

17. *Untersuchungen über die electricische Entladung in verdünnten Gasen: von Willy Wien.*

Das ursprüngliche Ziel der folgenden Untersuchungen war die Entscheidung, ob die Kathodenstrahlen Vorgänge im Aether oder bewegte, electricisch geladene träge Massen sind. Nachdem diese Frage zu Gunsten der zweiten Auffassung entschieden war, schlossen sich hieran weitere Fragen über die Natur der Entladung überhaupt an, die zunächst zu dem Ergebniss geführt haben, dass auch das sogenannte positive Licht von den Vorgängen an der Kathode nicht dem Wesen nach verschieden ist.

Die Ergebnisse für die Kathodenstrahlen und Canalstrahlen sind von mir bereits veröffentlicht.¹⁾ Ich gebe sie hier im Zusammenhange noch einmal.

Während die Kathodenstrahlen anfangs ebenso wie der ganze Entladungsvorgang als aus materiellen Theilchen bestehend angenommen wurden, fand man beim genaueren Studium Erscheinungen, die sich mit dieser Auffassung scheinbar schwer vereinigen liessen. Dass die Kathodenstrahlen aus der eigentlichen Strombahn vollständig herausgingen und ihren Weg ganz unabhängig von dem Verlauf des Stromes nahmen, dass sie sogar durch dünne, luftdicht schliessende Metallplatten, ohne an Geschwindigkeit einzubüssen gingen, sprach allerdings sehr gegen die Annahme materieller Theilchen. Nur die englischen Physiker hielten an dieser Meinung fest, gaben indessen den Lenard'schen Versuchen, bei denen die Kathodenstrahlen durch ein Aluminiumfenster nach aussen gelangen, die unrichtige Deutung, dass dies neu entstehende, durch die negative Ladung des Fensters hervorgerufene Kathodenstrahlen wären.

Dass die Kathodenstrahlen nicht die gewöhnlichen chemischen Molecüle, sondern andere Theilchen sind, bei denen wenigstens das Verhältniss der Masse zur electricischen Ladung

1) Willy Wien, Verh. der physik. Ges. zu Berlin p. 165. 1897; p. 10. 1898.

ein anderes ist, hat zuerst E. Wiechert¹⁾ ausgesprochen. Aber die strengen experimentellen Beweise für die Richtigkeit dieser Anschauung fehlten noch.

Dass die Kathodenstrahlen negative Ladung erzeugen, hat schon Hertz in seiner bekannten Arbeit über die Glimmentladung beobachtet. Dasselbe ist dann von Perrin²⁾ und J. J. Thomson³⁾ gefunden worden. Ihre Anordnung unterscheidet sich nicht wesentlich von der Hertz'schen. Sie sind also ebenfalls dem Einwand von Hertz unterworfen, dass die durch Kathodenstrahlen gesteigerte Leitfähigkeit möglicherweise negative Electricität auf der Bahn der Kathodenstrahlen fortführt.

Ebensowenig einwandsfrei ist die Anordnung von McClelland⁴⁾, der die Kathodenstrahlen durch ein Fenster von geölter Seide gehen lässt, das sich dann stets negativ ladet. Denn diese Ladung könnte auf der Bahn der hindurchgegangenen Kathodenstrahlen weitergeführt werden. Dasselbe gilt von der Anordnung, wo die Kathodenstrahlen ein im Innern der Röhre angebrachtes Stück Aluminiumfolie durchdringen.

Die Meinung, dass die durch das Fenster gehenden Kathodenstrahlen dadurch entständen, dass es durch die negative Ladung selbst zur Kathode wird, wird durch die folgende Thatsache widerlegt. Kathodenstrahlen entstehen niemals bei Atmosphärendruck oder im äussersten Vacuum, wenn man ein Metall noch so stark negativ ladet, sondern nur an einem *dünnen* Metallblatt, das an der Rückseite von Kathodenstrahlen getroffen wird.

