

Andreas Lastowetzki

(Lemberg)

Über einige Gasspektren, die bei Verwendung einer Hohlkathode erscheinen.¹⁾

I. EINLEITUNG.

Schon Kost²⁾ hatte an einer zylindrischen Hohlkathode merkwürdige Erscheinungen festgestellt. Indem er den Druck in seiner Entladungsröhre allmählich verkleinerte, beobachtete er nach Anlegung einer Gleichstromhochspannung, dass das negative Glimmlicht (bei ungefähr 3 mm Hg) die Hohlkathode wie ein Wattausch umgab, die Stirnfläche aber freiliess. Verkleinerte man den Druck weiter, so umgab das Glimmlicht die Hohlkathode noch fester und bei noch weiterer Druckverminderung (etwa 2 mm Hg) traten an der Kathode Schichten des negativen Glimmlichtes heraus. Bei weiterem Auspumpen (weniger als 0,538 mm Hg) verschwanden diese Schichten und es trat ein plötzlicher Sprung, der das Bild der Entladung gänzlich veränderte, ein. Die Stelle des Umschlages war für jedes Gas eine andere. Diese Erscheinungen wurden von Kost kinemathographisch festgehalten, aber weder weiter verfolgt, noch erklärt.

Gleichzeitig hat Reismann³⁾ bei der Untersuchung der Unterschiede der Polspektren im Geisslerrohr folgende Beobachtung gemacht. Bei der Oxydkathode hat sich gezeigt, dass an Stellen, wo das Platinblech eingeknickt war, intensives Kathodenstrahlbündel austrat. Nachdem R. an einer Nickelkathode eine Bohrung anbrachte, erhielt er nach Anlegung der 1000 Volt Gleichstromspannung aus dem Loch ein starkes Kathodenstrahlbündel, das sich

¹⁾ Der Druck dieser Arbeit hat sich durch äussere Umstände bis jetzt hinausgezögert.

²⁾ H. Kost, Inaug. Diss. Göttingen, 1913, auch: Phys. Zs. 22, 495, 1921.

³⁾ B. Reismann, Inaug. Diss. Münster, 1913.

mit der zweiten negativen Glimmschicht vermischt. Allmählich geriet die Kathode in helle Rotglut und das Metall begann zu verdampfen. Die Erscheinung wurde in allen Gasen beobachtet. Die Intensität der Entladung konnte durch Anbringen dieser Bohrung schätzungsweise auf das 20-fache gesteigert werden.

Etwas später (1914) fanden Bartels und Paschen¹⁾ anlässlich der Untersuchung des sog. Fowlerschen Spektrums, das nach Bohr dem Helium angehört, dass bei einer Entladungsröhre mit zylindrischer Hohlkathode, die mit Gleichstrom betrieben wurde, innerhalb der Kathode ein intensives Leuchten auftritt. Die fortgesetzten Untersuchungen von Paschen¹⁾ ergaben, dass das Fowlersche Spektrum vom Glimmlicht am Orte des Beginnes der Glimmschicht einer stationären Entladung im Helium stammt. Dieses Glimmlicht blieb bei niederem Gasdrucke auf das Innere der zylindrischen Hohlkathode beschränkt und konnte durch Steigerung der Stromstärke zur bedeutenden Intensität gebracht werden. Zu diesem Zwecke konstruierte P. eine Heliumlampe mit einer kastenförmigen Kathode aus dünnem Aluminiumblech. Die innere Längsschicht des Kastens strahlte sehr intensiv nach aussen.

Auf Veranlassung von P. untersuchte Schüler²⁾ die elektrischen Eigenschaften dieser Entladungsform und zwar für den Fall einer zylindrischen Hohlkathode, die von einem Anodenzylinder umgeben war, und gleichfalls bei Benutzung des Gleichstroms. Es hat sich herausgestellt, dass bei höherem Druck das negative Glimmlicht zwischen der Anode und Kathode entstand. Bei abnehmendem Druck zog sich das negative Glimmlicht in das Innere der Hohlkathode zurück und erfüllte die Kathode in Gestalt eines konaxialen Zylinders. Der ganze Leuchtzylinder des negativen Glimmlichtes war vom schmalen Crookeschen Dunkelraum und dieser von der noch schmälern ersten Kathodenschicht umgeben. Vom positiven Leuchten war keine Spur. Mit Hilfe einer Sonde hat S. unter anderem festgestellt, dass das negative Glimmlicht fast feldfrei ist (Potentialvermehrung von der Mitte des Glimmlichtes bis an den Rand desselben betrug höchstens 1–2 Volt).

Der Schülerschen Arbeit folgte eine Arbeit von Paschen³⁾, in welcher er, diesmal mit Hilfe der zylindrischen Hohlkatode, die Spektren des einfach und zweifach ionisierten Aluminiumatoms untersuchte. Bei Anwendung des Flaschenfunken war die Lichter-

¹⁾ F. Paschen, Annalen d. Physik 50, 901, 1916.

²⁾ H. Schüler, Phys. Zs. 22, 264, 1921.

