

Theorie, welche die Ablenkung durch den magnetischen Einfluss auf Schwingungen erklären will, muss annehmen, dass die Amplitude der Schwingungen Einfluss hat, und würde daher mit allen experimentellen Thatsachen über Lichtschwingungen in Widerspruch kommen.

Um das Feld einer etwaigen Controverse möglichst einzuschränken, möchte ich gerade den Einfluss des Magnets auf die Kathodenstrahlen zum Hauptgegenstand der Discussion machen. Ich beabsichtige, alle bekannten Thatsachen über den Einfluss des Magnets auf die Kathodenstrahlen in streng dynamischer Weise aus der Annahme abzuleiten, dass die negativ geladenen Theile der Gasmolecüle sich von der Kathode fortbewegen.

VIII. *Ueber electriche Leitung im Vacuum;* *von E. Goldstein.*

(Aus d. Sitzungsber. d. Berl. Acad. d. Wiss. vom 31. Januar 1884.)

(Hiersu Taf. II Fig. 10–12.)

Gegenüber der Anschauung, dass die Entladung in einem gaserfüllten Raume zum Substrat die Gastheilchen selbst hat, sei es, dass letztere in einem convectiven Process, sei es als Leiter eines Stromes die Entladung vermitteln, habe ich¹⁾, und zwar, wie ich glaube, zuerst²⁾, den freien Aether

1) Goldstein, Wied. Ann. 12. p. 256. 1881.

2) Die bezüglich dieses Gegenstandes in neuerer Zeit vielfach und fast ausschliesslich citirte Arbeit von Hrn. Edlund wurde der schwedischen Academie zwei Monate später vorgelegt, nachdem meine Arbeit in Wied. Ann. 12. erschienen war. Weder die in wesentlichen Punkten mit meinen Ausführungen übereinstimmende Originalveröffentlichung Hrn. Edlund's, noch eine der mehrfachen seitdem von ihm veranlassten Reproductionen derselben (z. B. Wied. Ann. 15. p. 514. 1882) enthält einen Hinweis auf meine Arbeit.

Anm. der Redaction. Von Interesse dürfte es sein, daran zu erinnern, dass bereits Gren im Jahre 1797 in seiner Naturlehre § 1408 u. figde. den Schluss zieht, dass die electriche Materie nichts anderes ist,

als den Träger der Entladung betrachtet. Hierbei zeigte ich, dass die scheinbare Isolation, welche möglichst evacuirte Räume electrischen Entladungen gegenüber bisher boten, nicht auf einem Widerstande des leeren Raumes beruht, sondern nur durch einen an der Oberfläche der Kathode auftretenden, mit der Verdünnung stark wachsenden Widerstand bedingt ist. Der Widerstand des Gases selbst erwies sich um so geringer, je weiter die Verdünnung fortschritt. Der Wunsch, die von mir behauptete Leitungsfähigkeit des Vacuums direct nachzuweisen, hat mich seit nahe einem Decennium wiederholt zu dahin abzielenden Versuchsreihen veranlasst. Die nachfolgenden Seiten sollen einer Schilderung einiger dieser Versuche, welche schliesslich zu dem gehofften Ergebniss geführt haben, gewidmet sein.

Mit Rücksicht auf das eben erwähnte Resultat, wonach der hemmende Widerstand an der Kathode geringer wird in dichterem Gasumhüllung, der Widerstand einer Gasstrecke sich vermindert mit zunehmender Verdünnung, versuchte ich zunächst an der Kathode eine merkliche Gasdichte herzustellen, während der Raum in der Nähe der Anode möglichst evacuiert blieb.

Zu diesem Behuf wurde eine lange, gebogene Cylinder-*röhre* (Fig. 10) mit an den Enden eingeschmolzenen Platinstiften bis zum Erlöschen des von einem grossen Ruhmkorff gelieferten Stromes evacuiert. Der mit dem negativen Oeffnungspol verbundene Stift *a* war überlagert von gekörntem metallischen Cadmium, das in der Rothglühhitze flüchtig zu werden beginnt. Das Cadmium wurde nun in der aus schwer schmelzbarem Glase gefertigten Röhre von aussen erhitzt, während der mittlere Theil der Röhre stark gekühlt wurde, um die Metaldämpfe dort wieder zu condensiren und das letzte Drittel der Röhre also dampffrei zu lassen. In der That gelang es, auf diese Weise die Entladung wieder

als „Lichtmaterie“, weil die beim Uebergang aus den sie anziehenden Leitern in die sie weniger anziehenden Nichtleiter frei werdende Electricität als Licht erscheint und namentlich auch in der Torricelli'schen Leere, als einem Nichtleiter, die Electricität am freiesten wird und das stärkste Licht zeigt.

herzustellen, die dann in dem Kathodenschenkel durch Cadmiumdampf mit schön grünem Lichte ging, während in dem ebenfalls wieder leuchtenden Anodenschenkel letzteres nicht sichtbar wurde. Doch befriedigte das Resultat nicht völlig, weil das Spectroskop, nachdem ursprünglich Luft in der Röhre gewesen, nach der Cadmiumverdampfung in dem Anodenschenkel stets Spuren kohlehaltigen Gases nachwies. Ich vermochte mir kohlefreies Cadmium oder ein kohlefreies anderes, hier ebenfalls verwendbares Metall nicht zu verschaffen.

