

ANFÄNGERPRAKTIKUM DER FAKULTÄT FÜR PHYSIK,  
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

---

# Versuch Kennlinien der Vakuum-Diode Protokoll

---

Praktikant: Michael Lohmann  
Felix Kurtz  
E-Mail: m.lohmann@stud.uni-goettingen.de  
felix.kurtz@stud.uni-goettingen.de  
Betreuer: Björn Klaas  
Versuchsdatum: 12.09.2014

Testat:
---------

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
2.1	Austrittsarbeit der Elektronen . . . . .	3
2.2	Vakuumdiode . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Durchführung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>5</b>
	<b>Literatur</b>	<b>6</b>

## 1 Einleitung

Dioden sind technische Bauelemente, die nur einen Stromfluss in eine Richtung zulassen. Vakuum-Dioden sind die wohl einfachsten, wenn auch heutzutage nicht mehr die gebräuchlichsten. Ihre wichtigsten Kennlinien zu vermessen, kann daher Erkenntnisse für komplexere Aufbauten, wie zum Beispiel Halbleiterdioden, liefern.

[Mes10]

## 2 Theorie

Eine Vakuum-Diode besteht aus einem Kathode-Anode-Paar, welches in einem Vakuum-Behälter eingelassen ist. Die Kathode besteht aus einer Glühlampe, welche regelbar beheizt werden kann.

### 2.1 Austrittsarbeit der Elektronen

Die Elektronen benötigen eine gewisse Energie um aus dem Draht auszutreten und zur Anode zu gelangen. Sie wird dafür benötigt, sich aus dem positiv geladenen Gitter des Drahtes herauszulösen. Diese Energie ist jedoch relativ hoch, so dass bei den hier verwendeten Spannungen kein Strom zu messen sein sollte. Da die Kathode jedoch beheizt wird, bekommen die Elektronen im Draht eine thermische (und damit kinetische) Energie. Dies ist auch der Grund, warum die Vakuum-Diode einen Elektronenfluss von der Anode zur Kathode verhindert. Nicht alle Elektronen sind jedoch gleich schnell, so dass einige mehr kinetische besitzen als andere. Die Verteilung der Geschwindigkeiten basiert auf der FERMI-Verteilung. Der sich so ergebende Strom verhält sich nach der RICHARDSON-Gleichung:

$$j_R = A_R \cdot T^2 \cdot \exp\left(-\frac{W_A}{k_B T}\right) . \quad (1)$$

Wobei  $A_R \approx 6 \times 10^{-3} \text{ Am}^{-2}\text{K}^{-2}$  die Richardson-Konstante darstellt. Sie ist für alle reinen Metalle etwa gleich. Zur Verringerung der Austrittsarbeit  $W_A$  können Metalle mit Alkalimetallen oder Barium-Oxid überzogen werden, da diese eine geringere besitzen.

### 2.2 Vakuumdiode

Eine Vakuumdiode besteht aus einer Anode und einer beheizbaren Kathode, welche zusammen in einem evakuierten Glaskolben eingeschlossen sind. Zwischen ihnen können Elektronen von der Kathode aus sich bewegen, wenn die Heizspannung hoch genug ist. Dies liegt daran, dass die Elektronen durch die bloße Anodenspannung nicht genügend Energie besitzen, um die Austrittsarbeit zu überwinden. Wird der Draht beheizt, so bekommen die Elektronen dadurch eine höhere kinetische Energie. Die mittlere kinetische

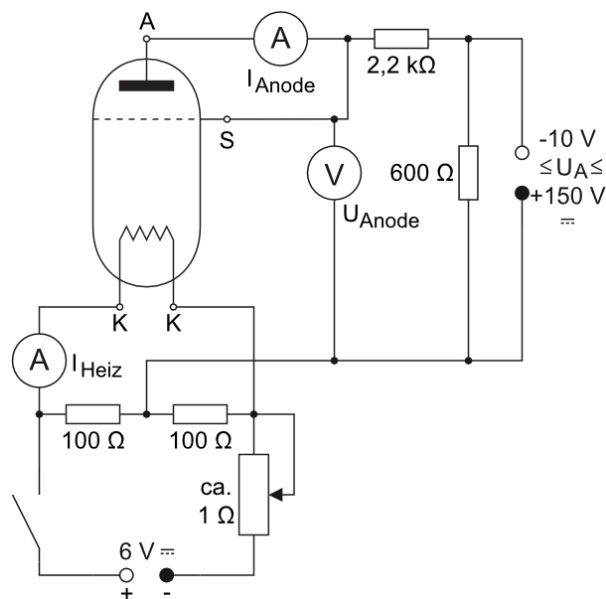
Energie reicht zwar immer noch nicht, um den Draht zu verlassen. Aber da die Energien MAXWELL-verteilt sind, haben einzelne Elektronen auch bei geringeren Temperaturen eine genügend hohe Energie.

Der **Anlaufstrom** ist der Strom, der fließt, ohne, dass eine Spannung zwischen den Elektroden anliegt. Dieser ist nicht verschwindend, da aus der Kathode gelöste Elektronen durch Zufall auf die Anode auftreffen können.