³⁾ F. Paschen, Ann. d. Phys. 71, 142 u. 537, 1923.

scheinung im Inneren der Hohlkathode etwas anders als bei Anwendung des Gleichstroms. Das Innere der Hohlkathode zeigte jetzt Lichtstreifen, die an einzelnen Punkten der Kathode entsprangen. Auch anodisches Leuchten war zu sehen. Das Leuchten in der Kathode war aber auch sehr intensiv, sodass die Aufnahmen ohne Schwierigkeiten am grossen Konkavgitter stattfinden konnten.

Im Bonner Physikalischen Institut wurde die Erscheinung des intensiven Leuchtens in der Hohlkathode von R. Frerichs verfolgt. Er brachte nämlich in einer Glasröhre eine Hohlkathode, welche die Form eines länglichen Kästchens aus geknicktem Eisenblech hatte, an. Im Inneren dieses Kästchens, das keine Deckflächen hatte, erzielte er nach Anlegung einer Gleichstromspannung bei entsprechend gewähltem Druck ein intensives Leuchten¹⁾.

Die weiteren Versuche mit der Hohlkathode von Frerichs brachten ihn auf den Gedanken, noch eine intensivere Lichtquelle herzustellen. Auf der Beobachtung von Reismann fussend, bohrte er in einen Aluminiumklotz, der als Kathode gedacht wurde, einen horizontalen Schlitz von 2×30 mm Querschnitt. Bei passendem Druck und nach Anlegung einer Hochspannung zog sich die Glimmentladung in den Kathodenschlitz zurück, gleichzeitig ein sehr intensives Licht aus dem Schlitz ausstrahlend²⁾.

Gleichzeitig wurden im Physikalischen Laboratorium der Einstein-Stiftung in Postdam die Forschungen über das Hohlkathodenphänomen von Schüler³⁾ fortgesetzt. Als Resultat dieser Forschungen entstand eine Entladungsröhre, in welcher als Kathode ein Hohlzylinder aus Messing angebracht war. Die beiden Deckflächen des Hohlzylinders waren geschlossen, die eine bis auf einen engen horizontalen Spalt, dessen Länge etwas grösser als der Radius der Zylindergrundfläche war. Ausserdem wies der Spalt an seinem unteren Eude eine quadratförmige Verbreiterung auf. Das Leuchten in dem erweiterten Teil des Spaltes war bedeutend intensiver als in dem unerweiterten.

Schüler hat ausserdem die ganze Erscheinung des Hohlkathodenleuchtens theoretisch begründet³⁾. Die Elektronen, die an der Zylinderkathode ausgelöst werden, passieren zuerst den Dunkelraum. In dem grossen Potentialgefälle desselben bekommen sie sehr grosse Beschleunigungen. Den Raum des negativen Glimmlichtes durchdringend, ionisieren sie die Gasteilchen, indem sie die

¹⁾ M. Fassbender, Zs. f. Phys. 30, 73, 1924.

²⁾ R. Frerichs, Zs. f. Phys. 35, 683, 1926.

³⁾ H. Schüler, Zs. f. Phys. 35, 323, 1926.

kinetische Energie verlieren. Einige von diesen Elektronen gelangen aber doch, ähnlich den Kathodenstrahlen, bis in den Dunkelraum. Hier bewirken sie, dass das Potentialgefälle vor der Kathode kleiner wird, was aus einer Abhandlung von G. C. Schmidt¹⁾ hervorgeht. Im Raume ausserhalb der Hohlkathode ist diese Verkleinerung des Kathodenpotentialgefälles unmöglich. Nach dem Prinzip des kleinsten Zwanges wählt die Glimmentladung diejenige Form, die möglichst kleine Spannung erfordert, d. h. das Innere der Kathode wird bevorzugt. Dass das Leuchten in einem Schlitz der Kathode noch intensiver ist, findet seine Erklärung im Durchgang der Elektronen durch denselben. Und zwar ist die Potentialdifferenz zwischen den Schlitzbacken und dem Leuchten am Schlitz gleich der Potentialdifferenz zwischen der Kathode und dem negativen Glimmlicht. Bis zur Anode passieren die Elektronen noch einen kleinen Anodenfall. Also die Bedingung dafür, dass die Entladung nicht ausgeht, ist der Durchtritt der Elektronen durch den Schlitz, während die positiven Ionen entweder im Inneren der Kathode bleiben (wenn sie im Inneren entstanden sind) oder sie werden von den Aussenwänden der Kathode angezogen (wenn sie im Aussenraume entstanden sind).

Aus allen hier erwähnten Abhandlungen²⁾ ist es ersichtlich, dass das Hohlkathodenphänomen sehr viele nützliche Möglichkeiten für die Spektralanalyse darstellt. Es lag deshalb nahe, eine systematische Untersuchung zunächst der verschiedenen Gasspektren mit Hilfe einer solchen Hohlkathode durchzuführen. Das ist auch der Zweck der vorliegenden Arbeit.

II. HILFSMITTEL.

a) Der Spektrograph.

Sämtliche photographische Aufnahmen wurden mit einem festarmigen mittleren Hilgerschen Quarzspektrographen angefertigt. Vor dem Spalt des Apparates befand sich eine Projektionslinse aus Quarz, die das vom Schlitz der Hohlkathode ausgehende Licht auf den Spalt des Spektrographen kondensierte. Unmittelbar vor dem Spalt des Apparates war eine verschiebbare Blende ange-

¹⁾ G. C. Schmidt, Ann. d. Phys. 12, 651, 1903.