Beruhete diese Methode gerade auf der Anwendung eines in der Hitze flüchtigen negativen Poles, so beruhete das schliesslich zum Ziele führende Verfahren gerade auf der Erhitzung einer möglichst schwer flüchtigen Kathode:

Der weissglühende Kohlefaden einer electrischen Incandescenzlampe ist, einer anderen Electrode gegenübergestellt, eine Kathode, deren Widerstand einen minimalen Bruchtheil des bei gewöhnlicher Temperatur auftretenden bildet und klein genug ist, um durch einen möglichst evacuirten Raum nicht nur ein Inductorium, sondern sogar die geringen Spannungen schwacher galvanischer Batterien zu entladen.

Die Experimente, welche dieses Resultat ergaben, knüpften an an eine Versuchsreihe, zu der mich vor längerer Zeit eine Stelle des Hittorf'schen Aufsatzes im Jubelband von Poggendorff's Annalen angeregt hatte. Hr. Hittorf geht daselbst von den hier nicht acceptirten Annahmen aus, dass die Gastheilchen Träger des Stromes wie des ihm gebotenen Widerstandes seien, dass der entladungshemmende Widerstand auch in der weiteren Umgebung der Kathode existire, und dass es für seine Beseitigung nur darauf ankomme, die Gasumhüllung der Kathode zu erhitzen und sie hierdurch analog Flammgasen leitend zu machen. Um dem Gase die entsprechende Wärmemenge zuzuführen, will Hr. Hittorf dasselbe mit galvanisch glühend gemachter Retortenkohle in Berührung bringen und sagt von deren Anwendung die Erzeugung von Glimmentladungen in verdünnten Gasen mit „überraschend kleinen Spannungen“ voraus.

Vom Standpunkte meiner eigenen Theorie, welche den Gastheilchen eine durchaus secundäre Rolle bei der Entladung zuweist und den scheinbaren Widerstand des Vacuums nicht in einer merklich dicken Schicht, sondern an der Kathodenoberfläche selbst sucht, konnte man indess ebenfalls gespannt sein, welches der Einfluss einer so eingreifenden Zustandsänderung der Kathode auf ihre Widerstandsverhältnisse sein würde, wenn man die Kathode selbst zu möglichst hoher Temperatur erhitzte. Eine Reihe zunächst an galvanisch glühend gemachten Platinkathoden in stark evacuirtten Röhren ausgeführter Versuche zeigte indess, dass das damals benutzte Platin bei den erforderlichen Stromintensitäten nicht hinreichend lange sich ungeschmolzen erhalten lässt, um eine völlig bestimmte Antwort auf die gestellte Frage zu gestatten, während auf der anderen Seite die zu jener Zeit existirenden Kohlsorten wegen der reichlichen Dampfmengen, die sie in kurzem entwickelten, sich als unverwendbar erwiesen.

Ich liess das Problem daher von neuem ruhen, bis vor einigen Jahren das Auftauchen der Edison'schen und Swan'schen Glühlampen mit ihren so widerstandsfähigen Kohleschlingen mich zur Wiederaufnahme meiner Versuche veranlasste.

Eine Swan'sche Lampe wurde durch Aufsetzen eines ca. 8 mm weiten, 12 mm langen Röhrchens *r* (Fig. 11), das an seinem geschlossenen Ende eine Aluminiumelectrode *b* trug, zu einer Geissler'schen Röhre ergänzt, und die Röhre, an einer Quecksilberpumpe angeschmolzen, möglichst stark evacuirt. Die Kohleschlinge *a*, sowie der Aluminiumstift *b* wurden mit den Polen eines Inductoriums verbunden und von *a* und *b* eine Nebenschliessung zu einem Funkenmikrometer geführt. Die Anfangs einander berührenden Kugeln des letzteren wurden bis dahin auseinander geschraubt, wo eine weitere Distanzvergrösserung die Entladung wieder hätte durch die Röhre schlagen lassen. Die Distanz der Kugeln betrug alsdann nahe 10 mm; der Widerstand der Röhre war dann also angenähert gleich dem Widerstande einer 1 cm langen Funkenstrecke in freier Luft. Der Schliessungsstrom

