

**9. Glimmentladung in Gasgemischen;  
von W. Heuse.**

---

§ 1. E. Wiedemann<sup>1)</sup> erhitzte ein Geissler'sches Rohr, in dem sich ausser Stickstoff von 10 mm Druck tropfbares Quecksilber befand. Es zeigte sich, dass mit steigender Temperatur die Quecksilberlinien allmählich an die Stelle der Stickstofflinien treten und bei 240°, d. h. bei einem Quecksilberdampfdruck von 57 mm, allein sichtbar sind. Diese Erscheinung erklärt er dadurch, dass der Strom nur durch die Quecksilbermoleküle geht und diese daher den Strom allein leiten.

Dasselbe Ergebnis erhielt er bei Versuchen mit Wasserstoff anstatt Stickstoff.

Ferner hat P. Lewis<sup>2)</sup> gezeigt, dass schon eine äusserst geringe Menge Quecksilberdampf, dem Wasserstoff beigemischt, auf die Lichtintensität seines Spectrums einen sehr starken Einfluss ausübt. So reducirte Quecksilberdampf von 0,00135 mm Druck (Sättigungsdruck bei 21°), Wasserstoff von 3 mm Druck bei Zimmertemperatur beigemischt, die Helligkeit des Wasserstoffspectrums auf weniger als die Hälfte, wobei die Quecksilberlinien sehr stark hervortraten.

Es ist hiernach also wenig Wasserstoff und Stickstoff im Quecksilberdampf in Geissler'schen Röhren spectralanalytisch sehr schwer oder gar nicht, wenig Quecksilberdampf im Wasserstoff und Stickstoff sehr leicht nachzuweisen.

Ebenso ist nach Collie und Ramsay<sup>3)</sup> wenig Wasserstoff und Stickstoff im Helium leicht, weniger als 10 Proc. Helium in Stickstoff und Wasserstoff gar nicht spectralanalytisch nachzuweisen.

Diese Thatsachen führten auf die Frage danach, wie ein Gasgemisch bei der Glimmentladung den elektrischen Strom leitet.

---

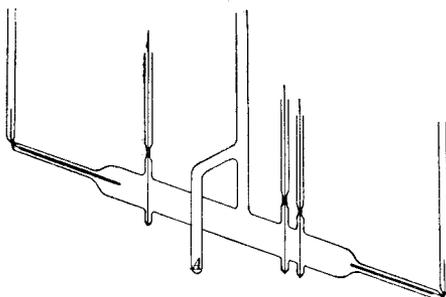
1) E. Wiedeman, Wied. Ann. 5. p. 500. 1878.

2) P. Lewis, Wied. Ann. 69. p. 398. 1899.

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

§ 2. Um der Beantwortung dieser Frage näher zu treten, habe ich ein Gemisch von Stickstoff und Quecksilberdampf zur Untersuchung gewählt und zunächst den Potentialgradienten  $G$  im positiven ungeschichteten Licht bestimmt: 1. im Stickstoff, 2. im Quecksilberdampf, 3. in einem Gemisch beider Substanzen.

§ 3. Die Messung geschah durch Platinsonden, die sich in genau gemessenem Abstände voneinander befanden (ca. 1 cm) bei constantem von einer Hochspannungsbatterie von 2000 Volt geliefertem Strome. Das Geissler'sche Rohr hatte 2,4 cm Durchmesser und 18,5 cm Länge (vgl. Figur). Bei allen



Messungen wurden Stahlelektroden benutzt. Der Ansatz  $A$  konnte in eine Kältemischung gesenkt werden, sodass der im Rohre befindliche Quecksilberdampf zum Teil in den Ansatz hineindestillirte, wodurch der gewünschte, der Temperatur der Kältemischung entsprechende Quecksilberdampfdruck hergestellt wurde.

Ausserdem konnte in dem Ansätze auf die von Warburg<sup>1)</sup> angegebene Weise Natrium erzeugt werden, um den letzten Rest von Sauerstoff aus dem Stickstoff zu entfernen. Ich benutzte zu den Messungen den argonhaltigen atmosphärischen Stickstoff, der durch weissen Phosphor von Sauerstoff, alsdann von Kohlensäure und Wasser befreit wurde.