Dann gehen die Kathodenstrahlen genau ebenso durch ein Fenster, das zur Anode gemacht wird, wo also das Auftreten secundärer Kathoden ausgeschlossen ist.

Das Mitführen electricischer Ladungen kann mit Sicherheit den Kathodenstrahlen als solchen nur dann zugeschrieben werden, wenn der Raum, in dem die Ladung durch Kathodenstrahlen erzeugt, wird, ganz frei von electricischen Kräften ist,

1) E. Wiechert, Verhandl. d. physik.-öcon. Gesellsch. in Königsberg, Januar 1897.

2) Perrin, Compt. rend. 121. p. 1130. 1895.

3) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 44. p. 293. 1897.

4) McClelland, Proc. Roy. Soc. 61. p. 227. 1897.

und wenn die Luft vollkommen beseitigt wird, der ebenfalls secundäre Einflüsse zugeschrieben werden könnten, da sie nach den Beobachtungen von Röntgen durch Bestrahlung von X-Strahlen und nach Des Coudres durch Kathodenstrahlen electricisch leitend wird.

Es wurde also für die Beobachtung die Lenard'sche Anordnung gewählt. Es stellte sich bald als bequem heraus, die Entladungsröhre zu ändern, weil bei der Lenard'schen Röhre des Evacuiren bis zu der Verdünnung, bei der man wirksame Kathodenstrahlen erhält, zu viel Zeit in Anspruch nimmt. Es wurde die grosse Anode, die schwer von Gas zu befreien war, beseitigt, und ein kleiner Aluminiumdraht als Anode gewählt. Bekanntlich spielt die Anode bei grossen Verdünnungen eine ganz unerhebliche Rolle. Die Kathode ragte nicht frei in die Röhre, sondern lag fast unmittelbar an der nur um wenig weiter Glasröhre an. Ich hatte mich durch Stromverzweigung überzeugt, dass eine so eingeschlossene Kathode bei derselben Luftverdünnung viel grösseren Widerstand hat als eine frei ins Rohr ragende. Man braucht bei der ersteren zur Herstellung des für wirksame Kathodenstrahlen nothwendigen Potentials nicht so grosse Verdünnungen.

Um nun die electricischen Störungen im äusseren Raum vollkommen auszuschliessen, wurde der Inductionsapparat, Accumulatoren und Entladungsröhre in einen grossen, mit Zinklech belegten Kasten gestellt, der zur Erde abgeleitet war. Die Röhren zur Luftpumpe waren an eine mit dem Kasten verlöthete Metallröhre beiderseits angekittet und in die Metallröhre überdies ein Drahtnetz gespannt. Oben aus dem Kasten ragte die das Fenster tragende Platinröhre, durch Stanniol allerseits mit dem Kasten leitend verbunden. So war der Kasten vollständig metallisch abgeschlossen und es konnten keine electricischen Kräfte nach aussen gelangen. Die stärksten electricischen Störungen im Innern des Kastens machten sich draussen in keiner Weise bemerkbar. Die Entladungen in der Verbindungsröhre, die sich sonst gewöhnlich bis in die Pumpe fortsetzen, endeten hier immer an der Kastenwand.

Das Fenster selbst war anfangs in der von Lenard angegebenen Weise aufge kittet. Dies hat den Nachtheil, dass die Erwärmung durch die Kathodenstrahlen etwas Gas aus

dem Kitt entwickelt, wenn die Kathodenstrahlen längere Zeit auf das Fenster fallen. Ich habe daher eine etwas andere Anordnung benutzt, die den Kitt vermeidet und auch den Vortheil hat, dass man die Fenster leichter auswechseln kann. Auf das eingeschmolzene Platinröhrchen ist eine Messinghülse gelöthet (Fig. 1), die ein Gewinde trägt und oben mit einer polirten Messingplatte verschlossen ist, in die ein Loch von 2 mm Durchmesser gebohrt ist. Auf diese Platte wird das löcherfreie Aluminiumblatt gelegt und auf dieses eine Scheibe aus dünnem Cadmiumblech, das mit einer genügenden Oeffnung versehen ist. Dieses Cadmiumblech wird durch eine Schraubenmutter auf das Aluminiumblatt gepresst, das dann vollkommen luftdicht abschliesst.¹⁾

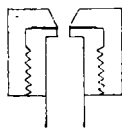


Fig. 1.

