10. *Glimmentladung im Helium;* *von W. Heuse.*

§ 1. Collie und Ramsay¹⁾ haben einige Versuche über die elektrische Entladung im Helium angestellt. Nach ihnen „zeigt eine Plücker'sche Röhre die Erscheinungen einer Vacuumröhre schon bei gewöhnlichem atmosphärischem Druck“.

Zur näheren Untersuchung des von Collie und Ramsay gefundenen Resultates, habe ich die im Folgenden beschriebenen Messungen ausgeführt.

Bei den Versuchen wurde ein Geissler'sches Rohr von derselben Art wie bei der Untersuchung der Glimmentladung in einem Gasgemisch benutzt; beobachtet wurde:

1. der Potentialgradient im positiven Glimmlicht, 2. das Kathodengefälle, 3. der Verlauf des Gradienten durch das ganze Rohr, 4. das Spectrum des Heliums.

§ 2. Das benutzte Helium wurde durch Erhitzen von Cleveit gewonnen (vgl. Fig. 1). Es entwickelte sich langsam —

Fig. 1.

im Durchschnitt aus 40 g Mineral in der Minute $\frac{1}{8}$ cem von Atmosphärendruck. Die Entwicklung konnte mindestens 20 Stunden fortgesetzt werden.

§ 3. Um das im Entwicklungsapparat befindliche Helium nicht zu verlieren und auch bei den späteren Versuchen möglichst ohne Verluste arbeiten zu können, wurde ein der Töpler'schen Quecksilberluftpumpe nachgebildeter Pumpapparat benutzt. Die Construction ist aus Fig. 2 ersichtlich. Die Rohrenden *m* und *n* sind gemeinsam mit dem Entwicklungsapparat verbunden. Nachdem alle Hähne geöffnet sind, wird durch *c* das ganze System ausgepumpt, dann *c* geschlossen

1) J. N. Collie u. W. Ramsay, Zeitschr. f. phys. Chem. 19. p. 701. 1896.

und die Gasentwicklung beginnt. Nach ihrer Beendigung wird der Hahn *a* geschlossen und das Quecksilbergefäß *R* gehoben, bis die Capillare *h* gefüllt ist; das nach diesem ersten Pumpenzug in dem capillaren Teil zurückbleibende Quecksilber schliesst dann das im Behälter *A* befindliche Gas ab. Durch fortgesetztes Pumpen kann nun alles im Entwicklungsapparat befindliche Gas in den Behälter *A* befördert werden. Dessen Dimensionen sind so abgepasst, dass der Druck des in ihm aufgespeicherten Gases denjenigen der in der Capillaren *h* befindlichen Quecksilbersäule nicht überschreitet, das Gas also unter Barometerverschluss bleibt, selbst wenn der übrige Apparat ganz evacuirt ist. Ist dies geschehen, so schaltet man zwischen *m* und *n* das Versuchsrohr, sowie ein Rohr mit Reinigungsmitteln ein; das Helium ist währenddessen durch den Barometerverschluss vor Verunreinigung geschützt. Der Apparat kann dann wieder ausgepumpt und nach Schliessen von *c* und Oeffnen von *a* mit Helium gefüllt werden. Das gebrauchte Gas wird durch *b* zurückgepumpt. Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden und es wird ihm erst durch Unbrauchbarwerden des Hahnes *a* eine Grenze gesetzt. Beginnt dies einzutreten, so hebt man das Quecksilber bis *a* und treibt dadurch alles Gas aus dem Reservoir in den Versuchsapparat. Schliesst man nun *d*, so kann man *a* frisch fetten nur unter Verlust des zwischen *a*, *c* und *d* befindlichen Gases. Durch Vereinigung der Hähne *a* und *c* zu einem Dreiweghahn liesse sich dieser schädliche Raum noch verkleinern. Nach dem Auspumpen dieses Raumes ist der Apparat wieder wie vorher zu benutzen.

Fig. 2.

§ 4. Wenn bei Herabsetzung des Druckes in einem Geissler'schen Rohre Glimmentladung eintritt, so verbindet zuerst ein schmaler leuchtender Streifen die beiden Elektroden. Wird der Druck mehr und mehr verringert, so tritt zunächst der Faraday'sche dunkle Raum deutlich auf, mehr und mehr sich verlängernd, wobei der positive Büschel breiter und kürzer wird und sich alsdann in hinreichend weiter Röhre auf eine Lichthaut an der Anode zusammenzieht, um sich hierauf weiter zu verlängern und schliesslich in helle und dunkle Schichten zu zerfallen.

