

Elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen

(I. Mittheilung)

G. Jaumann.

(Mit 2 Textfiguren.)

Man hielt es bisher für sichergestellt, dass die Kathodenstrahlen durch elektrostatische Kräfte nicht oder nicht merklich abgelenkt werden. Im Folgenden wird gezeigt, dass die elektrostatische Ablenkbarkeit den Kathodenstrahlen als eine ebenso charakteristische Eigenschaft zukommt, als ihre magnetische Ablenkbarkeit. Dass man dies bisher nicht bemerkt hat, erklärt sich daraus, dass diese elektrostatische Ablenkung einen ganz anderen Charakter hat, als man vermuthen konnte.

Theoretisches. Aus meiner Theorie der Kathodenstrahlen ergab sich der Satz: Bei Abwesenheit einer ablenkenden magnetischen Kraft folgt der axiale (rein longitudinale) Theil der Kathodenstrahlen mit Annäherung den elektrostatischen Kraftlinien des Feldes, und zwar in der Richtung von der Kathode zur Glaswand.¹

¹ Wiener Akad., Bd. 104, S. 776, Juli 1895, Wied. Ann. 57, S. 147. Alle früher behandelten Strahlen (Schallstrahlen, Licht- und elektrische Transversalstrahlen und auch die elektrischen Longitudinalstrahlen der Theorien von v. Helmholtz und H. Poincaré) folgen Differentialgleichungen zweiter Ordnung. Damit im Zusammenhange steht ihre wesentliche Geradlinigkeit in homogenen Medien. Die elektr. Longitudinalstrahlen meiner Theorie folgen jedoch einer Differentialgleichung erster Ordnung, und dies gibt ihnen zwei charakteristische Eigenschaften. Sie verlaufen im homogenen Medium im Allgemeinen krummlinig und können diese krummen Linien nur in

Noch vor Kurzem bezeichnete Herr H. Poincaré¹ als einen Beweis der Unrichtigkeit meiner Theorie gerade diesen Satz. Und thatsächlich standen demselben grosse Bedenken entgegen. Die Kathodenstrahlen verlaufen keineswegs von der Kathode zur Anode hin, sondern sind, zum mindesten in grösserer Entfernung von der Kathode, sehr merklich geradlinig. Ferner haben Voller² und Hertz,³ obgleich sie sehr grosse elektrostatische Kräfte verwendeten, keine ablenkende Wirkung derselben bemerkt, so dass es scheint, als wäre die Richtung der Kathodenstrahlen von dem Verlauf der elektrischen Kraftlinien des Feldes ganz unabhängig.

Hiegegen hätte ich nichts anführen können als die Crookes'sche gegenseitige Abstossung der Kathodenstrahlen und die Goldstein'sche Deflexion derselben durch eine zweite Kathode. Niemand aber hätte zugeben können, dass dies wirklich im Wesentlichen elektrostatische Ablenkungen sind. Es waren also neue Experimente nöthig, um meine Theorie zu rechtfertigen.

Da die Kathodenstrahlen den elektrischen Kraftlinien folgen sollen, diese aber schon durch einen geriebenen Glasstab stark abgelenkt werden, so musste gezeigt werden, dass die Kathodenstrahlen durch einen geriebenen Glasstab stark abgelenkt werden. So unmöglich dies nach den bisherigen Erfahrungen zu sein scheint, bei richtiger Versuchsanordnung sind die Kathodenstrahlen thatsächlich durch elektrostatische Wirkungen sehr stark abbiegbar, wie dies im Folgenden beschrieben werden soll. Diese geeignete Versuchsanordnung habe ich gerade durch das Festhalten des Satzes gefunden, dass die Kathodenstrahlen den Kraftlinien folgen.

Frühere elektrische Ablenkungen der Kathodenstrahlen. Crookes (1879) hielt die Kathodenstrahlen für

der Richtung von der Kathode, nicht aber in der umgekehrten Richtung durchlaufen. Es sind damit gerade jene Eigenthümlichkeiten getroffen, welche die Kathodenstrahlen vor allen anderen Strahlen auszeichnen und die Anerkennung ihrer Strahlennatur verhindert haben.

¹ Compt. rend., t. CXXII., p. 520 (2 Mars 1896).

² G. Wiedemann, Handbuch IV, A, 436 (1880).

³ Wied. Ann. 19, p. 809 (1883).

wesentlich geradlinig und normal auf der Kathode, glaubte jedoch, dass zwei nebeneinander laufende Strahlen eine Repulsivkraft besonderer Natur haben.

