

# Der Zusammenhang zwischen Austrittsarbeit und Voltaspannung<sup>1)</sup>.

Von G. Mönch in Erlangen.

---

Die theoretische Forderung, daß die Differenz der Austrittsarbeiten in Volt gemessen abgesehen vom Vorzeichen gleich der Differenz der Voltaspannungen ist, kann für den Fall Wolfram-Platin experimentell bestätigt werden. Das für diesen Versuch besonders entwickelte Meßverfahren läßt aus der Emissionskennlinie gleichzeitig die Austrittsarbeiten und den Unterschied der Voltaspannungen entnehmen.

Veranlassung zu der Untersuchung über die Nachprüfung der theoretischen Forderung, nach der die Differenz der Austrittsarbeiten in Volt gemessen gleich der negativen Differenz der Voltaspannungen ist, gab nicht die Hoffnung auf neue Erkenntnisse, sondern einmal die zu erstrebende Vollständigkeit der experimentellen Bestätigungen für theoretische Behauptungen, andererseits der Reiz des folgenden Meßverfahrens.

Die Methode benutzt die bekannte Bestimmungsart der Austrittsarbeiten auf glühelektrischem Wege, zur Feststellung der Voltaspannungen das von Rothe<sup>2)</sup> angewandte Verfahren. Dieses bestimmt die Voltaspannungsdifferenz aus der Lage der Knicke in den Kennlinien der Elektronenröhren. Indem hier ein Glühkathodenblech verwendet wird, das einseitig mit einem anderen als dem eigenen Metall bestäubt ist, kann die Emission von zwei Metallen gleichzeitig aufgenommen werden. Man braucht nur die Emission der einen von der der anderen Oberfläche zu trennen. Durch diese beiden Kennlinien wird in einem Meßgang die Differenz der Austrittsarbeiten wie die der Voltaspannungen bestimmt.

---

1) Erlanger Habilitationsschrift. 2. Teil.

2) H. Rothe, ZS. f. techn. Phys. 6, 633, 1925.

Die Austrittsarbeiten ergeben sich aus der Messung der Sättigungsströme der von den Metallen  $M_1$  und  $M_r$  ausgehenden Elektronenemissionen. Der Sättigungsstrom  $i_1$  der Emission von  $M_1$  ist:

$$9. \quad i_1 = A_1 F_1 T^2 e^{-\frac{W_1}{kT}}$$

von  $M_r$ :

$$10. \quad i_r = A_r F_r T^2 e^{-\frac{W_r}{kT}}$$

Hieraus läßt sich  $W_1 - W_r$ , die Differenz der Ausarbeiten der Metalle  $M_1$  und  $M_r$  berechnen, wenn  $i_1$ ,  $i_r$  und  $T$  bestimmt werden,  $F_1$  und  $F_r$ , die emittierenden Flächen, sowie die Konstanten  $A_1$  und  $A_r$  bekannt sind.

Die Differenz der Voltaspannungen  $V_1$  und  $V_r$ , die theoretisch gleich  $1/\varepsilon (W_r - W_1)$  sein soll, kann man gleichfalls aus den zur Bestimmung der Austrittsarbeiten aufgenommenen Kennlinien entnehmen. Besteht zwischen Kathode und Anode keine Voltaspannung (der durch die Heizung bedingte Spannungsabfall an der Kathode ist fortzudenken), dann muß bei der Aufnahme von Kennlinien für Ströme, die keine Raumladung erzeugen, der Knick in der Kennlinie an der Stelle liegen, wo die von außen angelegte Spannung zwischen Kathode und Anode null ist. Dieser Knick verschiebt sich längs der Spannungsachse beim Auftreten von Kontaktspannungen, deren Größen durch die Verschiebungen bestimmt sind.

Unter der Voraussetzung, daß die Voltaspannung zwischen den zwei Anoden  $A_1$  und  $A_r$ , die den glühenden Metallen  $M_1$  und  $M_r$  gegenüber stehen, vernachlässigt werden kann, ist die gesuchte Kontaktspannung  $V_1 - V_r$  zwischen den Glühkathoden  $M_1$  und  $M_r$  durch den Abstand der Knickpunkte in den zur Bestimmung der Austrittsarbeiten aufgenommenen Kennlinien gegeben.

Es wird also aus den Kennlinien erstens die Austrittsarbeit durch die Größe der Sättigungsströme, zweitens die Voltaspannung aus der Lage der Knickpunkte (Übergang zur Sättigung) der Kennlinien bestimmt.