Der **Raumladungsbereich** ist der Bereich in der Anodenspannung, in dem der Anodenstrom ungefähr linear ansteigt. Dies geschieht dadurch, dass genügend Elektronen aus der Kathode durch die thermische Energie herausgelöst werden. Es können sich aber nicht alle herausgelösten Elektronen zur Anode bewegen, da Elektronen, die schon auf dem Weg sind, das elektrische Feld abschirmen.

Wird die **Anodenspannung** jedoch immer größer, so ist irgendwann ein Sättigungsbereich erreicht. In diesem sind keine Elektronen mehr im Raumladungsbereich vorhanden und um einen höheren Anodenstrom zu erzielen, muss die Anodenspannung sehr viel größer werden.

## 3 Durchführung

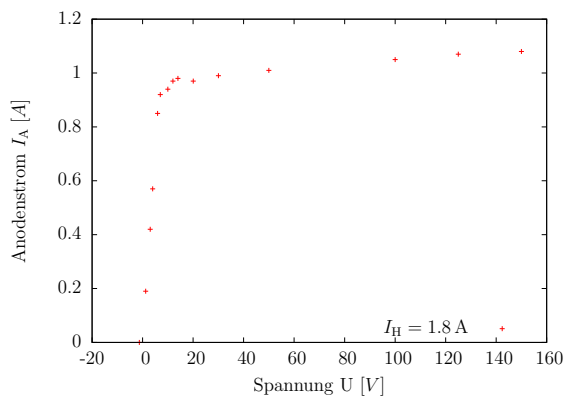


**Abbildung 1:** Schaltplan der Vakuumdiode

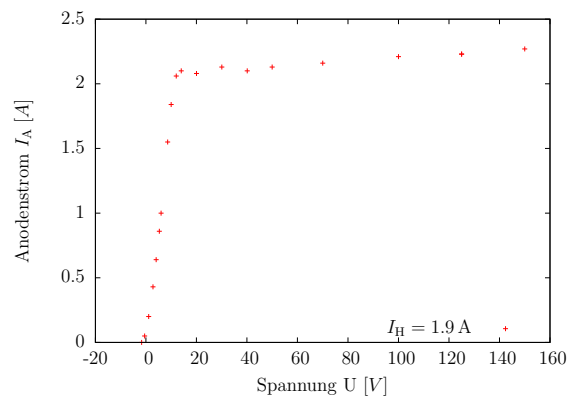
Zunächst baut man die Schaltung aus Abb. 1 auf. Dabei ist darauf zu achten, dass die Schutzringe zwar auf dem Anodenpotential sind, aber der darüber fließende Strom nicht fälschlicherweise als Anodenstrom gemessen wird.

Dann wählt man drei verschiedene Heizströme zwischen 1.9 A und 2 A und zeichnet für sie jeweils zu unterschiedlichen Anodenspannungen die zugehörigen Anodenströme auf. Im Bereich des Anlaufstroms und der Raumladung sollten die Messungen in höchstens 2 V-Schritten erfolgen.