Goldstein (1876) zeigte, dass die Kathodenstrahlen von Natur aus fast, aber nicht ganz geradlinig sind, und dass sie durch eine zweite Kathode eine Abstossung, welche eine neue Form elektrischer Abstossung darstellt, erfahren. Diese Abstossung für eine elektrostatische Wirkung zu halten, wurde damals schon dadurch unmöglich, dass die Anode keine oder nur unmerklich kleine anziehende Wirkung hat.

E. Wiedemann und Ebert (1892) zeigten, dass die Crookes'sche Abstossung zweier Strahlen ein Specialfall der Goldstein'schen Deflexion sei.

Elster und Geitel (1895)¹ untersuchten eine bei Tesla'scher Ladung auftretende Art von Kathodenstrahlen, welche durch abgeleitete Leiter abgelenkt wird. Geladene Leiter verwendet zu haben, geben die Herren Elster und Geitel gar nicht an. Es zeigt dies deutlich, wie entfernt man noch vor Kurzem war, eine elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen für möglich zu halten.

Alle aufgezählten Formen elektrischer Ablenkung stehen, wie ich glaube, in Zusammenhang mit der elektrostatischen Ablenkung der Kathodenstrahlen, welche im Folgenden beschrieben wird. Sie unterscheiden sich aber schon dadurch von derselben, dass sie dauernde Ablenkungen sind, während die rein elektrostatische Ablenkung eine rasch vorübergehende Erscheinung ist.

I. Vorbetrachtungen.

3. Geradlinigkeit der Kraftlinien. Aus dem eingangs angeführten Satz darf man nicht erwarten, dass die Kathodenstrahlen von der Kathode zur Anode hin verlaufen. Man kann bekanntlich aus der Glaswand des Entladungsrohres lange Funken ziehen. Die verschiedenen Punkte derselben behalten noch nach dem Aufhören der Entladung bekanntlich Potentialdifferenzen bis zu 3000 Volt. Der Verlauf der elektrostatischen Kraftlinien während der Entladung wird also keineswegs aus-

schliesslich oder auch nur zum grösseren Theil durch die Anode bestimmt.

Die elektroskopische Ladung der Glaswand wurde zuerst von G. Wiedemann¹ untersucht. Sie ist nicht unregelmässig oder zufällig, sondern völlig gesetzmässig und in den hier in Betracht kommenden Fällen stets so vertheilt, dass die Glaswand, auf welche die Kathodenstrahlen treffen, kräftig positiv ist, wie ich mich auch selbst durch elektroskopische Versuche überzeugt habe.

So viel man hienach über den Verlauf der Kraftlinien aussagen kann, so könnte ganz wohl eine derselben von der Kathode zu dem Fluoreszenzfleck auf der Glaswand gehen. Es ist also nicht unmöglich, dass die Kathodenstrahlen thatsächlich einer Kraftlinie folgen.

Vom Standpunkte meiner Theorie muss man umgekehrt von dem Verlauf der Kathodenstrahlen auf den Verlauf der Kraftlinien schliessen. Dass dieses Kriterium heuristischen Werth hat, geht aus dem Folgenden hervor.

Wenn die Kathodenstrahlen geradlinig sind, so folgt daraus, dass die Glaswand gerade so geladen sein muss, dass die Kraftlinie geradlinig ist. Sind zwei Kathoden vorhanden oder ist die Kathodenform eine complicirtere, so können in der Nähe derselben, mag die Ladung der Glaswand welche immer sein, die Kraftlinien niemals geradlinig verlaufen. Thatsächlich sind auch in diesem Falle die Strahlen niemals geradlinig, sondern zeigen die Goldstein'sche Deflexion.

4. Selbststreckung der Kathodenstrahlen. Es ist in Anbetracht der Ladung der Glaswand selbstverständlich, dass die Kraftlinien von der Kathode nicht zur Anode gehen, sondern anders gekrümmte Richtungen einschlagen. Es bleibt aber eine auffallende Erscheinung, dass die Kathodenstrahlen immer möglichst gestreckt sind, gleichgiltig, welche Form die Glaswand hat und wie die Anode steht.

Es muss also ein Gesetz existiren, wonach die Kathodenstrahlen unter allen Umständen die Wirkung haben,

¹ Pogg. Ann. 158, p. 69. (1876). G. Wiedemann, Handbuch IV, A. p. 506.

die Glaswand so zu laden, dass die statischen Kraftlinien, welchen sie folgen, sich möglichst strecken.