Die Anordnung der Röhre zeigt Fig. 2. Die Röhre mit den Electroden *A*, *B* (Aluminiumstreifen von 5 mm Breite) und *C* (Platindraht) ist über die Stanniolbelegung der Entladungsröhre geschoben und luftdicht mit Siegelack gekittet. Während die Entladungsröhre mit einer Geissler'schen Pumpe in Verbindung steht, wird die Beobachtungsröhre durch eine Raps'sche Pumpe bedient. An der Electrode *B*, die sonst genau symmetrisch zu *A* ist, hängt ein Stückchen Aluminiumfolie. Solange im Beobachtungsröhre Atmosphärendruck herrscht, giebt das mit *A* oder *B* verbundene Quadrantelectrometer, dessen Empfindlichkeit 30 mm für 1 Volt ist,

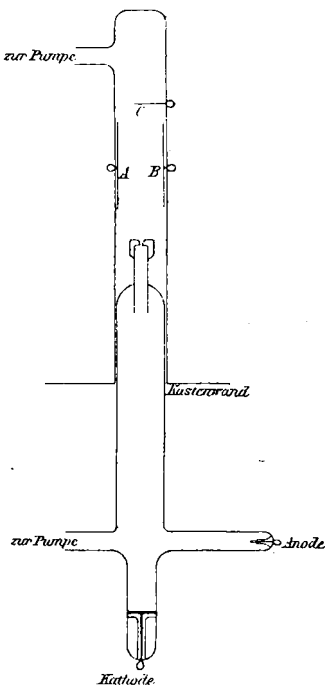


Fig. 2.

einen Ausschlag von 5—8 mm, eine negative Ladung anzeigend, sobald Kathodenstrahlen aus dem Fenster dringen. Werden die

1) Solche verschraubbaren Fenster werden vom Institutsmechaniker Feldhausen (Aachen, Techn. Hochschule) angefertigt.

Kathodenstrahlen in der Röhre durch den Magneten abgelenkt, so hört jede Wirkung auf. Das mit *C* verbundene Electrometer giebt keinen Ausschlag bei Atmosphärendruck.

Wird die Luft im Beobachtungsrohr fortgeschafft und das äusserste Vacuum erreicht, so wird das Electrometer durch eine Unterbrechung des Ruhmkorff über die sichtbare Scala hinausgetrieben, wenn es mit *B* verbunden ist. *C* giebt erheblich weniger Ausschlag, noch viel weniger *A*. Dies liegt offenbar an der Reflexion der Kathodenstrahlen, die wegen streifender Incidenz bei *A* gross ist, während bei *B* das Aluminiumblättchen einen grossen Theil auffängt.

Im äussersten Vacuum ist keine Grenze für die Ladung durch Kathodenstrahlen bemerkbar. Die Ladung wächst immer weiter, wenn neue Kathodenstrahlen auffallen, während bei mässigen Verdünnungen sehr bald eine Ladung erreicht ist, die von hinzukommenden Kathodenstrahlen nicht mehr vergrössert wird.

Durch diese Versuche ist bewiesen, dass die Kathodenstrahlen die durch das zur Erde abgeleitete Fenster dringen, sehr starke negative Ladungen mit sich führen.

Wenn die Kathodenstrahlen negativ geladene Theilchen sind, so müssen sie in einem electrostatischen Felde abgelenkt werden. Es ist seit langem bekannt, dass die Kathodenstrahlen in der Nähe einer zweiten Kathode eine starke Ablenkung erfahren und durch die Untersuchung von Kaufmann und Aschkinass¹⁾ ist gezeigt, dass die Erscheinungen dieser Deflexion quantitativ gut mit der Annahme negativ geladener Theilchen übereinstimmen. Von den Gegnern dieser Theorie ist die Erscheinung der Deflexion nicht als beweisend angesehen worden, weil wir es nicht mit einem rein electrostatischen, sondern mit einem veränderlichen electrischen Felde zu thun haben.