Die allgemeinen Voraussetzungen zur Ausführung dieser Methode sind:

- a) Die emittierenden Metalle  $M_1$  und  $M_r$  müssen auf gleicher Temperatur,
- b) auf gleicher Spannung sein (die Störung durch die Glühstromspannung ist zu vermeiden).
- c) Die Voltaspannungen zwischen den Elektroden, die den Metallen  $M_1$  und  $M_r$  gegenüberstehen (z. B.  $A_1/A_r$ ), müssen null und
- d) die Produkte  $A_1F_1$  und  $A_rF_r$  bekannt sein.

Technische Durchführung: Als Glühkathode wurde ein Platinblech benutzt, auf dem einseitig ein genügend dicker Fleck von Wolfram im Vakuum aufgedampft wurde. Dieses Blech durch Joulesche Wärme erhitzt, emittiert nach der einen Seite als Platin-, nach der anderen als Wolframoberfläche.

Die Bedingung a) ist wohl abgesehen von ganz extremen Forderungen erfüllt. Die Bedingung b) ebenfalls. Es besteht zwar längs des emittierenden Bandes ein Spannungsabfall, dieser ist aber auf beiden Seiten gleich groß. Die Folge ist eine Verschiebung der Kennlinie gegenüber dem Spannungsnullpunkt um einen unbestimmten Wert, der jedoch für beide Kurven gleich groß ist, sodaß die maßgebende Differenz erhalten bleibt. Die dritte Bedingung c) kann nicht ohne weiteres während des Versuches nachgeprüft werden. Durch entsprechende Behandlung<sup>1)</sup> der aus gleichen Blechstücken geschnittenen Elektroden kann man diese Forderung weitgehend erfüllen<sup>2)</sup>.

Es bleibt noch die Bestimmung von  $A_1F_1$  und  $A_rF_r$  übrig (Bedingung d). Hierbei soll nicht vom universellen Charakter der Konstanten  $A_1$  und  $A_r$ , also von  $A_1 = A_r$ , Gebrauch ge-

---

1) Nach W. Ende (Phys.ZS. 30, 477, 1929) durch Absanden.

2) Entsprechend der erst später beschriebenen genauen Anordnung, die noch Blenden zwischen der Kathode und den Anoden vorsieht, muß die Summe der Voltaspannungen  $B_1/B_r - B_1'/A_1 + B_r'/A_r$  gleich null sein. ( $B_1/B_r$ : Voltaspannung zwischen den Blenden, die  $M_1$  und  $M_r$  gegenüberstehen, also zwischen den der Kathode zugekehrten Seiten;  $B_1'/A_1$ ,  $B_r'/A_r$ : Voltaspannungen zwischen den Oberflächen der Blenden, die den Anoden zugekehrt sind, und den zugehörigen Anoden).

macht werden. Dazu werden Kennlinien für zwei verschiedene Temperaturen aufgenommen. Dann sind die Beziehungen (9) und (10) je zweimal für die Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  anzusetzen. Insgesamt stehen so vier Gleichungen zur Verfügung.

Der Übersichtlichkeit wegen werden die Indizes l und r gebraucht, die sich auf die linke und rechte Fläche des Glühbandes beziehen sollen; die Indizes 1 und 2 sind den Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  zugeordnet. Es ist:

$$9a. \quad i_{1l} = A_{1l} F_{1l} T_1^2 e^{-\frac{W_{1l}}{kT_1}}$$

$$9b. \quad i_{12} = A_{12} F_{12} T_2^2 e^{-\frac{W_{12}}{kT_2}}$$

$$10a. \quad i_{r1} = A_{r1} F_{r1} T_1^2 e^{-\frac{W_{r1}}{kT_1}}$$

$$10b. \quad i_{r2} = A_{r2} F_{r2} T_2^2 e^{-\frac{W_{r2}}{kT_2}}$$

Werden die Austrittsarbeiten als temperaturunabhängig angesehen, dann kann  $W_{1l} = W_{12} = W_l$  und  $W_{r1} = W_{r2} = W_r$  gesetzt werden. Aus den vier Gleichungen folgt:

$$11. \quad W_l - W_r = \frac{k(T_1 T_2)}{(T_2 - T_1)} \left[ \ln \left( \frac{i_{12} i_{r1}}{i_{1l} i_{r2}} \right) - \ln \left( \frac{A_{12} A_{r1} F_{12} F_{r1}}{A_{1l} A_{r2} F_{1l} F_{r2}} \right) \right]$$