Dass dies die richtige Auffassung von der Ursache der Geradlinigkeit der Kathodenstrahlen ist, haben, soviel ich sehen kann, die folgenden Experimente unzweifelhaft gemacht.

5. Princip der Versuchsanordnung. Mag die Ladung der Glaswand welche immer sein, meine Theorie ergibt, dass die Strahlen aus jener Form, welche sie zufolge der Elektrodenladung und der Ladung der Glaswand haben, durch einen genäherten elektrisirten Körper abgelenkt werden müssen. Aus dem Umstande, dass Voller und Hertz keine elektrostatische Ablenkung bemerken konnten, folgt somit, dass das Streben der Kathodenstrahlen, sich zu strecken, bei der gewöhnlichen Aufstellung ein so starkes ist, dass es die ablenkende Wirkung fast völlig aufhebt.

Dieses Streckungsstreben ist aber durch eine Wirkung der Strahlen (Ladung der Glaswand) bedingt und wird demnach desto schwächer sein, je schwächer die Strahlen sind. Ferner entspricht die gesuchte Ablenkung der Strahlen der Ablenkung der Kraftlinien, und diese wird *et par.* desto stärker sein, je schwächer die Ladung der Glaswand ist. Man muss also mit äusserst schwachen Kathodenstrahlen arbeiten, um den gewünschten Erfolg zu haben. Für diese wird die Übereinstimmung mit meiner Theorie vielleicht auch noch deshalb verbessert, weil dieselbe nur für Strahlen entwickelt wurde, deren Amplitude sehr klein gegen die statische Kraft ist.

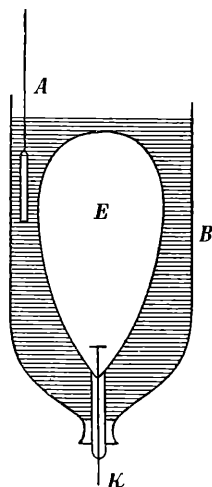


Fig. 1.

II. Experimente.

6. Versuchsanordnung. Eine grosse hochevacuirte birnförmige Entladungsröhre *E* Fig. 1 ist in einen mit gewöhnlichem Maschinöl gefüllten Glasbecher *B* getaucht. Die Kathode *K* ist in das untere schmale Ende von *E* eingeschmolzen und endet in einer (schwach concaven) Platte. Die Anode *A* ist eine

seitlich und oben in das Öl getauchte kleine Platte, welche durch eine 1—2 *cm* dicke Ölschichte von der Glaswand von *E* getrennt bleibt.

Die Ladung wird durch eine Holtz'sche Maschine *J* Fig. 2 besorgt, welche durch einen Motor in gleichmässigem raschem Gang erhalten wird. Der Hauptstrom dieser Maschine bildet zwischen dem stumpfen Spitzenpaar *S* ein ruhiges Büschel. Neben diese Entladungsstrecke ist eine grosse Leydnerflasche *L* mit beiderseits isolirten Belegungen und das Entladungsrohr *E* geschaltet.

Die Elektroden *K* und *A* Fig. 1 nehmen hiebei eine stationäre Potentialdifferenz von 9000 Volt und mehr an, es fliesst

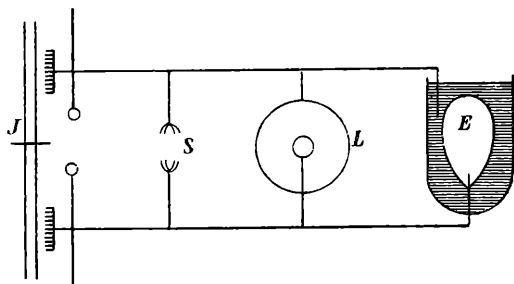


Fig.

aber nur ein schwacher Strom durch das schlecht leitende Öl von *A* nach *K*. Es empfiehlt sich, die Kathodenstrahlen so schwach zu machen, dass man den Fluoreszenzfleck, welcher oben auf der breiten Glaskuppe von *E* erscheint, nicht eher deutlich sieht, als bis sich die Augen an die Dunkelheit gewöhnt haben.

Der Fluoreszenzfleck muss völlig ruhig leuchten. Wenn er flackert, so hat man mittelst des Gehöres in der Aufstellung das störende Fünkchen zu suchen und zu schliessen.