des Inductoriums war durch eine Luftlücke ausgeschaltet. Durch die Schlinge *a* wurde der entsprechend regulirte Strom der dynamo-electrischen Maschine des Berliner physikalischen Instituts geleitet und die Schlinge zu intensiver Weissgluth erhitzt. Unter diesen Umständen war eine Aenderung der Widerstandsverhältnisse durch die Erhitzung nicht bemerkbar, wenn die Kohlenschlinge zur Anode, der Aluminiumstift zur Kathode gemacht war.¹⁾ Wurde aber die Kohlenschlinge zur Kathode gemacht und in Weissgluth versetzt, so verliess die Entladung sogleich das Funkenmikrometer und ging ausschliesslich durch die Röhre. Sie fuhr beim Zusammenschrauben der Mikrometerkugeln fort, durch die evacuirte Röhre zu gehen, bis die Kugeln auf etwa $\frac{1}{10}$ mm einander genähert waren. Der Widerstand der Röhre war also bei glühender Kathode ca. hundertmal kleiner, als wenn die letztere kalt war. Wurde der von der dynamoelectrischen Maschine gelieferte Glühstrom unterbrochen, so hörte die Entladung in der Röhre sofort wieder auf, um von neuem hindurchzugehen, so oft die Kathode wieder weissglühend gemacht war.

Das Glühen der Kathode stellte ebenso die Entladung durch den entleerten Raum wieder her in den Fällen, in denen der Widerstand solcher möglichst evacuirten Röhren so gross war, dass auch bei beliebig grosser Poldistanz des Funkenmikrometers keine Entladung durch die Röhre mehr erfolgte.

Die Thatsache, dass das Glühen der Kohlenschlinge die Entladung nur wiederherstellt, wenn die Schlinge Kathode ist, zeigt, dass der Wiederdurchgang der Entladung nicht beruhen kann auf einer Gas- oder Dampfentwicklung, welche durch die Erhitzung, sei es an der Schlinge selbst, sei es an der Glaswand, stattfindet. Dafür spricht auch der Umstand, dass die Röhre nach dem Unterbrechen des Glühstromes

1) Natürlich musste durch wiederholtes Glühen der Schlinge im Vacuum, Auspumpen und Ausspülen mit trockenem Gase die Austreibung und Entfernung der in und an der Schlinge resorbirten Gase und Dämpfe bewirkt sein.

sofort die Entladung wieder isolirt, auch wenn sie durch einen Hahn gegen die Pumpe abgesperrt ist, wenn also alle während des Glühens etwa entwickelten Gase auch nach dem Glühen in der Röhre verbleiben müssen.

In dem Kugeltheil der Röhre wird das Entladungslicht fast völlig überstrahlt durch das Incandescenzlicht, sehr hell aber tritt es in dem cylindrischen Theile r hervor.

Ist in den Schliessungsbogen des Inductoriums keine Luftlücke eingeschaltet, so tritt, wenn die glühende Schlinge zur Anode des Oeffnungsstromes gemacht ist, in dem aufgesetzten Rohr r ebenfalls helles Entladungslicht auf; dies rührt aber von der Wiederherstellung des Schliessungsstromes her, dessen Kathode die glühende Schlinge alsdann ist. Der Oeffnungsstrom bleibt ausgeschlossen. Die Thatsache, dass bei glühender Oeffnungsanode der schwach gespannte Schliessungsstrom übergeht, während der hoch gespannte Oeffnungsstrom isolirt bleibt, zeigt von neuem, dass die Verminderung des Röhrenwiderstandes nicht auf einer Dichtesteigerung des Gefässinhaltes oder einer Erhitzung der Gesamtmasse desselben beruhen kann.

Es ist eine kleine Vorsicht erforderlich, um sich durch den Schliessungsstrom nicht täuschen zu lassen. Schaltet man nämlich zu seiner Beseitigung schon bei kalter Kathode eine Luftlücke ein, so gross, wie sie erfahrungsmässig, oder nach specieller Probe bei successiver Evacuirung, genügt, den Schliessungsstrom auch bei geringstem Widerstande der Röhre abzusperren, so tritt er bei der geringsten Gasdichte auf Glühen der Schlinge doch wieder auf und kann so im ersten Augenblick eine durch Glühen der Anode veranlasste Entladung vortäuschen. Die Ablenkung durch den Magnet, die Orientirung der positiven Schichten, und vor allem der Umstand, dass eine Vergrösserung der Luftlücke diese Entladung definitiv beseitigt, zeigen indess, dass man es nur mit dem Schliessungsstrom, also wieder nur mit der Wirkung einer glühenden Kathode zu thun habe. Was wir aus dieser kleinen Beobachtung schliessen dürfen, ist aber, dass der Widerstand der kalt isolirenden Entladungsröhre bei glühender Kathode noch kleiner wird, als der kleinste

Widerstand, den die Röhre mit kalter Kathode bei der günstigst gewählten Gasdichte darbieten kann.