Fig. 3.

Die Drucke, bei welchen die verschiedenen Stadien der Glimmentladung auftreten, sind für die verschiedenen Gase verschieden, höher im Wasserstoff als im Stickstoff, höher im Helium als im Wasserstoff. Aus den Abbildungen (Fig. 3 a—d) sieht man, dass bei einem Druck von 28,1 mm Helium ungefähr dasselbe Bild zeigt, wie Wasserstoff bei 3,9 mm. Der an die Röhrenwand anschliessende positive Büschel war 114 mm, der dunkle Raum 36 mm lang. In Wasserstoff von 10,6 mm Druck hatte der positive Büschel die Glaswand noch nicht erreicht und erstreckt sich mit zugespitztem Ende bis beinahe an die Kathode.

Die Schichtenbildung beginnt beim Helium schon zwischen

5—6 mm Druck. (Um ein klareres Bild zu erhalten, ist die photographische Aufnahme erst bei 4,9 mm gemacht.) Bei Wasserstoff konnte ich wegen der Unruhe des Lichtes diese Erscheinung, die ungefähr bei 1 mm Druck auftritt, nicht photographiren, da die Expositionszeit 30 Secunden betrug.

§ 5. Hierunter folgen die Angaben für den in der gewöhnlichen Weise mittelst Sonden bestimmten Potentialgradienten G in Volt per cm im positiven ungeschichteten Licht im Helium.

Tabelle I.

$$i = 0,52 \cdot 10^{-8} A.$$

p	G	$\frac{G}{p}$	p	G	$\frac{G}{p}$
5,18	15,2	2,93	8,73	24,8	2,84
6,08	17,7	2,91	9,64	26,7	2,77
6,68	19,3	2,89	10,46	28,9	2,77
7,36	20,8	2,82	11,44	31,5	2,75
8,00	22,7	2,84	12,53	34,0	2,72

Die folgende Tabelle soll zur Vergleichung des Verhaltens verschiedener Gase dienen. Der Röhrendurchmesser, auf welchen sich die Beobachtungen beziehen, und welcher den Gradienten zwar merklich, aber nicht bedeutend beeinflusst, ist mit verzeichnet.

Tabelle II.

	Quecksilber	Helium	Helium	Wasserstoff	Stickstoff
p	18,1	12,5	0,8	8,37	8,0
$2 R$	24 mm	25	25	15	15
G	16,9	34	22,7	112	156,8
$\frac{G}{p}$	1,29	2,72	2,84	13,4	19,6
Beobachter	Heuse	Heuse	Heuse	Herz	Herz

Ordnet man also die betrachteten Gase nach steigendem Wert des unter gleichen Verhältnissen genommenen Gradienten, so erhält man die Reihenfolge: Quecksilber, Helium, Wasserstoff, Stickstoff.

G/p nimmt nach Tab. II beim Helium, wie bei anderen Gasen, mit zunehmendem Drucke ab; diese Abnahme von G/p ist am bedeutendsten beim Quecksilber, dann folgen Stickstoff und Wasserstoff, die gleiches Verhalten zeigen: am geringsten ist die Aenderung beim Helium.

§ 6. Die Tab. III giebt die Werte für das normale Kathodengefälle im Helium und zwar in einem 2,5 cm weiten Rohr. Dieselbe Messung habe ich mit dem 4,5 cm weiten Rohr, welches mit beweglichen Sonden versehen war, ausgeführt und fand übereinstimmend $E = 253$ Volt, während Hr. Strutt¹⁾ 226 Volt angiebt. Möglicherweise hatte er reineres Gas zur Verfügung.

Tabelle III.

 $i = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ Amp.}$

p	E	p	E
14,8	253	8,4	251,5
11,4	251	6,3	251
10,7	249	5,3	253
9,7	251		

§ 7. Schliesslich habe ich noch den Potentialverlauf im ganzen Rohr bestimmt. Zu dieser Untersuchung wurden etwa 2,5 mm voneinander entfernte bewegliche Platinsonden benutzt, wie sie W. P. Graham anwandte und in seiner Arbeit näher beschrieben hat.²⁾ Hierbei zeigte sich die Schwierigkeit, dass die Potentialdifferenzen von 2—4 Volt zu klein waren, um bei idiostatischer Schaltungsweise des Elektrometers gemessen werden zu können. Es musste daher die heterostatische Schaltung angewandt werden.