Das Versuchsrohr befand sich in einem doppelwandigen eisernen Ofen. Es wurde durch Erhitzen und Auspumpen möglichst gereinigt. War dies erreicht, so wurde Stickstoff eingelassen und der Druck hergestellt, bei dem das positive

1) E. Warburg, Wied. Ann. 40. p. 1. 1890.

Licht die gewünschte Länge hatte, keine Schichten zeigte, und der Strom constant war; das letztere wurde mittels eines in die Strombahn eingeschalteten Telefons festgestellt. Dann wurde das Rohr abgeschmolzen. Es war vorteilhaft, dies bei der Temperatur vorzunehmen, bis zu der die Versuche angeschlossen werden sollten, da im Falle, dass das Abschmelzen bei Zimmertemperatur stattfand, beim Erwärmen das positive Licht sich leicht verkürzte. Hierdurch wurden die Messungen gestört. Es befand sich nämlich in diesem Falle die von der Anode entferntere Sonde an der Grenze des positiven Teiles der Entladung, wo nach Graham<sup>1)</sup> der Potentialgradient geringer ist, als im positiven Licht, dadurch wurde dann auch die Potentialdifferenz zwischen den Sonden geringer. Der Fehler betrug bis zu 20 Proc.

Die Potentialdifferenzen wurden mit einem Thomson'schen Quadrantelektrometer gemessen, dessen Bau in der Arbeit des Hrn. Graham<sup>2)</sup> ausführlich beschrieben ist. Um den Gradienten im positiven Licht zu bestimmen, wurden die beiden Sonden mit je einem Quadrantenpaar verbunden, die Nadel zuerst mit dem einen, dann mit dem anderen Quadrantenpaar. Ist  $A$  das Mittel aus beiden Ausschlägen, so ergibt sich

$$V = C \cdot \sqrt{A}.$$

Bei der Messung des Kathodengefälles wurde ein Quadrant durch eine zur Erde geleitete Platte ersetzt, die drei anderen Quadranten, sowie die Nadel auf das gleiche Potential der betreffenden Sonde geladen. Die Kathode war in diesem Falle zur Erde abgeleitet.

Zur Bestimmung der Stromstärke war ein Wiedemann'sches Galvanometer eingeschaltet, bei dem ein Strom von  $4,5 \cdot 10^{-7}$  Amp. einen Ausschlag von einem Scalenteil ergab.

Zu den Druckmessungen wurde ein Quecksilbermanometer mit etwa 12 mm weiten Schenkeln benutzt; es war von beiden Seiten her ausgepumpt und dann der eine Schenkel zugeschmolzen worden. Abgelesen wurde mit einem Bamberg'schen Kathetometer, welches  $\frac{1}{100}$  mm angab. Nach der von

---

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

2) l. c.

Röntgen<sup>1)</sup> angegebenen Art stellte ich auf die Quecksilberkuppen ein.

§ 4. Das positive Licht bildete eine gleichförmig leuchtende, fast den ganzen Querschnitt des Rohres ausfüllende Säule, gegen die Kathode etwas abgerundet und von der Anode durch eine schmale, etwas dunkle Stelle getrennt. Auf der Anode selbst war eine hellleuchtende Lichthaut vorhanden. Nach Graham<sup>2)</sup> ist in diesem Falle der Gradient im positiven Licht, abgesehen von der Grenzschicht, constant. Es genügte daher für die Messung des Gradienten im positiven Licht, wenn ich zwei etwa in der Mitte des positiven Lichtes angebrachte Sonden benutzte.

Für den Gradienten im Stickstoff bei verschiedenen Temperaturen ergaben sich die in Tab. I zusammengestellten Werte.

Tabelle I.

$p = 1,4 \text{ mm bei } 22^\circ.$

$i = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ Amp.}$

$t$	$G_N$	$t$	$G_N$
22	37,4	128	37,5
53	38,2	153,3	37,5
73	39,1	173,6	37,3
103	38,7	201,1	37,3
113	38,8		

Zum Vergleiche führe ich an, dass nach den Versuchen von A. Herz<sup>3)</sup> sich für die vorliegenden Verhältnisse  $G_N = 37,5$  ergeben würde.

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, dass  $G_N$  bei constanter Dichte von der Temperatur unabhängig ist. In Bezug auf diesen Einfluss der Temperatur auf  $G_N$  hat Hr. Schmidt<sup>4)</sup> dasselbe Resultat erhalten, wie ich.