Es schien mir interessant, noch genauer, als die Angaben des Funkenmikrometers und die oben erwähnte Beobachtung es erkennen lassen, festzustellen, in welchem Maasse die Isolationsfähigkeit des Vacuums durch das Glühen der Kathode vermindert wird, beziehungsweise welche Spannungen an einer glühenden Kathode zur Hervorbringung einer Entladung durch ein gutes Vacuum noch genügen. Zu den hierauf abzielenden Versuchen wurde eine wie Fig. 12 geformte Röhre benutzt, deren Kohlebügel nur durch das einfache Hufeisen einer kleinen Swan-Lampe von ca. $4\frac{1}{2}$ cm Durchmesser gebildet war.¹⁾ Der Kohlebügel *a* als die eine, der Aluminium- oder Platinstift *b* als die zweite Electrode wurden, nachdem die Röhre sehr stark evacuirt worden, mit den Polen einer kleinplattigen secundären Batterie von Planté-Elementen verbunden, von denen in Abstufungen von fünf zu fünf bis 500 Elemente eingeschaltet werden konnten.²⁾

Blieb der Kohlebügel kalt, so vermochten, wie zu erwarten, auch sämtliche 500 Elemente hintereinander geschaltet nicht, eine Entladung durch die sehr stark evacuirt Röhre hervorzubringen. Ebenso trat keine Entladung ein, wenn der Kohlebügel glühte und zugleich mit dem positiven Pol der Planté-Batterie verbunden war. Die Entladung erfolgte aber schon bei 185 Elementen, wenn der Kohlebügel als Kathode glühte; sie setzte sofort aus, wenn der Glühstrom unterbrochen wurde. Nachdem diese Unterbrechung vorgenommen, wurde die Isolationsfähigkeit des Vacuums, durch welches der Strom der 185 Elemente hindurchgegangen war, mittelst Inductionsstrom und Funkenmikrometer be-

1) Der Glühstrom wurde der grösseren Bequemlichkeit halber hier entweder einer Batterie von 27 hintereinander geschalteten, fast frischen Bunsen-Elementen oder einer Batterie von einigen zwanzig grossplattigen secundären Elementen entnommen, welche letzteren Hr. Dr. H. Aron construirt hatte.

2) Die Benutzung dieser Batterie verdanke ich Hrn. Dr. H. Hertz, welcher dieselbe für sich aufgebaut hatte. Vgl. Wied. Ann. 19. 1883.

stimmt. Es ergab sich, dass der Strom des Inductoriums erst durch die Röhre ging, wenn die Spitzen des als Nebenschliessung eingeschalteten Funkenmikrometers weiter als 4 cm voneinander entfernt waren. Bei allen kleineren Distanzen ging die Entladung zwischen den Mikrometerspitzen über. Nun hatte jedes der Planté-Elemente nach der Bestimmung von Dr. Hertz eine electromotorische Kraft von 1,8 Daniell, wenn es frisch war; in der vorliegenden Versuchsreihe waren die Elemente indess der Erschöpfung schon ziemlich nahe, ihre electromotorische Kraft also bei weitem geringer. Die Angaben über die Spannungsdifferenz, welche zur Hervorbringung eines 40 mm langen Funkens zwischen Spitzen erforderlich ist, sind einigermassen schwankend. Doch dürfen wir als sicher betrachten, dass Zehntausende von Daniells dazu gehören. Es würde also ebenso eine Batterie von mehreren Myriaden Daniells nöthig gewesen sein, um bei kalter Kathode die Entladung durch die evacuirte Röhre zu liefern. In einem anderen Falle bewirkten schon 175 Planté-Elemente den Durchgang durch ein Vacuum, das einen Inductionsstrom von mehrere Centimeter Schlagweite isolirte.

Wurde in die Röhre trockene Luft oder Wasserstoff bis zu Drucken von einigen Centimetern eingelassen und dann bei kalter Kathode wieder stetig evacuirt, sodass die Röhre durch das Leitungsmaximum hindurchgeht, welches bei successiver Verdünnung auftritt, so genügte dieses Leitungsmaximum doch niemals, eine Entladung der 500 oder gar der 175 Elemente zu bewirken. Ebensowenig trat bei kalter Kathode eine Entladung ein, wenn man vorher bei glühender Kathode eine starke Quantität kohlehaltigen Gases durch electriche Zerstäubung des Bügels sich hatte entwickeln lassen. Man kann daraus abermals schliessen, dass nicht eine Gasentwicklung in der Röhre nur scheinbar das Vacuum zu einem Leiter macht: es lässt sich vielmehr bei kalter Kathode überhaupt kein Gasdruck herstellen, welcher eine so schwache Batterie noch entladet.