7. Einflusslosigkeit einiger Umstände. Die oben angegebene Anordnung empfiehlt sich aus verschiedenen Gründen, doch gelingen die Versuche mehr oder weniger deutlich mit jeder beliebigen Aufstellung. Das Eintauchen der Röhre und Anode in ein Ölbad hat nur den Zweck, sehr schwache ruhige

Strahlen zu erhalten und die Stellung der Anode leicht ändern zu können. Die birnförmige Form der Röhre empfiehlt sich der breiten Kuppe und des Auftretens der Ringfigur (s. w. u.) wegen. Doch 'gelingen die Versuche auch mit anderen Röhrenformen und Aufstellungen, vor Allem in einigermassen trockener Luft ebensowohl wie in Öl. Wenn man die Röhre nicht in das Ölbad taucht, kann man beispielsweise als Anode einen Finger an die Glaswand legen. Doch kann man auch eine eingeschmolzene Anode verwenden, wenn man nur sonst irgendwie für genügend schwache Strahlen sorgt. Selbst bei der ganz gewöhnlichen Aufstellung, also bei starken Strahlen, kann man die elektrostatische Ablenkung nachweisen, freilich ist sie in diesem Falle so undeutlich, dass man mit den betreffenden Erscheinungen schon vertraut sein muss, um sie überhaupt zu bemerken. Endlich braucht man sich gar nicht zu scheuen, permanent geladene oder abgeleitete Körper (Zuleitungen, Eisenstative etc.) in der Nähe der Entladungsröhre zu haben. Dieselben haben fast gar keinen Einfluss.

8. Vertheilung der Strahlung. Die Kathodenstrahlen haben bei der verwendeten Kathodenform bekanntlich in drei Orten besondere Helligkeit. Es soll darauf aufmerksam gemacht werden, dass dies gerade jene Orte sind, wo man starke longitudinale Schwingungen erwarten muss, wenn man berücksichtigt, dass die anregenden Drahtwellen im Stiel herankommen und in der Kathodenplatte radial verlaufen. Es sind diese drei Orte grösster Intensität:

1. Die Interferenzfläche, welche den einspringenden Winkel zwischen Stiel und Platte halbirt und einen grünen Ring unterhalb der Kathodenplatte auf das Glas zeichnet. Ich habe a. a. O.¹ nachgewiesen, dass die Strahlen welche diese Interferenzfläche erzeugen, beziehungsweise von der Platte und von dem Stiel ausgehen und cohärent und gleichphasig sein müssen, um in dieser Weise interferiren zu können.

2. Von dem Rand der Platte gehen starke Strahlen in der Richtung der Radien aus und zeichnen in der Ebene der Platte einen grünen Ring auf das Glas.

3. In der Verlängerung des Stieles geht ein intensives Bündel von Strahlen aus, welches im Folgenden allein untersucht werden soll. Dasselbe hat an seiner Ursprungsstelle eine nicht viel grössere Dicke als der Stiel. Von diesem Bündel kann man durch Variation der Kathodenform durch alle Übergänge ebenso wohl zu dem Crookes'schen »Brennpunkt«, als zu den Interferenzflächen kommen. An der Bildung dieses Bündels nimmt also eine Interferenz der von der Kathodenfläche kommenden Strahlen theil.

9. Configuration des Fluoreszenzfleckes. Der im Folgenden untersuchte Fluoreszenzfleck auf der oberen Glas- kuppe besteht aus zwei Theilen, welche sich überdecken und ein wesentlich verschiedenes Verhalten zeigen. Diese beiden Theile sollen der Hauptfluoreszenzfleck und die Ringfigur genannt werden.

1. Der Hauptfluoreszenzfleck besteht aus einer vergleichsweise sehr hellen Mittelstelle; nach aussen zu nimmt die Helligkeit ohne Grenze immer mehr ab. Die Randstrahlen krümmen sich von der Axe ab, sind aber immer noch wohl definirt (nicht diffus), wie man aus den scharfen Schatten sieht, welche sie bekanntlich werfen.

2. Die Ringfigur ist jedenfalls auch allgemein bekannt, da sie bei gewöhnlicher Ladung sehr hell ist. Ihre Helligkeit nimmt aber bei Abschwächung der Strahlen viel rascher ab als die des Hauptfleckes. Bei meinen Experimenten ist sie viel schwächer als der Hauptfluoreszenzfleck. Sie besteht aus einer hellen Mittelstelle von 0.5 cm Radius, auf welche ein dunkler Ring von 0.5 cm Breite und dann ein heller Ring von 0.5 cm Breite folgt.