²⁾ Auch G. Cario (s. G. Holland, Zs. f. wiss. Phot. 23, 342, 1925) benutzte bei der Aufnahme der negativen Sauerstoffbanden eine Hohlkathode. Sie bestand aus einem offenen Aluminiumzylinder von 70 mm Länge, 35 mm Durchmesser und 5 mm Wandstärke.

bracht, die neben der Aufnahme des zu untersuchenden Spektrums auch diejenige des Vergleichsspektrums gestattete.

Die Helligkeit des Spektrographen war recht befriedigend. In ungefähr 10 Sekunden erhielt ich ein vollaurexponiertes Spektrum des Kupferbogens von 3 Ampère Stromstärke.

Über die Dispersion des Spektrographen als Funktion der Wellenlänge gibt die folgende Tabelle Auskunft:

Im Gebiete λ	2200—2300	Ä. E.	entspricht 1 mm ca.	6 Ä. E.
"	"	2300—2400	"	" " " 7 " "
"	"	2400—2600	"	" " " 10 " "
"	"	2600—2800	"	" " " 12 " "
"	"	2800—3000	"	" " " 14 " "
"	"	3000—3200	"	" " " 18 " "
"	"	3200—3400	"	" " " 20 " "
"	"	3400—3600	"	" " " 28 " "
"	"	3600—3800	"	" " " 33 " "
"	"	3800—4200	"	" " " 40 " "
"	"	4200—4400	"	" " " 50 " "
"	"	4400—5000	"	" " " 65 " "
"	"	5000—5300	"	" " " 90 " "
"	"	5300—5800	"	" " " 100 " "

b) Die Entladungsröhre.

Bei der vorliegenden Arbeit wurde von mir eine kugelförmige Glasröhre (Abb. 1.) von 22 cm Durchmesser benutzt. In der Röhre befand sich oben ein Schliff, durch den die Kathode eingeführt wurde. Unten sass die Glaskugel mit einem weiten Schliff auf der evakuierenden Pumpe. Durch etwas engeren Schliff, der seitlich an der Röhre angebracht war, wurde die Anode eingeführt, sodass die beiden Elektroden nicht übereinander standen, sondern miteinander einen stumpfen Winkel bildeten. Ein seitliches Ansatzrohr trug ein mit Siegelack aufgeklebtes Fenster aus Quarz, durch welches das Licht vom Kathodenschlitz direkt auf den Spalt des Quarzspektrographen abgebildet wurde. Dem Quarzfenster gegenüber auf der anderen Seite der Röhre befand sich ein Ansatzrohr mit einem Schliff, an den die Gefässe, wo die Gase hergestellt wurden, sowie die Trockengefässe angeschlossen wurden. Die käuflichen und gebrauchsfertigen Gase wurden in die Röhre durch das erwähnte Leyboldsche Nadelventil, das ein sehr langsames Nachströmen der Gase ermöglichte, eingeführt. Mit Hilfe dieses Nadelventils konnte ich immer den in der Röhre herrschenden Druck fest-

stellen, wenn das betreffende Gas durch dasselbe in die Röhre eingeführt wurde.

c) Die Elektroden.

Die beiden Elektroden wurden in die Röhre durch besondere Schliffe eingeführt. Die Anode wurde durch einen Kupferstab gebildet. Die Kathode bestand aus einem Aluminiumzylinder von 5 cm Höhe und 2,5 cm Durchmesser. Sie enthielt einen Schlitz von 30 x 4 mm Querschnitt. Die Zuführungen zur Kathode und Anode waren aus Messing gemacht. Sie waren doppelwändig und ermöglichten dadurch die dauernde Kühlung mit fließendem Wasser nicht nur der Zuführungen selbst, sondern auch des massiven Aluminiumzylinders. Der dauernden Kühlung ist es zu verdanken, dass man die Röhre studenlang mit Strömen bis 0,5 Ampère belasten konnte.

d) Die Stromquellen.

Als Stromquelle wurde ein hochgespannter Gleichstrom einer Dynamomaschine benutzt. Um den Übergang der Glimm- in die Bogenentladung zu verhindern, wurde parallel zu den Elektroden ein Lampenwiderstand von 1000 Ohm eingeschaltet.

Zur Erzeugung des Kupferbogenspektrums, das als Vergleichsspektrum diente, wurde Gleichstrom von 150 Volt verwandt.

e) Die Pumpen.

Als Vorvakuumpumpe wurde die rotierende Kapselpumpe von Gaede¹⁾ verwandt. Das Vakuum, das mit Hilfe dieser Pumpe erreicht wurde, betrug 2 mm Hg.

Als eigentliche Pumpe wurde von mir Gaedes Stufenpumpe aus Stahl²⁾ benutzt. Sie musste mindestens 15 Minuten vor dem Beginn der Versuche angeheizt werden, sowie ca. 30 Minuten nach dem Abstellen der Heizung mit Wasser gekühlt werden. Die elektrische Heizung hat sich als zuverlässiger erwiesen. Das Vakuum, welches mit dieser Pumpe bei ungefähr 2 mm Hg Vorvakuum erreicht wurde, war unbegrenzt.

f) Die Platten.

Die photographischen Platten für das ultraviolette Gebiet und einen Teil des sichtbaren Gebietes wurden als Gelatine-Emulsions-

¹⁾ G. Meyer, Verh. d. D. Phys. Ges. 10, 753, 1907.