Da sicher  $A_{1l} = A_{12}$  und  $F_{1l} = F_{12}$  ist, ebenso die entsprechenden Größen mit dem Index r, so könnte der A und F enthaltende Bruch gleich 1 gesetzt werden. Ändern sich A und F etwas mit der Temperatur, so wird sich diese Änderung vermutlich für die linken und rechten Werte fast gleich auswirken, sodaß doch  $A_{1l}/A_{12} = A_{r1}/A_{r2}$  und  $F_{1l}/F_{12} = F_{r1}/F_{r2}$  wird. Hierfür verschwindet aber gleichfalls der Logarithmus des letzten Bruches in Formel (11), die dadurch übergeht in:

$$12. \quad W_l - W_r = \frac{k T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \left[ \frac{i_{12} i_{r1}}{i_{1l} i_{r2}} \right] \quad (\text{El. magn. Einh.})$$

oder in Volt ausgedrückt:

$$12a. \quad \varphi_l - \varphi_r = 1,9849 \cdot 10^{-4} \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \log_{10} \left[ \frac{i_{12} i_{r1}}{i_{1l} i_{r2}} \right]$$

Die Elektroden: Die Glühkathode bestand aus einer 0,1 mm starken, 3,5 mm breiten Platinfolie. Auf der einen Seite wurde ein etwa 10 mm<sup>2</sup> großer Fleck im Vakuum mit Wolfram bedampft. Das glühende Band hatte eine Länge von

10 mm. Zwei Blenden  $B_l$  und  $B_r$  (Fig. 2) aus 0,1 mm starkem, vakuumgeschmolzenen Nickelblech mit Löchern von 0,3 mm  $\theta$  ließen nur die von den mittleren Teilen der Kathode ausgehenden Elektronen auf die Anode  $A_l$  und  $A_r$  gelangen.

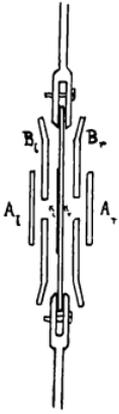


Fig. 2. Skizze einer Anordnung z. gleichzeitigen Bestimmung der Austrittsarbeiten und Voltaspannungsdifferenz der Kathoden  $K_l$  und  $K_r$ .

Die Strommessung erfolgte mit einem Galvanometer für die linke und rechte Seite nacheinander. Um Raumladungen zu vermeiden und möglichst scharfe Knickpunkte in den Kennlinien zu erhalten, mußte die Emission möglichst klein gehalten werden. Die maximale Stromstärke betrug etwa  $10^{-9}$  Amp.

Die Temperaturmessung wurde mit einem vor dem Gebrauch besonders geeichten<sup>1)</sup> Mikro-  
pyrometer nach Goetz<sup>2)</sup> ausgeführt.

Die Vakuumanordnung geben bereits Abbildungen in einer früheren Veröffentlichung wieder<sup>3)</sup>. Das Versuchsrohr hatte die Form der Figur 6 in der angeführten Arbeit. Der Schliffeinsatz war ähnlich dem der Figur 9c, nur waren die Einschmelzdrähte bedeutend stärker (3 mm  $\theta$ ).

Die Ergebnisse für Wolfram und Platin sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Platin hat die größere Austrittsarbeit als Wolfram. Die in Spalte 2 enthaltenen Austrittsarbeiten wurden nach der Formel 12a. berechnet. Eine vereinfachte Rechnung unter Benutzung der Annahme  $A_{ll}F_{ll} = A_{rl}F_{rl}$  führte zu sinnlosen Ergebnissen.

Tabelle 1.

Voltaspannung	Differenz der Austrittsarbeiten
Pt/W	W/Pt
— 0,08 Volt	— 0,085 Volt
— 0,1 „	— 0,09 „
— 0,13 „	— 0,09 „

1) W. Distler und G. Mönch, ZS. f. Phys. 84, 272, 1933, Fußnote 3.

2) A. Goetz, ZS. f. Phys. 38, 119, 1926.

3) G. Mönch, Phys. ZS. 33, 447, 1932.

Obige Messungen sind in bester Übereinstimmung mit den theoretischen Aussagen. Die Meßgenauigkeit muß als durchaus befriedigend bezeichnet werden. Es erscheint aber verfehlt, aus der Tabelle die Differenz der Austrittsarbeiten etwa des reinen Wolframs und Platins als 0,1 zu entnehmen. Die mangelnde Kenntnis von dem Verhalten der dünnen, aufgedampften Metallschichten (in diesem Fall Wolfram) bei höheren Temperaturen und die damit verbundene ebenso ungewisse Beeinflussung der Austrittsarbeiten verbieten, den gemessenen Größen den Wert von Materialkonstanten zuzusprechen.

Erlangen, Physikalisches Institut der Universität. Juni 1934.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1933-1934

Band/Volume: [65-66](#)

Autor(en)/Author(s): Mönch G.

Artikel/Article: [Der Zusammenhang zwischen Austrittsarbeit und Voltaspannung 202-207](#)