

1) E. Wiedemann, Wied. Ann. **20**. p. 777. 1883.

2) E. Warburg, Wied. Ann. **44**. p. 1. 1892.

3) Vgl. z. B. W. Crookes, Beibl. **15**. p. 726. 1891.

4) G. Jaumann, Wied. Ann. **59**. p. 252. 1896 und E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Wied. Ann. **61**. p. 514. 1897. Gegen deren Ausföhrung hat sich neuerdings G. Jaumann gewendet.

5) K. E. F. Schmidt, Abhdlgen. der naturf. Gesellsch. Halle 1897.

6) Vgl. neben den älteren Arbeiten z. B. R. Hildebrand, Wied. Ann. **59**. p. 906. 1896.

(Eingegangen 17. Juli 1897.)