

V504: Thermische Elektronenemission

Simon Schulte
simon.schulte@udo.edu

Tim Sedlaczek
tim.sedlaczek@udo.edu

Durchführung: 23.05.2017

Abgabe: 30.05.2017

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	1
2	Theorie	1
3	Durchführung	3
3.1	Versuchsaufbau	3
3.2	Versuchsablauf	4

1 Zielsetzung

Ziel des Versuchs ist es, durch Erwärmung einer Metallfläche, freie Elektronen aus dieser zu emittieren.

2 Theorie

Die Elektronenemission aus einer Metallfläche wird auch als glühelektrischer Effekt bezeichnet. Die Grundlage, um diesen Effekt zu beobachten ist die Austrittsarbeit der Metalloberfläche zu überwinden. Die innere Energie der Elektronen muss somit etwa gleich groß wie die Austrittsarbeit sein, damit diese die Metalloberfläche verlassen können. Dieser Effekt ist temperaturabhängig. Daher werden in diesem Versuch fünf Kennlinien mit fünf verschiedenen Heizströmen und Heizspannungen aufgenommen. Abbildung 1

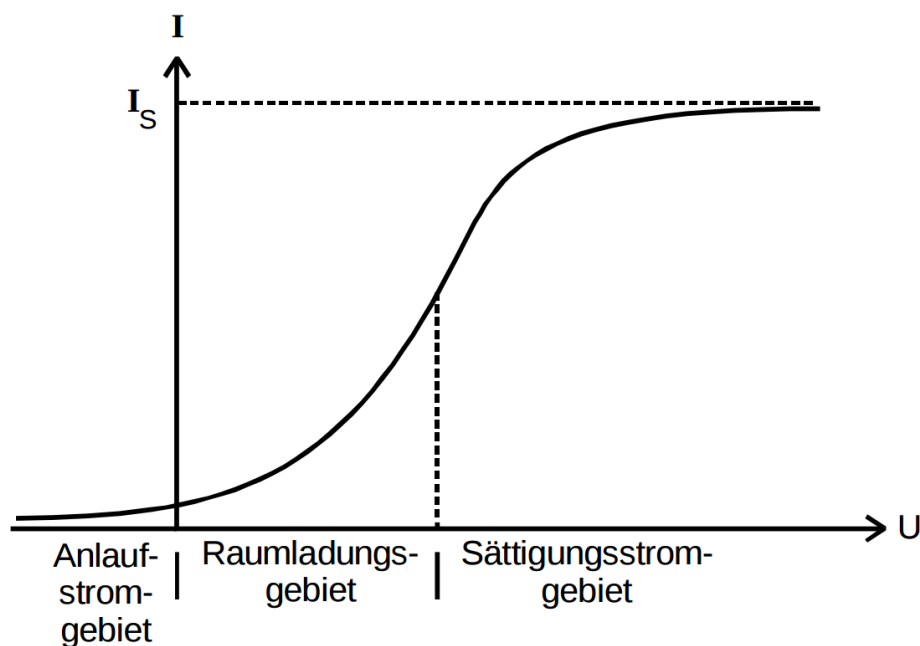


Abbildung 1: Der Graph einer Kennlinie. [anleitung]

zeigt eine übliche Kennlinie. Dabei wird prinzipiell die Spannung zwischen Anode und Kathode gegen den fließenden Strom abgebildet. Logischerweise muss das Experiment in einem Vakuum durchgeführt werden, da sonst Teilchen miteinander wechselwirken könnten und somit die Messungen verfälschen würden. Abbildung 2 zeigt den Aufbau einer in diesem Versuch verwendeten Diode.

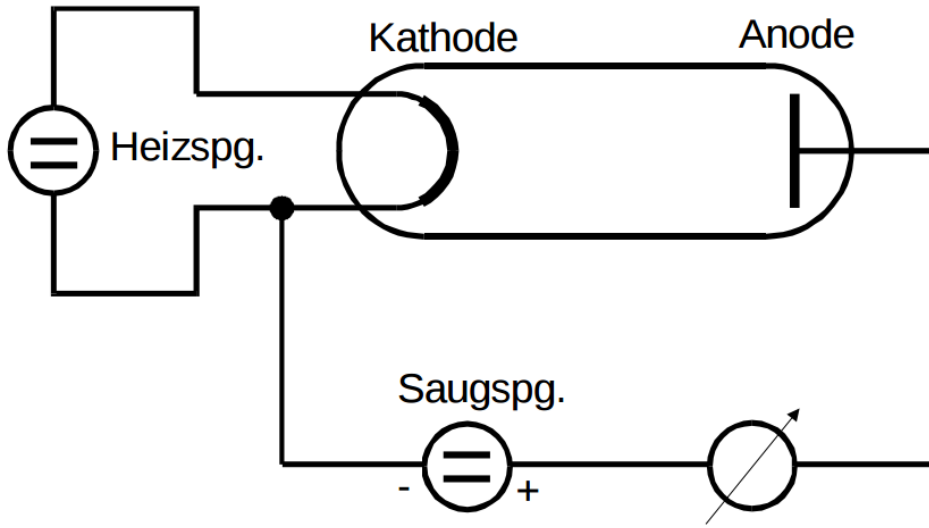


Abbildung 2: Der Versuchsaufbau einer Hochvakuumdiode. [anleitung]