Wenn das Glühen der Kathode den Widerstand eines sonst isolirenden Vacuums so sehr reducirt, so werden wir bei der entsprechenden Behandlung der Kathode allgemein einen

Einfluss auf den Widerstand Geissler'scher Röhren auch bei höheren Dichten, in denen die Entladung noch spontan durchgeht, erwarten dürfen. Nur wird die Wirkung des Kathodenglühens auf den Gesamtwiderstand der Röhre dann vielleicht eine verhältnissmässig geringere sein, weil, je grösser die Gasdichte, auch desto grösser der Widerstand des positiven Lichtes wird, den das Glühen der Kathode ungeändert lässt

In der That ist nun auch bei höheren Dichten der Einfluss der Kathodenerhitzung zu constatiren. Lässt man nämlich in ein isolirendes Vacuum (Röhre Fig. 11) ein wenig Gas einströmen, sodass die Entladung auch bei kalter Kathode leicht hindurchgeht, so zeigt die Entladung in dem Rohre *r*, zum Zeichen der eintretenden Widerstandsverminderung, eine ausserordentliche Helligkeitszunahme, sobald die Kathode weissglühend wird. Welche Helligkeitsänderung das Entladungslicht in dem Kugeltheil erfährt, ist wegen des grellen Lichtes des Kohlefadens nicht zu bestimmen.

Die Versuche bei diesen weniger starken Verdünnungen sind deshalb interessant, weil sie wenigstens an dem positiven Lichte der Entladung das Aussehen und den Charakter der letzteren bei glühender und bei kalter Kathode vergleichen lassen. Zweitens kann bei der grösseren Masse des noch vorhandenen Gases eine geringe Menge etwa secundär entbundenen Gases das Resultat viel weniger fälschen, als eventuell bei einem isolirenden Vacuum. Endlich liefert auch die spectroscopische Untersuchung dieser Entladungen eine Anzahl beachtenswerther Daten, auf die ich noch zurückkomme.

Was nun den ersten Punkt anbelangt, so bleibt der Charakter der Entladung, soweit Lichterscheinungen darauf schliessen lassen, durchaus der nämliche, wie bei kalter Kathode. Die Grenze des positiven Lichtes ist ihrer Form und Lage nach ganz oder fast dieselbe wie bei kalter Kathode; die Entladung zeigt ebenfalls geschichtetes positives Licht bei glühender Kathode, falls es vor dem Glühen vorhanden war, und die Lage und Ausdehnung der Schichten scheint in beiden Fällen wenig zu differiren. Auch die

Phosphorescenz erregenden Kathodenstrahlen scheinen an der glühenden Kathode noch zu existiren; denn man nimmt an der von dem Kohlebügel hell erleuchteten Glaswand als Andeutung des Phosphorescenzlichtes ein Flimmern wahr, das bei Unterbrechung des Inductionsstromes wegfällt. Es tritt also unter dem Einfluss des Kathodenglühens nicht etwa Bogenentladung ein, sondern es gehen, wenigstens unter den hier vorausgesetzten Bedingungen, auch dann noch Glimmentladungen über.

Der Einfluss des Kathodenglühens bei minder starken Verdünnungen lässt sich am anschaulichsten mittelst des Schliessungsstromes demonstrieren. — Eine Röhre, deren Oeffnungsanode in einem ziemlich engen Röhrentheil liegt, braucht nämlich auch bei sonst ganz metallischem Schliessungsbogen gar nicht sehr stark evacuirt zu werden, damit der Schliessungsstrom nicht mehr hindurchgehen kann. Der Oeffnungsstrom geht dann noch mit Leichtigkeit hindurch. Glüht man nun bei solcher Dichte den zur Oeffnungsanode gemachten Kohlenbügel, so tritt der Schliessungsstrom mit sehr heller Lichterscheinung von neuem auf; er hört auf, sobald der Glühstrom wieder unterbrochen wird.

Das Spectroskop wurde nun auf ein mit verdünntem Wasserstoff beschicktes derartiges Rohr gerichtet. Das vor dem Glühen der Kathode sichtbare Spectrum ist das des Oeffnungsstromes; es zeigt die Bänder des Wasserstoffs und die Hauptlinien des Quecksilbers. Wird nun durch Glühen der Schliessungsstrom hervorgerufen, so leuchten im Spectrum die Wasserstoffbänder und die Quecksilberlinien hell auf, ohne dass das Spectrum eines dritten Stoffes hinzutritt. Analoges zeigt sich, wenn man mit verdünntem Stickstoff arbeitet; beim Auftreten des Schliessungsstromes erhellen sich dann die bekannten schönen Bänder dieses Gases.