²⁾ W. Gaede, Zs. f. techn. Phys. 4, 365, 1923.

platten von Schleussner und für das sichtbare Gebiet als Color-Platten von Westendorp und Wehner bezogen.

Die Ausmessung der Platten geschah mit Hilfe eines Komparators, der von der Firma Gustav Heyde in Dresden stammte. Die Massstäbe dieses Komparators waren in ganze Millimeter geteilt, während die Ablesemikroskope mit einer zehnteiligen Skala versehen waren. Die scheinbare Länge dieser Skala war ein Millimeter, sodass man an dem besonders kenntlich gemachten Skalenanfangsstrich dessen Stellung zur Teilung des Massstabes rasch und sicher auf 0,01 mm ablesen konnte.

Die auf Grund dieser Ablesungen entworfene Dispersionskurve des Quarzprismas gestattete ganz bequem die Linien des zu untersuchenden Spektrums zu identifizieren.

III. DER VERLAUF DER ENTLADUNG.

Nachdem die Glaskugel leer gepumpt und die Hochspannung an die Elektroden angelegt wurde, wurde das Leyboldsche Nadelventil so weit geöffnet, bis der in der Röhre herrschende Druck mehr als 10^{-5} mm Hg und weniger als 10^{-4} mm Hg betrug. In diesem Augenblick wurde die ganze Glaskugel bis an die Wände mit einem sehr schwachen Lichte erfüllt (Abb. 2.). Die Klemmenspannung, die in diesem Moment abgelesen wurde, betrug 900—1000 V, die Stromstärke 30—40 mA. Die Kathode blieb vollständig dunkel, an der Anode zeigten sich von Zeit zu Zeit kleine, sehr helle Punkte. Schloss man in diesem Stadium das Nadelventil, so wurde das Licht in der Glaskugel immer dunkler und dunkler, um schon nach paar Sekunden vollständig zu erlöschen. Durch die Röhre floss kein Strom mehr.

Wurde durch das nochmalige Öffnen des Nadelventils der Druck in der Glasröhre auf ungefähr 10^{-3} mm Hg gebracht, so nahm die erwähnte Lichterscheinung am Umfange ab, um aber an der Helligkeit bedeutend zuzunehmen (Abb. 3.). Dementsprechend stieg die Stromstärke auf 100 bis 150 mA, die Klemmenspannung betrug in diesem Moment 850-900 Volt. Auch in diesem Stadium blieb die Kathode dunkel, die Lichtflecke an der Anode wurden häufiger und heller.

Vergrösserte man den Zufluss des Gases noch weiter, sodass der Druck im Inneren der Glasröhre bis auf 10^{-1} mm Hg stieg, so änderte sich plötzlich die Form der Entladung. Die Lichtkugel verschwand, die Glimmlichtentladung zog sich zurück in den Spalt der Kathode (Abb. 4.). Die Intensität des Lichtes wurde sehr gross,

die Kathode selbst begann schwach zu glühen, die Lichtflecke an der Anode wurden noch heller und bedeckten dieselbe dauernd in Form zwiebelartiger Gebilde. Die Stromstärke betrug ca. 350 mA, die Klemmenspannung 750–800 Volt. In diesem Stadium der Glimmentladung wurden sämtliche Aufnahmen gemacht, wobei die Stromstärke und Klemmenspannung bei verschiedenen Gasen kleine Abweichungen von den hier angegeben aufwiesen.

Wurde der Druck in der Glasröhre weiter gesteigert, so ging die Glimmentladung in die Bogenentladung über.

IV. RESULTATE.

1. Wasserdampf.

Das Gefäß mit dem destillierten Wasser wurde direkt an die Glaskugel angeschlossen. Dadurch, dass in der Röhre selbst ein sehr niedriger Druck herrschte, brauchte ich nicht das Gefäß zu erwärmen. Das Wasser verdampfte „von selbst“ und lieferte den für die Entstehung des charakteristischen Schlitzleuchtens nötigen Druck. Die Farbe des Leuchtens im Kathodenschlitz war während der Entladung rötlich bis rosa. Die Stromstärke betrug 0,28 A, die Klemmenspannung 860 Volt.

Es wurden 6 Aufnahmen gemacht mit Expositionszeiten 120, 60, 30, 15, 5 und 1 Minuten. Auf der ersten Aufnahme (Abb. 5.) erschienen am stärksten die Banden 3125, 3064, 2875, 2811 und die Linien des O II-Spektrums sowie des ersten Wasserstoffspektrums, schwächer die Banden 3021 und 2607, am schwächsten die Banden bei 3470 und 3429. Auf der letzten Aufnahme sieht man nur die Bande 3064.

2. Argon.

Dieses Edelgas entnahm ich einer Stahlflasche. Und zwar strömte das Argon, nachdem es das Trockengefäß mit Phosphorperoxyd passiert hatte, durch das Nadelventil in die Röhre hinein. Nachdem der entsprechende Druck erreicht wurde, zeigte der Kathodenschlitz viel helleres Licht, als es bei den anderen Gasen der Fall war. Deshalb brauchte ich für die Aufnahme nur 15 Minuten. Die Farbe des Spaltleuchtens war hellrosa. Die Stromstärke betrug 0,2 A, die Klemmenspannung 600 V.