Falls auch (wie dies aber bei den meisten meiner Experimente nicht der Fall war) die Anode in das Vacuum taucht, kommt dazu noch ein heller, diametraler, gegen die Anode gerichteter Streifen.

10. Ablenkbarkeit der zwei Strahlengruppen. Der Hauptfluoreszenzfleck und die Ringfigur sind in fast gleichem Masse magnetisch ablenkbar, beide also entsprechen Kathodenstrahlen.

In Bezug auf die weiter unten beschriebene elektrostatische Ablenkung verhalten sie sich aber völlig verschieden. Die Ringfigur ist viel weniger, im Allgemeinen kaum merklich elektrostatisch ablenkbar. Im Folgenden wird sie stillschweigend als ruhig vorausgesetzt. Überdies befolgt die kleine elektrostatische Ablenkbarkeit der Ringfigur ganz andere Gesetze als die des Hauptfleckes.

11. Dauerablenkung der Hauptstrahlen durch die Anode. Wenn die Anode *A*, Fig. 1, in einer gewissen Höhe (im oberen Drittel der Entladungsröhre) festgestellt ist, so fällt die Mitte des Hauptfluoreszenzfleckes mit der Mitte der Ringfigur zusammen. Bei der geringsten Hebung der Anode wird jedoch die Mitte des Hauptfleckes dauernd angezogen, bis sie in den hellen Ring fällt. Bei stärkerer Hebung der Anode wird sie nicht weiter abgelenkt. Bei einer Senkung der Anode wird sie sogleich aus der Mittellage dauernd abgestossen, aber wieder nicht weiter als bis in den hellen Ring.

Ich habe meistens die Anode in die empfindliche Lage eingestellt, in welcher die Mitte des Hauptfluoreszenzfleckes in die Ringmitte fällt. Doch gelingen die Experimente, wenn auch nicht genau in gleicher Weise, auch bei jeder anderen Stellung der Anode. Steht z. B. die Anode sehr tief, so kann man den Hauptfleck, welcher nun im Ringe liegt, durch elektrostatische Kräfte leicht längs des Ringes verschieben, aber ihn nicht leicht herauslenken.

Wenn die Anode selbst Ringgestalt hat und tief gesenkt wird, vertheilt sich fast das ganze Fluoreszenzlicht gleichmässig über den Ring.

Die Kathodenstrahlen sind also in der Ruheform keineswegs ganz geradlinig und von der Anodenstellung nicht unabhängig. Vielleicht ist die Abstossung der Strahlen durch die gesenkte Anode eine noch nicht bekannte Erscheinung. Die Anziehung derselben durch die gehobene Anode dürfte aber wohl identisch sein mit der von Goldstein beobachteten geringen Anodenanziehung.

12. Empfindlichkeit der Kathodenstrahlen für elektrostatische Wirkungen. Die Strahlen, welche den Hauptfleck bilden, sind bei dieser Aufstellung äusserst empfind-

lich für elektrostatische Kräfte. Kleine Bewegungen eines geriebenen Stabes in 10 *cm* Entfernung von der Wand des Ölbechers reichen hin, um die Strahlen ganz auf die Seitenwand des Entladungsrohres abzubiegen. Das Winken mit einem Finger in 10 *cm* Entfernung von dem Ölbecher genügt, um die Strahlen zu ungefähr gleich grossen Ausschlägen zu veranlassen. Haucht man gegen den Ölbecher, so werden die Strahlen scheinbar weggeblasen.

13. Unterschied zwischen elektrostatischer und magnetischer Ablenkung. Es soll vor Allem hier auf die vielen Unterschiede zwischen der elektrostatischen und der magnetischen Ablenkung der Strahlen hingewiesen werden, um zu verhindern, dass man die magnetische Ablenkung der Strahlen vorzeitig durch die elektrostatische Ablenkung derselben zu erklären sucht. Der Magnet lenkt allerdings die über die Oberfläche der Glaswand verlaufenden Ströme ab und ändert damit die stationäre Ladung der Glaswand. Die elektrostatische Wirkung dieser dauernd geänderten Ladung könnte die beobachtete magnetische Ablenkung der Strahlen erklären. Doch halte ich, so lange nicht zwingende Beweise aufgebracht werden, diese Erklärung für nicht richtig, sondern die magnetische Ablenkung für eine ebenso ursprüngliche Eigenschaft der Kathodenstrahlen, wie ihre elektrostatische Ablenkbarkeit.