Erteilt man der Nadel bez. den Quadrantenpaaren die Potentiale N , Q_1 , Q_2 , so erhält man für den Ausschlag A_1 die Gleichung:

$$(1) \quad A_1 = \alpha(Q_1 - Q_2)[N - \frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)],$$

worin α die Elektrometerconstante bedeutet. Wie Gleichung (1) zeigt, kann $(Q_1 - Q_2)$ bei constantem Nadelpotential nur dann

1) R. J. Strutt, Phil. Mag. 49. p. 293. 1900.

2) W. P. Graham, Wied. Ann. 64. p. 49. 1898.

dem Ausschlage A_1 proportional gesetzt werden, wenn $\frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)$ gegen N klein ist und vernachlässigt werden kann. Im vorliegenden Falle konnte dies aber durchaus nicht geschehen, und es war daher nicht möglich, aus Gleichung (1) die Potentialdifferenz zu berechnen, da sie zwei unbekannte Grössen $(Q_1 - Q_2)$ und $(Q_1 + Q_2)$ enthält.

Erteilt man nun aber der Nadel das gleiche, aber entgegengesetzt elektrische Potential, so erhält man die Gleichung:

$$(2) \quad A_2 = \alpha(Q_1 - Q_2)[-N - \frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)].$$

Subtrahirt man jetzt Gleichung (2) von Gleichung (1), so fällt $\frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)$ heraus und man erhält:

$$(3) \quad A_1 - A_2 = \alpha(Q_1 - Q_2) 2 N,$$

$$(4) \quad \alpha = \frac{A_1 - A_2}{(Q_1 - Q_2) 2 N}.$$

Aus Gleichung (4) lässt sich unter Benutzung bekannter Nadel- und Quadrantenpotentiale die Elektrometerconstante α , und wenn sie bekannt ist, aus der Differenz der Ausschläge, die durch Vertauschung des Vorzeichens der Nadelladung entstehen, jede Potentialdifferenz nach Gleichung (3) berechnen. Bei dieser Methode muss sehr genau darauf geachtet werden, dass die Lage der Nadel beiden Quadrantenpaaren gegenüber genau symmetrisch ist; ein Kriterium hierfür ist die Tatsache, dass bei gleicher Ladung der Quadranten die Nadel ihre Stellung nicht ändert, welches auch ihr Potential sei. Diese Stellung musste öfter controlirt werden, da der Einfluss der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Coconfaden der Aufhängung den Nullpunkt von Tag zu Tag etwas änderte.

Da es bei der Messung des Potentialverlaufes nicht darauf ankommt, den absoluten Wert des Gradienten zu bestimmen, sondern dessen Aenderung, so gebe ich nur eine graphische Darstellung des Verlaufes, in der als Abscisse die Entfernung der Sonden von der Anode, als Ordinate die direct abgelesene Potentialdifferenz der Sonden eingetragen ist. Die Fig. 4 bezieht sich auf diejenige Entladungsform bei der die Anode von einer dünnen Lichthaut bedeckt ist, während der übrige Teil des Rohres dunkel bleibt. Es gelang mir nicht, eine

andere Glimmerscheinung herbeizuführen, was wohl durch die Weite des Rohres verursacht ist. Wie die Fig. 4 zeigt, hat der Gradient vor der Kathode ein starkes Minimum, vor der Anode ein etwas schwächeres; etwa in der Mitte des Rohres erreicht er ein Maximum. Graham findet im Stickstoff bei

Fig. 4.

dieser Entladungsform einen ganz ähnlichen Verlauf, nur mit dem Unterschiede, dass dort das Maximum ziemlich nahe an der Anode liegt.

§ 8. Bei der spectrokopischen Betrachtung zeigte das Kathodenlicht nur die bekannten Heliumlinien, während das Spectrum des Anodenlichtes ein anderes Aussehen hatte. Anfangs glaubte ich ein zweites Heliumspectrum vor mir zu haben, doch konnte ich die an der Kathode nicht bemerkten Linien auf Verunreinigung durch Stickstoff zurückführen.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Hrn. Prof. Dr. E. Warburg, für seine Anregung und vielseitige Unterstützung während dieser Arbeit meinen herzlichsten Dank auszudrücken.

(Eingegangen 2. April 1901.)