Auf der Aufnahme (Abb. 6.) sieht man deutlich sämtliche Funkenlinien des Argons (blaues Spektrum), nebenbei auch die stärksten Linien des Argonbogenspektrums (rotes Spektrum).

Als Verunreinigung tritt Wasserdampf und Luft auf.

3. Sauerstoff.

Sauerstoff wurde bei meinen Aufnahmen entweder einer Stahlflasche entnommen oder durch Erhitzen des Kaliumpermanganats gewonnen. In beiden Fällen wurde er mit Hilfe des Phosphorpentoxyds getrocknet und, im ersten Falle durch das Nadelventil, im zweiten durch das seitlich angebrachte Ansatzrohr in die Entladungsröhre eingeführt. Nachdem die Entladung sich in den Spalt der Kathode zurückgezogen hat, wies derselbe ein ziemlich helles Leuchten auf. Die Farbe des Leuchtens war gelblich-weiss, wobei weiss überragte. Die Stromstärke, bei der die Aufnahmen gemacht wurden, betrug 0,3 A, die Klemmenspannung 950 V. Die Zeit der Aufnahmen belief sich auf 120, 60, 30, 10 und 5 Minuten.

Auf den Platten erschien am stärksten sog. elementares Linien- sowie das Compoundspektrum des Sauerstoffs, schwächer die negativen Banden im sichtbaren Gebiet, sehr schwach die ultravioletten Banden. Von den Banden, die Runge¹⁾ gefunden hat, konnte ich keine einzige feststellen. Als Verunreinigung ist nur Wasserdampf zu erwähnen.

4. Ammoniak.

Dieses Gas gewann ich in der Weise, dass ich den käuflichen, stark konzentrierten Salmiakgeist in einem Entwicklungsgefäss verdampfen liess und nach der Trocknung das fertige Ammoniak direkt in die Glasröhre einführte. Genau wie das Wasser verdampfte der Salmiakgeist sehr schnell infolge des sehr geringen Druckes, der in der Glasröhre herrschte. Die Farbe des Leuchtens im Spalt war grau-bläulich, die geringste Menge der zugeführten Luft machte sich in der Aenderung der Farbe bemerkbar, und zwar wurde der graue Farbenbestandteil durch einen schwachvioletten ersetzt. Die Stromstärke, die nach Zurückziehung des Leuchtens in den Spalt abgelesen wurde, betrug 0,2 A, die Klemmenspannung 860 V. Es wurden zwei Aufnahmen gemacht und zwar mit Belichtungszeiten von 60 und 15 Minuten.

Auf der Platte (Abb. 7.) erscheinen am stärksten die negativen Stickstoffbanden und die zweite positive Gruppe der Stickstoffbanden, das erste Wasserstoffspektrum und die β -Bande²⁾ (bei

¹⁾ C. Runge, *Physica* 1, 254, 1921.

²⁾ J. M. Eder, *Denkschr. Wien. Akad.* 60, 1—24, 1893, ferner: Eder und Valenta, *Atlas typischer Spektren*, Text S. 10, Wien 1911 sowie: A. Fowler and C. C. L. Gregory, *Phil. Trans., A*, 218, 351, 1919.

3360 I. Å.) des Ammoniaks. Etwas schwächer erscheinen das zweite Wasserstoffspektrum, das Bogen- und Funkenspektrum des Stickstoffs sowie die stärksten Linien der α -Bande¹⁾ des Ammoniaks. Sehr schwach sind auf der Platte die ultravioletten Cyanbanden. Als Verunreinigung tritt Wasserdampf auf.

5. Luft.

Nachdem die Luft mit Hilfe des Phosphorpentoxyds und der konzentrierten Schwefelsäure getrocknet wurde, wurde sie durch das Nadelventil in die Glaskugel hineingelassen. Die Farbe des Spaltleuchtens war violett-bläulich. Die Stromstärke betrug 0,3 A, die Klemmenspannung 900 V. Die Belichtungszeit belief sich auf 30 und 15 Minuten.

Auf der Platte (Abb. 8. und 9.) erscheinen am stärksten die negativen Stickstoffbanden, ferner I. und II. positive Gruppe derselben und das Linienspektrum der Luft, d. h. ihrer Bestandteile: des Sauerstoffs, Stickstoffs und Wasserstoffs. Schwächer sind die ultravioletten NO-Banden, kaum sichtbar die ultravioletten Cyan- und Kohlenstoffbanden. Trotz der sorgfältigen Trocknung konnten die Wasserdampfbanden nicht zum Verschwinden gebracht werden.

6. Kohlenoxyd und Kohlensäure.

Kohlenoxyd wurde ziemlich bequem aus Ameisensäure und Schwefelsäure gewonnen. Die käufliche Kohlensäure stand mir in Bomben zur Verfügung. Beide Gase wurden mit Hilfe des Phosphorpentoxyds getrocknet und erst dann durch das Nadelventil in die Glaskugel hineingelassen. Die Farbe des Spaltleuchtens war bei Verwendung des Kohlenoxyds bläulich-weiss, bei Verwendung der Kohlensäure überwog aber stark die blaue Farbe. Das Leuchten war sehr intensiv, sodass ich schon nach 2 Minuten Belichtungszeit im sichtbaren Gebiet sowie in dem angrenzenden Teil des ultravioletten Gebietes vollausexponierte Aufnahmen erhielt. Die Stromstärken, bei denen die Aufnahmen gemacht wurden, betragen 0,3 A, die Klemmenspannungen 860 Volt.