Es ist aber jedenfalls evident, und hierauf kommt es hier allein an, dass man nicht umgekehrt die neue elektrostatische Ablenkbarkeit auf die magnetische Ablenkbarkeit der Strahlen zurückführen kann. Es ist nicht unmöglich, dass die Bewegung der ablenkenden elektrisirten Körper, oder überhaupt die Änderung der ablenkenden elektrostatischen Kraft Strömungen auf der Glaswand oder anderswo hervorruft, welche stärker sind als die der inducirten Ladungsänderung entsprechenden Strömungen. Aber die mittlere Stromstärke derselben kann unmöglich stärker sein als der gesammte Strom der Influenzmaschine, und diesen müsste man in mindestens 1,000.000 Windungen um die Entladungsröhre führen, damit er eine magnetische Wirkung hätte, welche der beobachteten elektrostatischen Ablenkung der Strahlen gleichkäme. Daran wird auch nichts geändert, wenn man sich diese Strömungen auf

der Glaswand nicht continuirlich, sondern ruckweise in äusserst kurzen Zeiten, also mit hohen Stromstärken, verlaufend denkt. Diese äusserst kurzen starken Ströme könnten zwar grosse, aber nur äusserst kurz dauernde, also nicht sichtbare Ablenkungen bewirken, welche von langen Zeiten, in welchen der Strahl unabgelenkt ist, unterbrochen wären.

Bei dieser Gelegenheit bemerke ich auch, dass ich mich durch empfindliche elektroskopische Versuche überzeugt habe, dass die ablenkenden Körper während der Ablenkung keinen Ladungsverlust erleiden.

III. Elektrostatische Ablenkung und Intensitätsänderung der Kathodenstrahlen.

14. Elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen. Charakter der Erscheinung. Bewegt man einen geriebenen Glasstab neben dem Ölbecher rasch von oben bis in die Höhe der Kathode und hält ihn dort dauernd an, so werden die Strahlen abgestossen. Es steigt eine dunkle, ziemlich scharf begrenzte Fläche auf der dem Glasstabe zugewendeten Seite des Entladungsrohres auf, welche den Hauptfluoreszenzfleck ganz auf die andere Seite des Entladungsrohres herunterlegt. Nach etwa 0·2 Secunden aber kehrt sie wieder zurück und hinter ihr folgt der Fluoreszenzfleck. Indem die dunkle Fläche wieder an der Seitenwand des Entladungsrohres, welche dem Stab zugewendet ist, herabsinkt, gewinnt sie wieder die normale Helligkeit dieser Stelle. Der Mittelpunkt des Hauptfluoreszenzfleckes stellt sich aber nicht sogleich wieder auf den Ringmittelpunkt (siehe Abschnitt 11) ein, sondern vollführt noch fünf bis sechs kleine gedämpfte Oscillationen von circa 0·2 Secunden Dauer um denselben.

Die dauernde Senkung des ablenkenden Stabes hat also nur vorübergehende Wirkung auf den Strahl. Nach kurzer Zeit ist der Strahl trotz der geänderten Stellung des Stabes so gerade als vorher.

Hebt man nun den + Glasstab rasch wieder in seine ursprüngliche Stellung, so wird der Kathodenstrahl ebenso stark angezogen, wie früher abgestossen. Es steigt eine helle

Fläche auf der dem Glasstab abgewendeten Seite des Entladungsrohres auf, welche den Hauptfluoreszenzfleck gegen den Stab hinstösst, aber schon nach 0·2 Secunden wieder zurücksinkt, den Hauptfluoreszenzfleck zurücklässt und dunkel wird. Hiebei konnte ich niemals nachfolgende Oscillationen des Hauptfleckes constatiren. Es liegen aber allerdings die Verhältnisse hiezu nicht günstig, da das Auge durch die plötzliche, mit der Anziehung der Strahlen verbundene Aufhellung geblendet wird.

In der geschilderten Weise verlaufen alle elektrostatischen Ablenkungen der Kathodenstrahlen. Bringt man den ablenkenden elektrisirten Körper von einem Ort A_1 auf einen Ort A_2 , respective ändert man die Potentialdifferenz zweier ruhender, in der Nähe stehender Conductoren von V_1 auf V_2 , kurz ändert man die ablenkende Kraft, so erfahren die Strahlen eine entsprechend grosse Ablenkung, welche sich aber sogleich gedämpft oscillatorisch wieder ausgleicht. Bringt man den ablenkenden Körper wieder von A_2 nach A_1 , respective ändert man die Potentialdifferenz der ruhenden Conductoren wieder von V_2 auf V_1 , kurz bringt man die ablenkende Kraft wieder auf ihren ursprünglichen Werth, so erfahren die Strahlen die entgegengesetzte Ablenkung, welche sich aber wieder sogleich ausgleicht.