Es war deshalb noch der Beweis zu bringen, dass die Kathodenstrahlen auch in einem rein statischen Felde Ablenkungen erfahren. Dies war nur in dem vollständig luftfrei gemachten Beobachtungsraum zu erreichen.

Die Kathodenstrahlen gingen vom Fenster aus zwischen 4 cm langen Electroden hindurch, deren Abstand 2,2 cm be-

1) Kaufmann und Aschkinass, Wied. Ann. 62. p. 595. 1897.

trug, fielen auf ein 5 mm breites Platinblech, von dem sie auf die 4 cm dahinter befindliche Glaswand ein scharfes Schattenbild warfen.

Wurden die Electroden abwechselnd mit den Polen eines Hochspannungsaccumulators von 2400 V. verbunden, so ergab sich im äussersten Vacuum, wenn die Raps'sche Pumpe zu wirken aufhörte, eine Ablenkung von 5 mm. Das vom Accumulator erzeugte Feld war vollkommen statisch, denn ein in den Stromkreis geschaltetes Galvanometer gab nicht den geringsten Ausschlag. Wurde das Vacuum noch verbessert, in dem eine grosse Kugel, die mit der Röhre verbunden war und die Röhre etwa fünfmal an Rauminhalt übertraf (während die Pumpe durch Quecksilber abgesperrt wurde), durch feste Kohlensäure auf -80° abgekühlt wurde, so ergab sich doch keine bemerkbare Vergrösserung der Ablenkung. Die electrostatische Ablenkung wurde durch ein magnetisches Feld gleicher Ausdehnung von 10 C.G.S. compensirt. Hieraus ergibt sich die Geschwindigkeit der Theilchen gleich ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit und das Verhältniss von Masse zur Ladung 5.10^{-8} .

Diese bereits früher veröffentlichten Ergebnisse sind inzwischen von Lenard¹⁾ bestätigt und durch quantitative Messungen vervollständigt worden.

Nachdem die negative Ladung der Kathodenstrahlen nachgewiesen war, schien mir der Gedanke naheliegend, die von Goldstein beobachteten, durch gewöhnliche Magnete nicht merklich ablenkbaren Canalstrahlen, die sich rückwärts durch eine durchlöchernte Kathode fortpflanzen, möchten die positive Ladung tragen. Hier war der Beobachtungsraum nicht vollständig von der Entladungsröhre abzuschliessen, weil ich trotz längerer Bemühungen keine Substanz finden konnte, durch die die Canalstrahlen hindurchgehen.

Ein feines Drahtnetz *a* (Fig. 3) war mit einem Messingring verlöthet, der mit dem Kasten metallisch verbunden war. Ausserhalb des Kastens war die Electrode *c* tragende Glasröhre eingekittet, innerhalb die Röhre mit der Anode *b*. Machte ich dann *a* zur Kathode, *b* zur Anode, so traten nach *c* hin

1) P. Lenard, Wied. Ann. 64. p. 279. 1898.

reine Canalstrahlen aus dem Drahtnetz. Nur bei starker Verdünnung kamen noch bemerkbare Kathodenstrahlen hinzu. Die Ladung von c war dann immer positiv, auch bei grossen Drucken, wenn die Canalstrahlen noch nicht sichtbar geworden waren, und eben nur das schwächste Glimmlicht die Kathode bedeckte. Bei allen Versuchen wurde eine Funkenstrecke von etwa 2 cm eingeschaltet, um nur Ströme einer Richtung zu haben.