Auf den beiden Aufnahmen erscheinen fast dieselben Linien und Banden. Nur die Intensität einiger von ihnen ist auf den beiden Aufnahmen verschieden. Und zwar erscheinen im CO-Spektrum stärker: III. und IV. positive Gruppe von Deslandres, vio-

¹⁾ J. M. Eder, l. c., ferner: Eder und Valenta, l. c. sowie: W. B. Rimmer, Proc. Roy. Soc., A, 103, 696, 1923.

lette Cyanbanden und sog. Kohlenoxydspektrum (Ängström'sche Banden oder II. positive Gruppe von Deslandres) sowie ein neues Bandensystem von Baldet-Johnson¹⁾. Im CO₂-Spektrum sind diese Banden sehr schwach. Dagegen erscheint die II. negative Gruppe von Deslandres viel stärker, als im CO-Spektrum. Ziemlich gleiche Intensitäten besitzen in beiden Spektren I. negative Gruppe von Deslandres, Kometenschweifspektrum, das Linienspektrum des Kohlenstoffs sowie H- und K-Banden²⁾ des Kohlenstoffs.

ZUSAMMENFASSUNG.

Aus der vorliegenden Arbeit ergibt sich folgendes:

1. Die von mir benutzte Anordnung eignet sich gut für Aufnahmen der Linienspektren im allgemeinen, insbesondere aber der Funkenspektren folgender Gase: Sauerstoff, Stickstoff, Argon und Kohlenstoff. Die grosse Intensität des Spaltleuchtens der Kathode ermöglicht ausserdem bequeme Aufnahmen bei grosser Dispersion. Weniger Aussichten haben die Aufnahmen der Funkenspektren des Kathodenmaterials.

2. Meine Anordnung eignet sich aber noch besser für Aufnahmen der Bandenspektren folgender Gase: Wasserdampf, Stickstoffoxyd, Ammoniak, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Kohlendioxyd. Besonders für die beiden letzten Gase liegen die Aussichten einer genauen Analyse ihrer Banden mit Hilfe der von mir benutzten Glasröhre sehr günstig.

Die vorliegende Arbeit wurde im Physikalischen Institut der Universität Bonn auf Veranlassung und unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. H. Konen ausgeführt. Es sei mir gestattet, ihm an dieser Stelle für sein stets förderndes Interesse, das er meiner Arbeit und meinen Studien entgegenbrachte sowie für das stets bezeugte Wohlwollen meinen herzlichsten Dank auszusprechen.



¹⁾ F. Baldet, C. R. 178, 1525, 1924 sowie: L'astronomie, Paris, 38. 444, 1924. R. C. Johnson, Proc. Roy. Soc., A, 108, 343, 1925.

²⁾ A. S. Ganesan, Nature 118, 842, 1926.

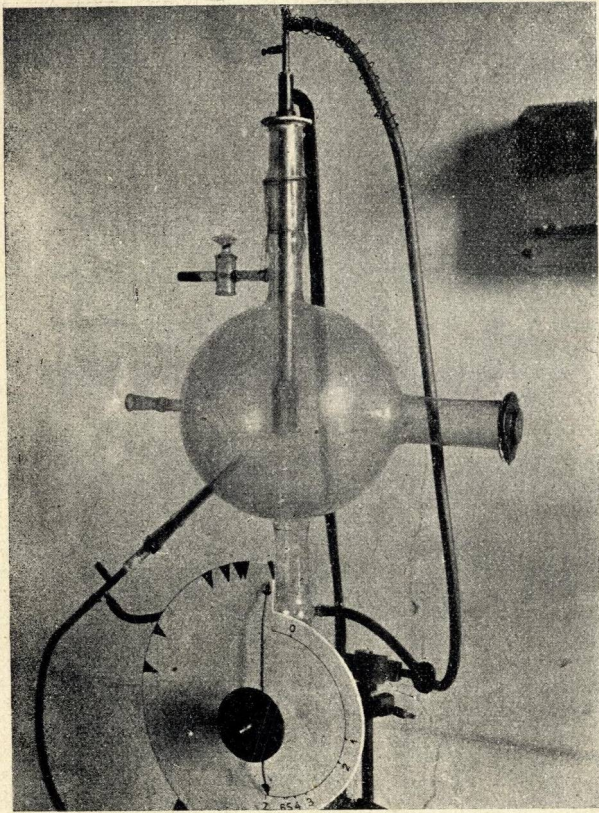


Abb. 1.