Daraus folgt, dass auch nicht im Moment der Entladung oder ihr unmittelbar vorausgehend eine Gasentwicklung und Dichtesteigerung in der Röhre statt hat, welche nachher wieder verschwindet.

Man könnte nämlich etwa noch annehmen, dass die negative Ladung der Kathodenfläche zusammen mit der

hohen Temperatur derselben schon vor der Entladung eine Abstossung und Verflüchtigung der Kohle hervorbringt, wie sie unter dem Einfluss genügend gesteigerter Temperatur ja schon constatirt worden ist. Dann würde die wiederhergestellte Entladung nicht in ein Vacuum, sondern in eine Atmosphäre von Kohledampf erfolgen, der schwerflüchtige Kohledampf aber würde nach der Entladung sich sofort wieder condensiren und das frühere Vacuum zurücklassen. Alsdann könnte immerhin, wie oben beobachtet, auch die durch einen Hahn abgeschlossene Röhre nach Unterbrechung des Glühstroms sogleich wieder die Entladung isoliren, ohne dass darin ein Beweis für eine vorausgegangene Permanenz des Vacuums läge. Dann müsste aber das Spectroskop in dem wiederhergestellten Oeffnungsstrom ganz vorwiegend die Maxima des Kohlenstoffes zeigen, in dem wiederhergestellten Schliessungs- oder dem verstärkten Oeffnungsstrom diese Maxima wenigstens neben denen des ursprünglichen Gases hervortreten lassen. Dies ist nun, wie bemerkt, nicht der Fall. Auch das Spectrum des im Vacuum wiederhervorgerufenen Oeffnungsstromes zeigt, wenn die Entladungen nicht zu lange andauern, noch nicht die von der Zerstäubung herrührenden Kohlenmaxima, sondern scheint im ersten Augenblick ein fast reines, von Kohlespuren jedenfalls freies Quecksilberspectrum zu sein.

In den Kreis einer bis zum Erlöschen des Schliessungsstromes evacuirt, mit verdünnter Luft gefüllten Röhre war eine Luftlücke eingeschaltet, gross genug, um den Schliessungsstrom auch bei glühender (Schliessungs-)Kathode abzusperren. Im Spectralapparat erblickt man dann ein mattes Spectrum des Oeffnungsstromes, dessen Helligkeit bei kaltem Kohlebügel nur ganz wenig sich steigert, wenn die Luftlücke geschlossen wird; sie wächst gar nicht, wenn bei offener Lücke die Oeffnungsanode glühend gemacht wird. Wird jetzt aber die Luftlücke geschlossen, so erscheint ein glänzendes Stickstoffspectrum von ausgezeichneter Helligkeit: das Licht des schon erloschen gewesenen Schliessungsstromes wird bedeutend heller als das des Oeffnungsstromes; es war mir sogar zweifelhaft, ob diese Helligkeit die vom Oeffnungsstrom (bei

kalter Kathode) unter dem günstigsten Gasdruck gelieferte nicht mindestens erreicht.

Neben der allgemeinen Helligkeitsänderung veranlasst das Glühen der Kathode aber auch weitergehende Aenderungen des Gasspectrums.

Oeffnungsstrom und Schliessungsstrom in derselben Röhre unmittelbar einander folgend, haben im allgemeinen identisches Spectrum. Nicht so in den vorliegenden Versuchen. Ich habe darauf aufmerksam gemacht¹⁾, dass das Spectrum des positiven Lichtes in verdünnter Luft bei abnehmender Gasdichte (oder zunehmender Entladungsintensität) durch unendlich viele Zwischenstufen übergeht in ein gewöhnlich nur vom blauen Kathodenlicht geliefertes Spectrum. Hat nun in dem letztbeschriebenen Versuche das Spectrum des positiven Lichts, wie es der Oeffnungsstrom zeigt, dem des Kathodenlichts sich schon beträchtlich genähert, so zeigt der restituirte Schliessungsstrom wieder ganz das bei höheren Dichten beobachtete gewöhnliche Spectrum des positiven Lichts. Ist die Gasdichte so gering, dass das Spectrum bei kalter Kathode dem des Kathodenlichts schon völlig gleich geworden, so wird durch das Glühen das Auftreten eines intermediären Spectrums bewirkt. Die Erscheinung beruht nicht auf Erhitzung oder Dichtesteigerung des Gases, da das Spectrum des Oeffnungsstromes unverändert bleibt.