Wurde das Drahtnetz mit Papier, Glimmer oder Metall bedeckt, so hörte jede Spur einer Wirkung auf, während sonst die Ladung bei nicht zu kleiner Verdünnung so gross war, dass jede Unterbrechung des Inductoriums des Electrometer über die Scala hinaustrieb.

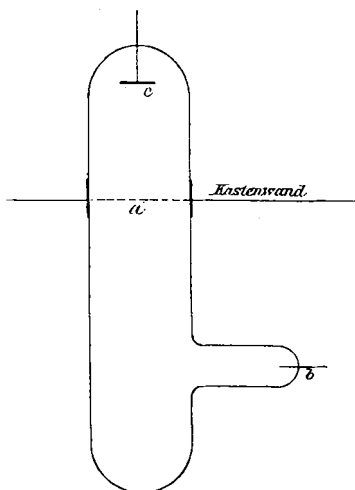


Fig. 3.

Annäherung des Magneten an die Bahn der Canalstrahlen änderte nichts an der Ladung, solange nicht der Magnet die Entladung selbst beeinflusste.

Wurde in die Röhre zwischen der Anode und dem Drahtnetz eine zweite durchlöchernte Platte angebracht und diese zur Kathode gemacht, so traten oben aus dem Gitter Canalstrahlen mit Kathodenstrahlen gemischt heraus. Bei grösseren Drucken waren die Kathodenstrahlen überwiegend, alsdann ergab sich negative Ladung, die durch Annäherung des Magneten stark verkleinert wurde, namentlich wenn ein Diaphragma in den Weg der Kathodenstrahlen gestellt war.

Bei geringeren Drucken waren mehr Canalstrahlen vorhanden. Dann war die Ladung positiv. Dazwischen gab es einen Grad der Verdünnung, wo die Ladung durch Ueberwiegen der Kathodenstrahlen negativ war, durch Annäherung eines Magneten aber positiv wurde, weil die Kathodenstrahlen zur Seite gedrängt wurden.

Auch hier hörte durch Einschalten einer Glimmerplatte jede Wirkung auf. Bei den Canalstrahlen habe ich eine Abhängigkeit der Ladung vom Einfallswinkel nicht nachweisen können, was bei dem diffusen Verlauf dieser Strahlen nicht auffallend ist.

Von den Canalstrahlen war magnetische oder electrostatische Ablenkung bisher nicht bekannt. Nachdem aber nachgewiesen war, dass sie positive Ladung tragen, konnte man voraussehen, dass sie solche Ablenkungen erfahren müssen und zwar in entgegengesetzter Richtung wie die Kathodenstrahlen.

Die electrostatische Ablenkung konnte ich in einfacher Weise beobachten. In eine Metallplatte wurde ein Loch von 2 mm Durchmesser gebohrt und beiderseits Glasröhren auf die Platte gekittet. In die eine, *b* (Fig. 4), war die Anode eingeschmolzen, in die andere, *c*, zwei einander gegenüberstehende Electroden von 5 cm Länge und 0,5 cm Breite im Abstand von 1,7 cm. Die Röhre wurde nun in den Zinkkasten gestellt und die Metallplatte mit der Wand des Kastens verbunden und zur Kathode gemacht. Bei nicht zu kleiner Verdünnung treten dann aus dem Loch ein Bündel Canalstrahlen heraus, auf der 9 cm von der Platte entfernten Glaswand einen Fluoreszenzleck von der bekannten gelbgrünen Farbe hervorruhend.

Dieses Strahlenbündel ging mitten zwischen den beiden Electroden hindurch und wurde abgelenkt, wenn die Electroden durch einen Hochspannungsaccumulator auf eine Spannungsdifferenz von 2000 Volt gebracht waren; die Ablenkung betrug 6 mm. Die Strahlen wurden von der negativen Electrode angezogen. Wenn die Verdünnung gross genug war, liess es sich für kurze Zeit erreichen, dass das Feld zwischen den Electroden statisch blieb. Das dünne Bündel Canalstrahlen erhöhte erst nach einiger Zeit die Leitfähigkeit des Gasraumes soweit, dass der Accumulator ihn durchbrechen konnte.