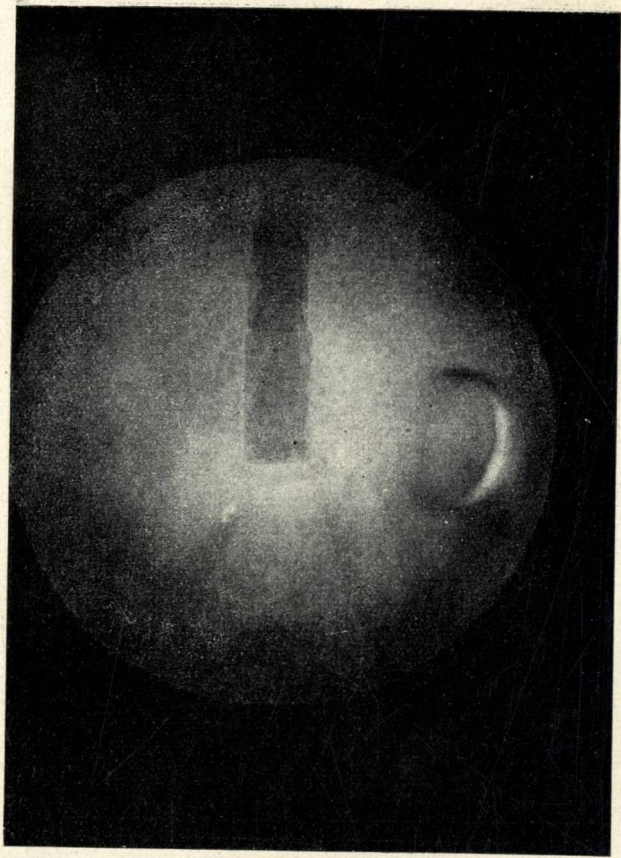


Abb. 2.

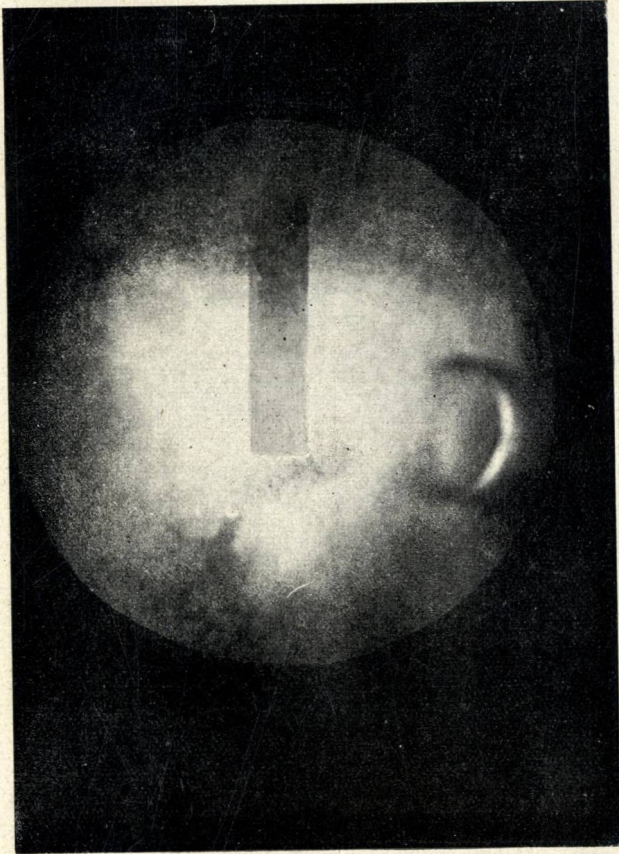
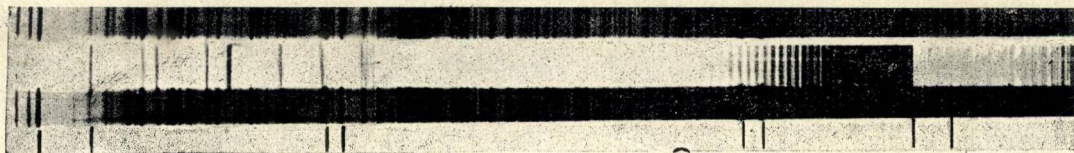


Abb. 3.



5108 Å. E.

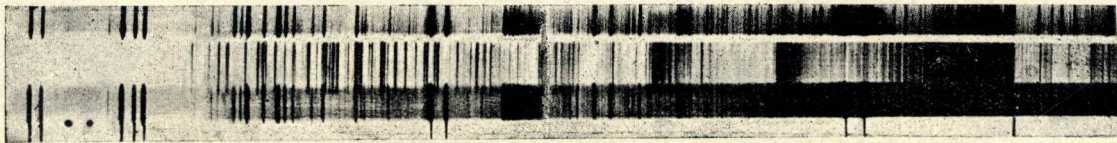
H_β

4063 Å. E.
4023 Å. E.

3274 Å. E.
3248 Å. E.

3064 Å. E.
3027 Å. E.

Abb. 5. Wasserdampfspektrum zw. 3000 Å.E. und 5200 Å.E./mittl. Streifen/
mit Kupferbogenspektrum als Vergleichsspektrum /d.ob. und unt. Streifen/.



5782 Å. E.
5700 Å. E.

5278 Å. E.
5153 Å. E.
5108 Å. E.

4063 Å. E.
4023 Å. E.

3274 Å. E.
3248 Å. E.

3064 Å. E.

Abb. 6. Argonspektrum zwischen 3000 Å.E. und 5700 Å.E./mittl. Streifen/.