Es ist nur zu bemerken, dass sehr oft, aber nicht immer, die Oscillation der Strahlrichtung eine aperiodisch gedämpfte ist, namentlich bei kleinen Ablenkungen und dann, wenn die Ablenkungsdauer der Strahlrichtung, wie z. B. bei Berührung des Ölbechers mit einem Finger, gross ist.

Ferner tritt manchmal (bei nicht voller Ruhe der Strahlung) statt des Schwingens des Fluoreszenzfleckes ein mehr oder weniger zeitlich unregelmässiges Hüpfen desselben ein. Ich habe aber leicht derartige Anordnungen finden können, wo die Bewegung des Fluoreszenzfleckes bei jeder Wiederholung der Ablenkung vollkommen überzeugend den Charakter einer regelmässigen gedämpften Sinusschwingung von kurzer Periode (0·2 Secunden) hat, so dass ich nicht umhin kann, diese Auffassung des Zitterns der Strahlen vor ihrer völligen Streckung auszusprechen.

15. Richtung der elektrostatischen Ablenkung. Die Ablenkung der Strahlen hat den umgekehrten Sinn, wie ich ihn vermuthet habe. Bringt man die Entladungsröhre zwischen zwei grosse parallele Condensatorplatten, so dass noch beiderseits 10 *cm* Spielraum bleibt, und ladet man dieselben etwa auf die Potentialdifferenz 6000 Volt, so wird der Strahl für eine kurze Zeit von der negativen Platte angezogen und streckt sich sofort wieder. Ladet man nun die Condensatorplatten aus, so wird der Strahl ebenso stark von der + Platte angezogen und streckt sich dann wieder.

Nähert man (nach Entfernung der Condensatorplatten) einen geriebenen Hartgummistab aus grosser Entfernung in beliebiger Richtung (von oben, unten oder seitwärts) an die Kathode, so werden die Strahlen auf kurze Zeit angezogen. Entfernt man den Stab, so werden sie für kurze Zeit abgestossen. Ein Glasstab wirkt umgekehrt. Positiv, respective negativ geladene bewegte Conductoren wirken entsprechend. Abgeleitete bewegte Conductoren, z. B. die Hand, wirken so wie + Körper, wenn die Anode *A*, Fig. 1, zur Erde abgeleitet ist. Sie wirken so wie negative Körper, wenn die Kathode *K* zur Erde abgeleitet ist, also die Anode, überhaupt alle Stellen des Ölbeckers ein mehr oder minder hohes $\pm$ Potential haben.

Da die Experimente, welche diesen Sinn der Ablenkung ergeben haben, auf Grund des Satzes gefunden wurden, dass die Kathodenstrahlen den elektrostatischen Kraftlinien folgen, so bin ich weit entfernt, wegen des nicht zutreffenden Vorzeichens der Ablenkung den Satz zu verlassen. Im Gegentheil, man muss weitergehend aus demselben schliessen.

Da die negativen Kraftlinien auch im Vacuum doch wahrscheinlich bei Näherung eines negativen Körpers abgestossen werden, es sich aber zeigt, dass die den Kraftlinien folgenden Kathodenstrahlen durch den negativen Körper angezogen werden, so muss man schliessen, dass man über irgend ein Vorzeichen der Vorgänge in dem Entladungsrohr nicht richtig unterrichtet ist. Am einfachsten wäre es, anzunehmen, dass von der Kathode nicht negative, sondern merkwürdigerweise positive Kraftlinien ausgehen, welchen die Kathodenstrahlen folgen.

16. Aufhellung und Schwächung der Kathodenstrahlen durch elektrostatische Wirkungen. Neben der elektrostatischen Ablenkung findet eine davon einigermaßen unabhängige Intensitätsänderung der Strahlen statt. Man wird schon aus der in Abschnitt 14 gegebenen Beschreibung ersehen haben, dass die Abstossung der Strahlen wohl der Grösse nach, aber auch der begleitenden Intensitätsänderung nach die Umkehrung der Anziehung der Strahlen ist. Mit der beschriebenen Anziehung ist eine sehr starke, vorübergehende Aufhellung, mit der Abstossung eine sehr starke, vorübergehende Schwächung des Fluoreszenzfleckes verbunden. Durch starke abstossende Wirkungen (z. B. rasche Bewegung des geriebenen Stabes) können die Strahlen¹ (wenigstens was ihre Fluoreszenzwirkung betrifft) für längere Zeit (0·5—1 Secunde) vollkommen ausgelöscht werden.