Weniger einfach war der Nachweis der magnetischen Ablenkbarkeit der Canalstrahlen. Die starken magnetischen Kräfte eines Ruhmkorff'schen Electromagneten beeinflussten die Entladung selbst in so hohem Grade, dass eine sichere Beobachtung ausgeschlossen war. Und ein langes Bündel Canalstrahlen, das gestattet hätte, die Entladung in einiger

Entfernung vom Electromagneten arbeiten zu lassen, war nicht zu erhalten. Es ist mir zwar nachträglich gelungen, die Ablenkung der Canalstrahlen bei einem gut abgegrenzten Strahlenbündel mit einem starken gewöhnlichen Hufeisenmagneten zu beobachten. Für Messungen ist sie aber zu klein und ich gelangte daher mit folgender Anordnung zum Ziele. Der Ruhmkorff'sche Electromagnet trug Polschuhe mit Endflächen von 5 cm Länge und 2 cm Breite. Die 2,5 cm weite Röhre *c* wurde zwischen die Pole gebracht, sodass die Kraftlinien des Magnetfeldes senkrecht standen zu den electrischen Kraftlinien zwischen den Electroden der Röhre *c*. Auf eine Eisenplatte *a* von 11 cm Durchmesser und 2,5 cm Dicke wurden die schon beschriebenen Glasröhren *b* und *c* gekittet. In die Eisenplatte war ein Loch von 2 mm Durchmesser gebohrt.

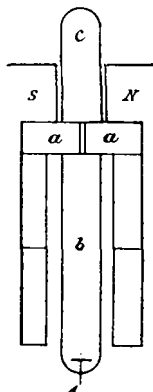


Fig. 4.

Die Eisenplatte wurde an die Polschuhe des Electromagneten dicht angelegt. Ueber die Röhre *b* und unmittelbar an die Eisenplatte wurde ein die ganze Röhre umschliessender Eisencylinder von 2,5 cm Wandstärke geschoben. Auf diese Weise waren die auf *b* wirkenden magnetischen Kräfte sehr geschwächt. Ihre Stärke konnte aus der Ablenkung der Kathodenstrahlen bestimmt werden, wenn man *A* zur Anode, *a* zur Kathode machte, wobei *a* zur Erde abgeleitet war.

Zunächst konnte ich mich davon überzeugen, dass die nach *c* hin austretenden Canalstrahlen nicht beeinflusst wurden, wenn nach Fortnahme des Eisencylinders die Kathodenstrahlen um ebensoviel durch einen gewöhnlichen Magneten abgelenkt wurden, als durch den Rest magnetischer Kräfte innerhalb des Eisencylinders wenn der Electromagnet erregt war.

Dann wurde der Eisencylinder übergeschoben und die Ablenkung der Canalstrahlen beobachtet, wenn der Electromagnet erregt wurde. Dieselbe betrug ebenfalls 6 mm und hatte die entgegengesetzte Richtung wie bei den Kathodenstrahlen. Das Magnetfeld wurde mit Hülfe eines Stenger'schen Bifilargalvanometers gemessen. Es betrug etwa 3250 C.G.S. Sowohl bei dieser als auch bei der electrostatischen

Ablenkung zeigte sich, dass die Canalstrahlen ebenfalls aus einem Gemisch von verschiedenen ablenkbaren Strahlen bestehen.

Aus den angegebenen Zahlen folgt für die Geschwindigkeit der Canalstrahlen $3,6 \cdot 10^7$ cm/sec und für das Verhältniss der Masse zur Ladung $3,2 \cdot 10^{-3}$.

Die Vorgänge an der Anode.