§ 5. Potentialgradient im gesättigten Quecksilberdampf  $G_q$ . Das möglichst gut, wie oben beschrieben, evacuirte und von

1) W. C. Röntgen, Pogg. Ann. 148. p. 586. 1873.

2) W. P. Graham, l. c.

3) A. Herz, Wied. Ann. 54. p. 244 ff. 1895.

4) G. C. Schmidt, Verhandl. d. Deutschen Physik. Gesellsch. 1. Nr. 15. p. 265. 1899; Ann. d. Phys. 1. p. 625. 1900.

den occludirten Gasen befreite Rohr enthielt tropfbares Quecksilber. Es wurde stark erhitzt, damit durch den Quecksilberdampf etwa noch vorhandenes Gas absolut entfernt wurde, und dann in diesem Zustande von der Pumpe abgeschmolzen. Der dunkle Raum wurde sehr schmal, doch verschwand er nicht vollständig. Bei Temperaturen über  $200^{\circ}$  umfasste das positive Licht das Kathodenlicht, durch eine schmale dunkle Schicht von ihm getrennt. Das dann noch aus dem Ofen herausragende kurze Ende des Zuleitungsrohres wurde nach dem Abkühlen auch abgeschmolzen, sodass ein schädlicher Raum durchaus vermieden werden konnte, und in dem Rohre sicher gesättigter Dampf, welcher der Ofentemperatur entsprach, vorhanden war.

Die Versuche waren nur in einem beschränkten Temperaturintervall ausführbar, da unter  $160^{\circ}$  der Strom inconstant wurde, über  $200^{\circ}$  die Entladung aussetzte.

Die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate wurden durch graphische Interpolation aus drei Versuchsreihen erhalten.

Tabelle II.

$$i = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ Amp.}$$

$t$	$p$	$G_q$	$\frac{G_q}{p}$
162,6	4,84	11,2	2,31
170	6,41	12,7	1,98
180	9,23	14,8	1,61
190	13,07	16,9	1,29
197,3	16,71	18,6	1,11

Hierbei will ich bemerken, dass die grösste Abweichung der Werte, aus denen  $G_q$  interpolirt ist, 3 Proc. betrug.

Auffällig ist der kleine Wert der Gradienten im Quecksilberdampf. Nach A. Herz<sup>1)</sup> beträgt er bei 4 mm Druck für Stickstoff 89,3, für Wasserstoff 63,8 Volt bei einer Rohrweite von 25 mm. Der Einfluss des Unterschiedes der Röhren-

1) A. Herz, l. c.

weite von 1 mm, der zwischen dem Herz'schen und meinem Versuchsrohr besteht, fällt übrigens bei einem Druck von 4 mm nicht mehr ins Gewicht. Das Verhältnis  $G/q$  nimmt, wie bei Stickstoff und Wasserstoff, mit zunehmendem Drucke ab, doch in höherem Maasse als bei diesen Gasen.

§ 6. Potentialgradient in dem Gemisch von Stickstoff und Quecksilberdampf ( $G_g$ ).

Tabelle III.

$$p_{N_{180}} = 1,2 \text{ mm. } i = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ Amp.}$$

$t$	$p_q$	$G_g$	$G_q$	$G_g - G_q$	$\frac{G_g}{p_N + p_g}$
18	0,00105	35,4	—	—	—
53,3	0,0167	31,1	—	—	—
70	0,050	29,2	—	—	—
77	0,0725	28,6	—	—	—
81	0,0984	27,8	—	—	—
86	0,1315	27,5	—	—	—
91	0,1747	27,3	—	—	—
97	0,243	27,4	—	—	—
106	0,390	29,0	—	—	—
120	0,779	34,1	—	—	—
131	1,297	37,1	—	—	—
142	2,10	42,2	—	—	—
154,3	3,49	48,3	—	—	—
162,4	4,81	52,9	11,1	41,8	8,8
170,5	6,54	57,4	12,8	44,6	7,42
182,7	10,16	62,4	15,3	47,1	5,49
192	14,01	67,8	17,4	49,6	4,40

Aus diesen Versuchen ergibt sich die merkwürdige Tatsache, dass die Beimengung einer kleinen Menge Quecksilberdampf zum Stickstoff den Gradienten im ungeschichteten positiven Licht erniedrigt. Er sinkt von 35,4 Volt bei 18° ( $p_q = 0,00105$ ) auf 27,3 Volt bei 91° (0,175), wo er den kleinsten Wert erreicht, um dann wieder zu steigen.