Die Unabhängigkeit dieser elektrischen Wirkung auf die Intensität der Strahlen von der elektrostatischen Ablenkung macht sich bemerklich, wenn man eine abgeleitete Schutzplatte von 30 *cm* Durchmesser zwischen den ablenkenden Stab und den Ölbecher bringt. Dieselbe hält die elektrostatische Ablenkung fast völlig, die Intensitätsänderung durch Bewegung des Stabes aber fast gar nicht ab. Eine völlige Einhüllung des Ölbeckers in einen abgeleiteten Blechmantel hält allerdings sowohl die ablenkende, als die intensitätsändernde Wirkung des Stabes völlig ab. Ferner sind nicht immer Anziehung und Aufhellung, respective Abstossung und Verdunkelung mit einander verbunden. Nähert man z. B. einen geriebenen Gummistab in tangentialer Richtung aus grosser Entfernung dem Ölbecher, so werden die Strahlen angezogen, aber gleichzeitig sehr stark verdunkelt oder ausgelöscht.

Ich bin eben damit beschäftigt, diese Intensitätsänderungen eingehender zu studiren.

17. Selbststreckung der Kathodenstrahlen. Man kann die kurze Dauer der elektrostatischen Ablenkung der Strahlen und die Umkehrung derselben bei Aufhebung der ablenkenden Kraft in zweifacher Weise auffassen: Entweder

¹ Auch die Ringfigur.

man nimmt an, dass die Ablenkung durch die Geschwindigkeit, mit welcher sich die ablenkende elektrostatische Kraft ändert, bestimmt wird; oder man nimmt an, dass sie durch die ablenkende Kraft selbst bestimmt wird, dass also die kurze Dauer der Ablenkung der Strahlen bei Fortdauer der ablenkenden Kraft und die Umkehrung der Ablenkung bei Aufhebung der ablenkenden Kraft durch eine secundäre Wirkung bedingt wird. Ich glaube, dass hier diese secundäre Wirkung eine grössere Rolle spielen dürfte als etwa der elektrotonische Zustand, welchen Faraday anfänglich der Auffassung der Magnetinduction zu Grunde legte.

Unter Voraussetzung des Satzes, dass die Kathodenstrahlen den elektrischen Kraftlinien folgen, kann diese secundäre Ursache wohl nichts Anderes sein als eine Ladung der Glaswand. Die dauernde Änderung der ablenkenden Kraft ändert nämlich selbstverständlich den Verlauf der Kraftlinien im Vacuum dauernd. Es muss also nach kurzer Zeit eine secundäre Ursache auftreten, welche diese Ablenkung der Kraftlinien wieder ausgleicht. Eine Ursache, welche den Verlauf von Kraftlinien dauernd ändert, ist aber entweder ein elektrischer Wirbelring oder eine elektrische Ladung.

Nun weiss man auch schon längst, dass die Kathodenstrahlen ladungsändernde Wirkungen besitzen. Sie strecken also unter allen Umständen durch entsprechende Ladung der Glaswand die Kraftlinien und damit sich selbst. Diese von allen Nebenumständen (Form der Glaswand, Stellung der Anode) fast unabhängige Beziehung muss umso näher an das Wesen der Entladung heranreichen, als die Streckung eine oscillatorische ist (vergl. Abschnitt 14).

Man begreift nun auch, dass es neben den vorübergehenden auch dauernde elektrische Ablenkungen der Kathodenstrahlen gibt. Manche davon dürften bewirkt sein durch stationäre Ladungen der Glaswand, indem die ladungsändernde Wirkung der Kathodenstrahlen, welche für sich allein die Selbststreckung derselben sehr bald bewirken würde, stationär durch eine anderswoher zufließende Ladung paralytisch wird. Solche Dauerablenkungen der Strahlen können hienach nur von solchen Körpern bewirkt werden, welche fortgesetzt Ströme abzugeben

in der Lage sind, also nur von Elektroden, wie dies thatsächlich in den einfachen Fällen immer zutrifft.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle meinen Dank zusagen: meinem verehrten Collegen Herrn Prof. E. Lecher, welcher mir einen Arbeitsplatz an dem von ihm geleiteten Institut, und der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen, welche mir die Mittel zur Durchführung dieser Arbeit zur Verfügung stellte.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [105_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Jaumann Gustav

Artikel/Article: [Elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen 291-306](#)