Bei den Beobachtungen der Canalstrahlen war mir aufgefallen, dass aus der durchlöchernten Electrode in den von electrischen Kräften freien Aussenraum noch sichtbare Strahlen austreten, wenn man den Strom umkehrt, die Electrode also Anode ist. Um diese Strahlen genauer zu untersuchen, gab ich der Entladungsröhre die in Fig. 5 dargestellte Form. Hier liegt die Kathode so, dass die Kathodenstrahlen nicht die durchlöchernte Electrode *a* erreichen können. Ist dann *a* Anode, *K* Kathode, so tritt ein schwaches Bündel Strahlen in die Beobachtungsröhre *C*. Dabei sind alle Biegungen der Röhre, die zum Kathodenansatz führen, mit positivem Licht erfüllt. Um dies austretende Bündel möglichst intensiv zu machen, empfiehlt es sich die Entladungsröhre an der Anode *a* möglichst eng, etwa 1 cm weit, zu machen. Die austretenden Strahlen sind auch in den äussersten Verdünnungen sehr diffus. Das Electrometer zeigte, dass sie negative Ladung tragen, durch electrostatische Kräfte sind sie in hohem Grade ablenkbar und zwar werden sie von der negativen Electrode abgestossen. Hierbei zeigt sich, dass oft die Ladung, die sie selbst auf die Electroden *b* tragen, eine electrostatische Ablenkung herbeiführt.

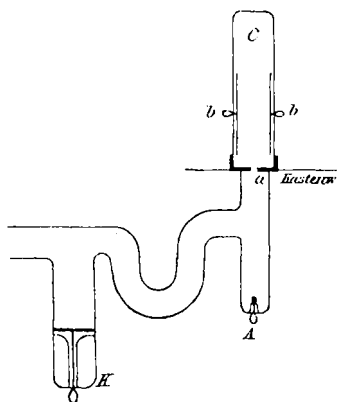


Fig. 5.

Dann genügt es, eine der beiden Electroden *b* mit der Erde zu verbinden, um die Strahlen zu ihr hin abzubiegen. Sie werden von der anderen, noch negativ geladenen, abgestossen.

Magnetisch sind diese Strahlen ebenfalls in hohem Grade ablenkbar und zwar in derselben Richtung wie die Kathodenstrahlen. Doch gelang es mir nicht, befriedigende Messungen auszuführen, weil die Strahlen zu schnell zerstreut werden. Aus der starken Ablenkbarkeit folgt eine geringe Geschwindigkeit der negativen Theilchen, aus denen diese Strahlen gebildet werden.

Es gelang mir auch positive Theilchen im Lichte der Anode nachzuweisen. Dazu wurde *A* zur Anode, *K* zur Kathode gemacht. Dann treten bei *a* Strahlen aus, die eine positive Ladung am Electrometer zeigen. Diese Strahlen gehen also in derselben Richtung von der Anode fort, wie die Kathodenstrahlen von der Kathode, während die negativen Strahlen an der Anode die Richtung der Canalstrahlen an der Kathode haben.

Diese positiven Strahlen an der Anode sind immer noch mit negativen gemischt, die man durch magnetische und electrostatische Ablenkung trennen kann. Es geht nämlich ein Theil der Entladung nach *a* hin, für den also bei *a* die entsprechenden negativen Strahlen austreten.

Bei geringer Verdünnung bringen diese positiven Strahlen soviel Electricität auf die Electroden *b*, dass bei Ableitung derselben zur Erde der abfließende Strom sehr deutlich sichtbares negatives Glimmlicht an den Electroden entstehen lässt.

Leitet man die Electroden nicht zur Erde ab, so gehen von den dann dauernd positiv geladenen Electroden positive Strahlen aus, die namentlich von den oberen Enden nach oben als Büschel ausgehend bequem beobachtbar sind.

Diese Strahlen sind dadurch besonders interessant, weil man an diesen Theilchen eine starke magnetische Ablenkbarkeit, die nach entgegengesetzter Richtung erfolgt, wie bei den gewöhnlichen Kathodenstrahlen, mit einem gewöhnlichen Hufeisenmagneten beobachten kann.