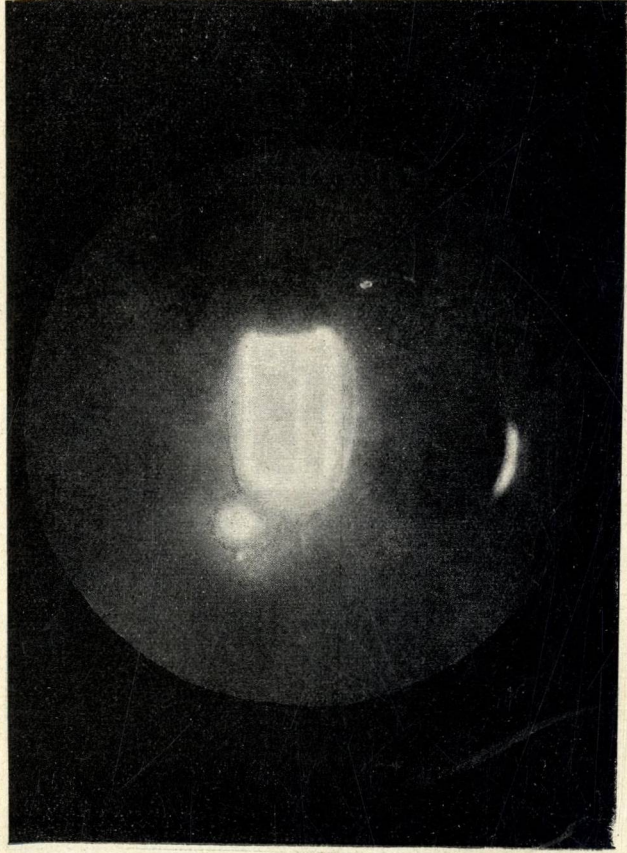
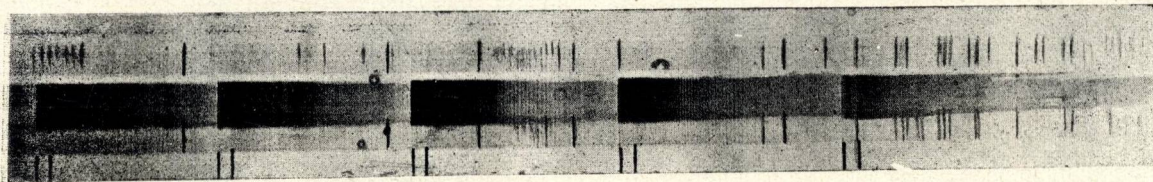


Abb. 4.



2721 Å.E.
2712 Å.E.

2594 Å.E.
2580 Å.E.

2477 Å.E.
2470 Å.E.

2369 Å.E.
2362 Å.E.

2268 Å.E.
2262 Å.E.

Abb. 9. Ultraviolette NO-Banden im Luftspektrum /mittl. Streifen/.

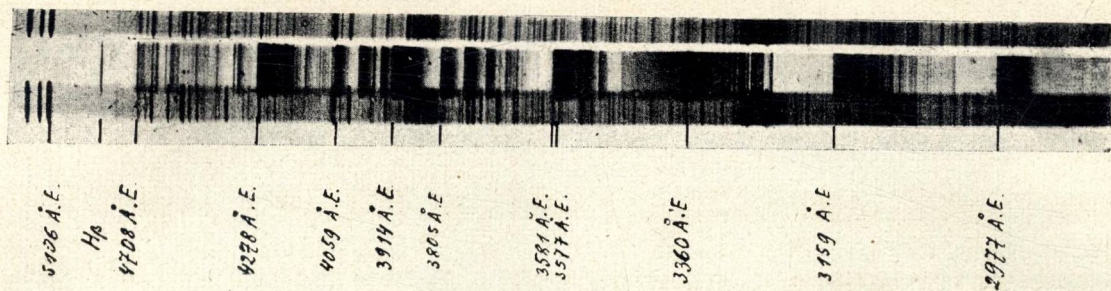


Abb. 7. Ammoniakspektrum zw. 2900 Å.E. und 5100 Å.E./mittl. Streifen/.

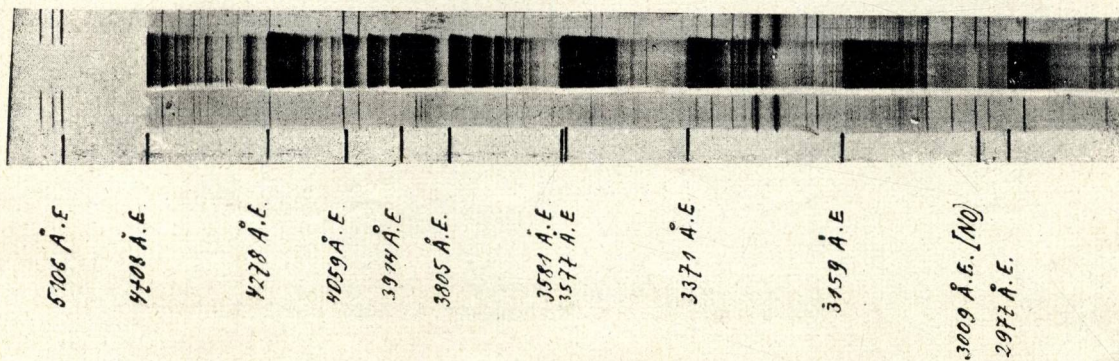


Abb. 8. Luftspektrum zw. 2900 Å.E. und 5100 Å.E./mittl. Streifen/.