Eine Erklärung der Erscheinung könnte vielleicht gegeben werden, wenn man erstens annimmt, dass jeder Oeffnungs- oder Schliessungsstrom des Inductoriums aus einer sehr grossen Anzahl von Partialentladungen besteht, von denen jede einzelne einen Einfluss hat auf die Electricitätsmenge, welche für die ihr folgende Partialentladung erforderlich ist, und wenn man zweitens berücksichtigt²⁾, dass die Annäherung des positiven Spectrums an das Kathodenspectrum auch eintreten kann bei successiver Vermehrung der auf einmal übergehenden Electricitätsmengen. Doch würde es mir voreilig

1) Goldstein, Monatsber. d. Berl. Acad. Mai 1876. — Wiener Ber. October 1881. — Wied. Ann. 15. p. 280. 1882.

2) Goldstein, Monatsber. d. Berl. Acad. 1876. p. 281.

scheinen, schon jetzt eine abschliessende Erklärung abgeben zu wollen.

Nachdem ich die bisher geschilderten Resultate erlangt hatte, versuchte ich nochmals, an Stelle der Kohle ein anorganisches Kathodenmaterial mit gleichartigen Leistungen aufzufinden. Es gelang mir auch hier, indem ich nochmals auf Platin zurückgriff, das Gewünschte, wenn auch unter mehr Schwierigkeiten, zu erreichen. Ich habe jetzt bei einer Anzahl von Gefässen, in denen der Kohlefaden durch einen dünnen Platindraht ersetzt war, ebenfalls, nachdem der Draht galvanisch glühend gemacht war, die im Vorhergehenden beschriebenen Erscheinungen der Widerstandsverminderung beobachten können. Ebenso traten die zuletzt erwähnten Aenderungen der Spectra ganz entsprechend bei Anwendung glühend gemachter Platinkathoden auf. — Jedoch kann ich bisher durchaus nicht für einen beliebigen Platindraht von bestimmter Länge und Dicke im voraus sicher sein, die gewünschten Phänomene zu erhalten, wie dies bei jedem beliebigen Kohlefaden gestattet ist. Viele Platindrähte schmelzen, ohne einen Strom wiederhergestellt oder den Widerstand merklich vermindert zu haben. Der Grund liegt möglicherweise darin, dass die hier erforderlichen Temperaturen dem Schmelzpunkt des Platins unter allen Umständen sehr nahe liegen. Die Drähte, an denen die Versuche gelingen, werden stets sehr weich; vielleicht existiren Platinsorten, deren Schmelzpunkt schon unter den hier erforderlichen Temperaturen liegt; die aus ihnen gefertigten Kathoden müssen dann schmelzen, ohne die gewünschte Wirkung ausüben zu können. Es stimmt mit dieser Vermuthung, dass eine Anzahl Drähte nur einen Moment z. B. den Schliessungsstrom wieder herstellten und im nächsten Augenblick geschmolzen waren. Ich habe aber auch Platinschlingen gefunden, die eine Zeitlang vortrefflich wirkten und die vorher beschriebenen Phänomene bei zahlreichen Wiederholungen zeigten, die dann aber versagten, auch wenn sie bis zum Schmelzen erhitzt wurden. Für eine gewisse Zahl der betreffenden Fälle könnte die Erklärung in den leitenden Depositis gefunden werden, welche infolge der Entladungen von dem Platin

auf die Wand übertragen werden, und welche bei einigermaßen starker Verdünnung die Entladung der eigentlichen Kathode zum grössten Theil zu entziehen pflegen, um sie selbst zu vermitteln. Doch scheinen mir jedenfalls noch verschiedene der Aufklärung bedürftige Punkte hier vorzuliegen.