Auf Grund dieses Ergebnisses war anzunehmen, dass der Gradient im quecksilberdampffreien Stickstoff noch grösser als 35,4 Volt wäre. Um dies festzustellen, versah ich das Ver-

suchsrohr mit einem seitlichen Ansatz (vgl. Figur), der in eine Kältemischung von  $-20^{\circ}$  bez.  $-79^{\circ}$  eingetaucht werden konnte; infolge dessen herrschte auch in dem Versuchsrohr nach einer entsprechenden Wartezeit der dieser Temperatur entsprechende Quecksilberdampfdruck. Aus der Konstanz der Ausschläge konnte festgestellt werden, wann der Diffusionsvorgang beendet war.

Tabelle IV.

$$p_N = 0,98 \text{ mm. } i = 0,17 \cdot 10^{-3} \text{ Amp.}$$

$t$	$G$	$p_q$
+ 18°	34,5	105 $\cdot 10^{-6}$
- 20	35,6	1,6 $\cdot 10^{-6}$
- 79	35,7	0,0027 $\cdot 10^{-6}$
+ 18°	34,6	105 $\cdot 10^{-6}$

Tab. IV zeigt, dass, wie zu erwarten war, die völlige Entfernung von Quecksilberdampf noch ein weiteres Ansteigen des Gradienten im positiven Licht zur Folge hat, deutlich bemerkbar allerdings nur bei einer Abkühlung bis  $-20^{\circ}$ , da die durch weitere Temperaturniedrigung hervorbrachte Vergrößerung von  $G$  innerhalb der Beobachtungsfehler liegt.

Die Tab. III und IV ergeben also das Resultat, dass Quecksilber auch in sehr kleinen Mengen den Gradienten vermindert. Er sinkt bei einer Erwärmung von  $-79^{\circ}$  auf  $91^{\circ}$ , um ca. 9,5 Volt. Dann steigt er wieder. Aus den Temperaturen, für welche  $G_q$  aus Tab. II bekannt ist, sind die Werte von  $G_q$  und  $G_g - G_q$  in die Tab. III aufgenommen. Letztere steigen mit wachsendem Quecksilberdampfdruck.

§ 7. Kathodengefälle in dem Gemisch von Stickstoff und Quecksilberdampf. Zur Ergänzung der beschriebenen Versuche habe ich noch den Einfluss des Quecksilberdampfes auf das normale Kathodengefälle des reinen Stickstoffs bestimmt. Um im Stickstoff das normale und constante Kathodengefälle zu erhalten, war durch Natrium in statu nascendi nach Warburg's Angabe der letzte Rest von Sauerstoff entfernt. Die Messung des Kathodengefalles ergab den Wert 230 Volt. Warburg findet 232 Volt.

Tabelle V.

Quecksilberdampf-Kathodengefälle.  $i = 0,02 \cdot 10^{-3}$  Amp.

$t$	$p$	$E$	$t$	$p$	$E$
164	5,09	393	180	9,25	386
171	6,54	383	190	13,08	393
178	8,62	378	198	17,14	400

Die Werte für das Kathodengefälle an Stahlelektroden im Quecksilberdampf ergeben sich aus Tab. V. Der Mittelwert beträgt 389 Volt. Warburg findet bei Anwendung einer Quecksilberkathode 340 Volt.

Befand sich in dem Versuchsrohr ausser Stickstoff tropfbares Quecksilber, so ergaben sich als Werte für das Kathodengefälle bei verschiedenen Temperaturen die in Tab. VI angegebenen.

Tabelle VI.

$p_N = 1,8$  mm.

$t$	$E$	$p_a$	$i$
15	230	0,00105	$0,39 \cdot 10^{-3}$
70	230	0,05	$0,39 \cdot 10^{-3}$
103	245	0,33	$0,39 \cdot 10^{-3}$
122	258	0,82	$0,39 \cdot 10^{-3}$
142	304	2,10	$0,34 \cdot 10^{-3}$
171	364	6,54	$0,24 \cdot 10^{-3}$
188	418	10,16	—

Wie Tab. VI zeigt, fängt der gesättigte Quecksilberdampf von einer Temperatur zwischen  $70^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  an, das Kathodengefälle merklich zu steigern.

(Eingegangen 2. April 1901.)