Die Beobachtungen der negativen und positiven Strahlen an der Kathode sowohl wie an der Anode habe ich mit ganz übereinstimmenden Ergebnissen mit einem Inductionsapparat und mit einem Hochspannungsaccumulator angestellt.

Die Ergebnisse unserer Beobachtungen sind hinreichend, um bestimmte Vorstellungen über die Vorgänge bei der elec-

trischen Entladung zu bilden. Dass wir überall entgegengesetzt geladene Theilchen haben, die mit verschiedenen Geschwindigkeiten in entgegengesetzter Richtung fliegen, zeigt, dass diese Vorgänge mit der Electrolyse am nächsten verwandt sind. Dass die Analogie mit der Electrolyse solange bestritten wurde, liegt in der eigenthümlichen Anordnung des electrischen Feldes, das die Entladung unterhält. Während die innerhalb der galvanischen Strombahn eines Electrolyten laufenden electrischen Kraftlinien, die die Ionen nach entgegengesetzten Richtungen treiben, immer auf die Electroden zuführen und alle Ionen dorthin treiben, haben wir bei dem Durchgang des Stromes durch verdünnte Gase Ansammlung freier Electricität in der Strombahn, da nach den bekannten Versuchen von Hittorf und Warburg das Potentialgefälle in der Röhre sehr veränderlich ist und der grösste Spannungsabfall an der Kathode liegt. Dort, wo Felder verschiedenen Potentialgefälles aneinander stossen, ist freie Electricität vorhanden, wie wenn Leiter von verschiedenem Leitungsvermögen aneinander grenzen.

Dadurch, dass electrische Kraftlinien in dem Gasraum selbst an dieser freien Electricität enden, ist die Möglichkeit gegeben, dass die unter dem Einfluss des Feldes fortgetriebenen geladenen Theilchen aus dem Felde mit der Geschwindigkeit hinausfliegen, die sie durch die beschleunigenden Kräfte des Feldes erlangt haben.

Als Strom haben wir hier das treibende electrische Feld aufzufassen, das seine Energie für die Beschleunigung der Theilchen aufwendet und dadurch die magnetischen Kräfte um sich herum nach Maxwell's Auffassung hervorruft. Es ist daher auch einleuchtend, dass die Kathodenstrahlen, sobald sie aus dem beschleunigenden Felde heraus sind, mit der Strombahn weiter nichts zu thun haben, und ihren Weg fortsetzen, bis sie entweder von neuen electrischen oder magnetischen Kräften beeinflusst, oder von festen Körpern aufgehalten werden. Bei der ausserordentlichen Kleinheit der in Bewegung gesetzten Massen erklärt es sich auch, das Hertz keine Einwirkung der Kathodenstrahlen auf den Magneten erhielt.

Es bleibt natürlich immer noch die Frage offen, weshalb das electrische Feld in der Röhre ungleichförmig ist. Es

hängt dies möglicherweise damit zusammen, dass die geladenen Theilchen nicht die chemischen Molecüle sind.

Das positive Licht ist von dem negativen nur als quantitativ verschieden anzusehen, da hier infolge des weit schwächeren electrischen Feldes die Theilchen viel geringere Geschwindigkeiten erhalten. Thatsächlich zeigen auch die an der Anode auftretenden Theilchen viel grössere Ablenkbarkeit und daher geringere Geschwindigkeit.

Dass die Entladung bei sehr grosser Verdünnung aufhört, lässt darauf schliessen, dass die positiven und negativen Theilchen mit der Materie zusammenhängen und dass die Strombildung dadurch aufhört, weil nicht genügend Theilchen vorhanden sind, die von den electrischen Kräften forgetrieben werden.

Da positive und negative Theilchen sowohl im positiven als auch im negativen Licht auftreten, dürfte es zweckmässig sein, die Bezeichnungen Kathodenstrahlen, Kanalstrahlen und positives Licht aufzugeben und nur noch von positiven und negativen Theilchen zu sprechen.

Aachen, März 1898.

(Eingegangen 22. März 1898.)