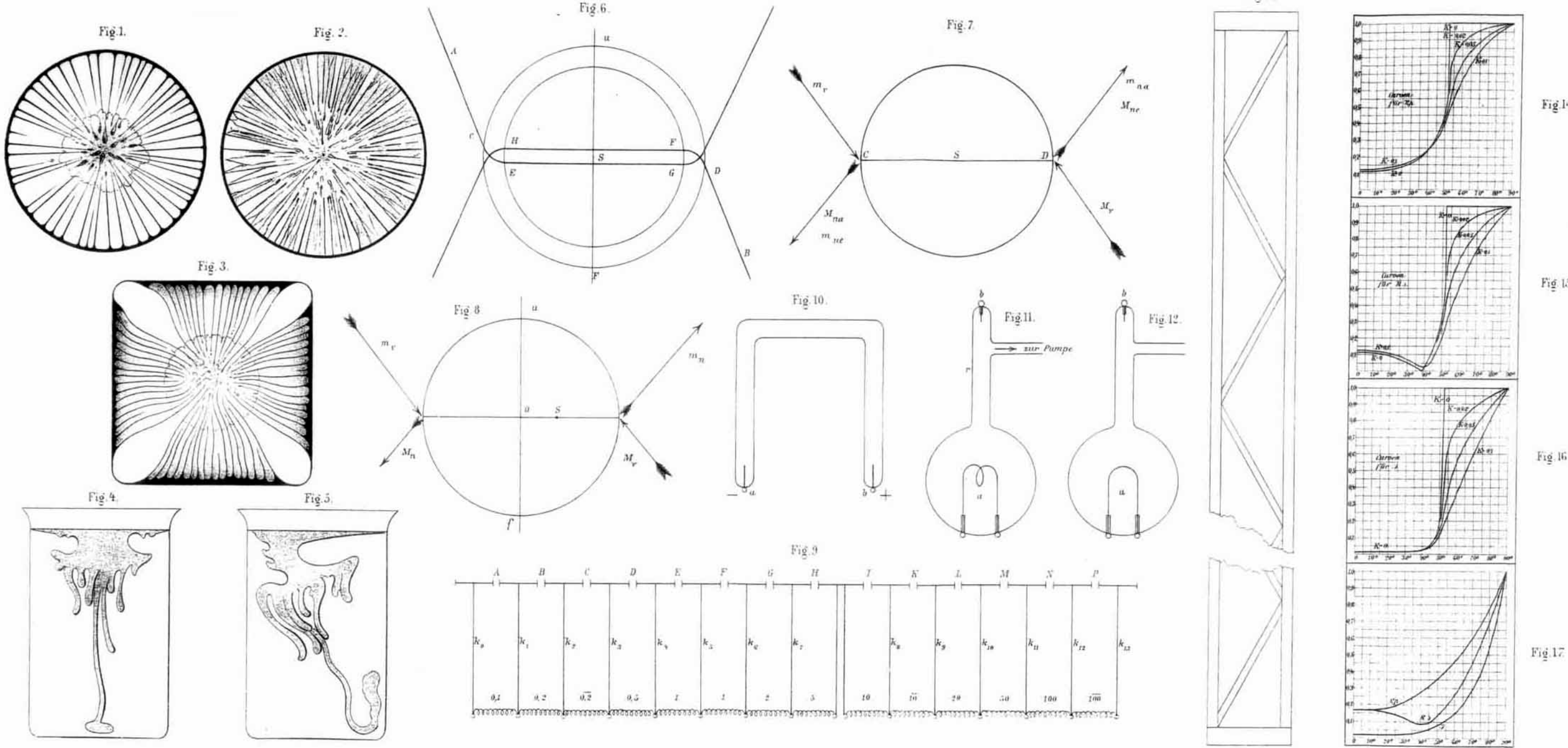
Ich habe indess die Veröffentlichung dieser Versuche nicht weiter verzögern wollen, nachdem Hr. Hittorf in dem Januarheft für 1884 von Wiedemann's Annalen¹⁾ ebenfalls den Einfluss besprochen hat, welchen die Kathoden-erhitzung auf die Leitungsfähigkeit evacuirter Räume hat. Hr. Hittorf hat galvanisch glühend gemachte Carré'sche Kohlenstäbchen als Kathoden angewandt; mit sehr geringen Spannungen erzielte er dann eine ganz lichtlose Entladungsform durch das Gas. Um Entladungen von der im vorliegenden Aufsatz besprochenen Art zu restituiren, liess Hr. Hittorf einen, zerstiebende Materie überführenden Flaschenfunken oder einen galvanischen Lichtbogen in der Nähe der erhitzten Kathode übergehen. Das reine Vacuum wurde dadurch, wie mir scheint, indess wohl alterirt.

Indem ich mir für einen zweiten Aufsatz ein näheres Eingehen auf die theoretischen Auffassungen der Hittorf'schen Arbeit und die Begründung meiner theilweise abweichenden Stellungnahme vorbehalte, erlaube ich mir noch zu bemerken, dass die in der vorliegenden Abhandlung dargelegten Thatsachen in kurzer Darstellung bereits in einem versiegelten Schreiben enthalten sind, das ich unter dem 16. November 1882 bei der Wiener kaiserlichen Academie der Wissenschaften deponirt habe, und dessen Veröffentlichung von mir jetzt beantragt worden ist.²⁾

Berlin, im Janur 1884.

1) Hittorf, Wied. Ann. 21. 1884.

2) Vgl. Wien. Acad. Anzeiger 1884. p. 58.



v. Bezold Fig. 1-5. Boltzmann Fig. 6-8. Chwolson Fig. 9. Goldstein Fig. 10-12. Fleischl Fig. 13. Voigt Fig. 14-17.