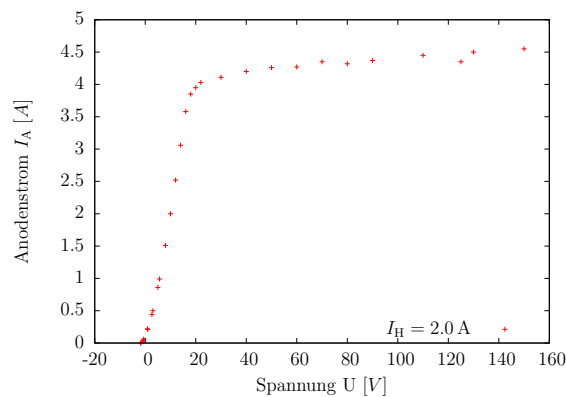
## 4 Auswertung



(a)  $I_H = 1.8$  A



(b)  $I_H = 1.9$  A

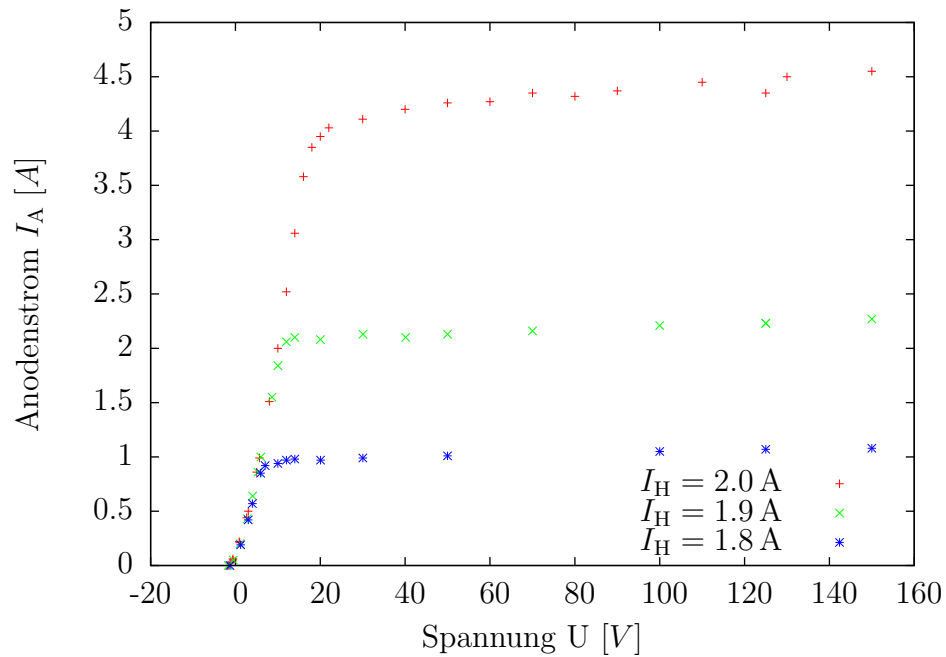


(c)  $I_H = 2.0$  A

**Abbildung 2:** Auftragung des Anodenstroms gegen die Anodenspannung bei verschiedenen Heizströmen

## 5 Diskussion

Das extra bereitstehende genauere analoge Amperemeter konnte leider auch die niedrigen Ströme nicht messen, da auch sie zu groß für das Gerät waren. Auch bei der Messung des



**Abbildung 3:** Auftragung des Anodenstroms gegen die Anodenspannung bei unterschiedlichen Heizströmen

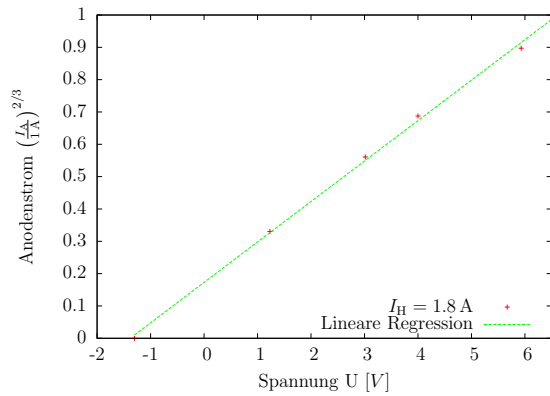
$I_H$ [A]	$a$ $\left[\frac{\text{A}^{2/3}}{\text{V}}\right]$	$b$ $\left[\text{A}^{2/3}\right]$
1.8	$0.125 \pm 0.003$	$0.173 \pm 0.011$
1.9	$0.1302 \pm 0.0009$	$0.211 \pm 0.005$
2.0	$0.1302 \pm 0.0016$	$0.242 \pm 0.014$

**Tabelle 1:** Parameter aus den Linearen Regressionen von Abb. 4

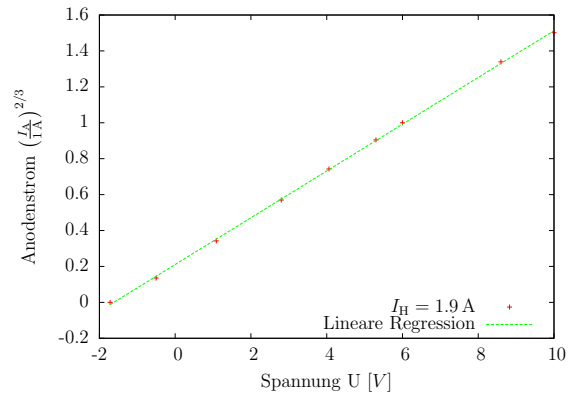
Anlaufstroms wirkte es nicht zuverlässig, da es über einen mehrere Volt großen Bereich keinen Strom anzeigte. Daraufhin verwendeten wir nur die digitalen Messgeräte.

## Literatur

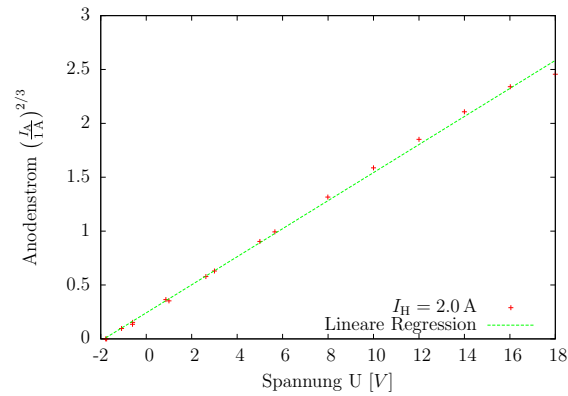
[Mes10] Meschede, Dieter: *Gerthsen Physik*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 24. Auflage, 2010, ISBN 978-3-642-12893-6.



(a)  $I_A = 1.8 \text{ A}$



(b)  $I_A = 1.9 \text{ A}$



(c)  $I_A = 2.0 \text{ A}$

**Abbildung 4:** Auftragung des Anodenstroms zur Potenz  $\frac{2}{3}$  gegen die Anodenspannung bei verschiedenen Heizströmen im Raumladungsgebiet