Zu sehen ist, dass der Graph in Abbildung 1 drei Teilgebiete aufgeteilt ist. Zum ersten das Anlaufstromgebiet, indem selbst für kleine Gegenspannungen noch ein Anodenstrom vorgewiesen werden kann. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass die Elektronen eine Eigengeschwindigkeit beim Verlassen der Kathode besitzen. Dabei ergibt sich für die Stromdichte der Gegenspannung V der Zusammenhang

$$j(V) = \text{const} \exp\left(-\frac{e_0 V}{kT}\right). \quad (1)$$

Nach dem Anlaufstromgebiet folgt das Raumladungsgebiet. Nach der Gleichung

$$j_S(T) = 4\pi \frac{e_0 m_0 k^2}{h^3} T^2 \exp\left(-\frac{e_0 \phi}{kT}\right) \quad (2)$$

ist die Zahl der pro Zeiteinheit emittierten Elektronen nicht von der Anodenspannung abhängig, sondern lediglich von der Temperatur. Dadurch ist das Raumladungsgebiet nicht für beliebig hohe Anodenspannungen gültig. Die Stromdichte j ist an jeder Stelle konstant, aber gegeben durch

$$j = -\rho v. \quad (3)$$

Daraus folgt, dass die Raumladungsdichte ρ den Verlauf der Feldstärke zwischen Anode und Kathode beeinflusst. Daher gilt das Langmuir-Schottkysche Raumladungsgesetz:

$$j = \frac{4}{9} \epsilon_0 \sqrt{\frac{2e_0}{m_0}} \frac{V^{\frac{3}{2}}}{a^2}. \quad (4)$$

Durch eine wachsende Gegenspannung wird der Anodenstrom einem Sättigungswert zustreben. Das darauffolgende Gebiet nennt sich dann Sättigungsstromgebiet. In diesem Bereich erreichen alle Elektronen die Anode.

3 Durchführung

3.1 Versuchsaufbau

Abbildung 3 zeigt den Versuchsaufbau zur Aufnahme der Kennlinien. Die Kathode der Diode wird dafür durch den Heizstrom I_f erwärmt. Dadurch emittiert diese dann Elektronen, die mit Hilfe der Anodenspannung U_A dann zur Anode gelangen.

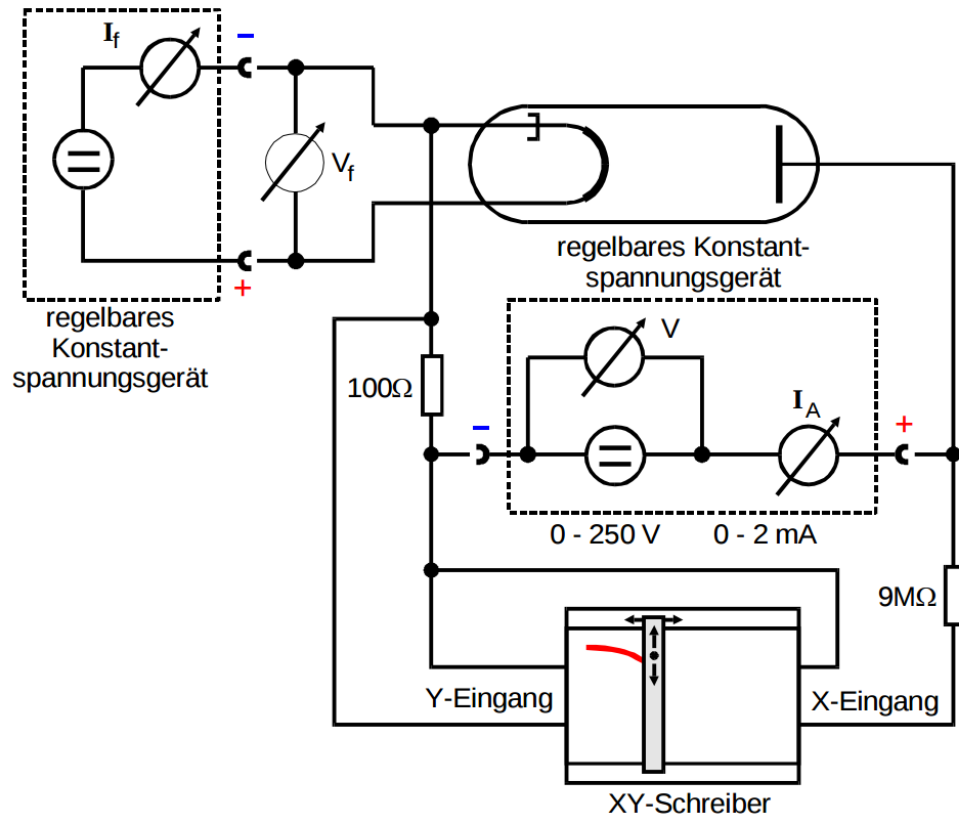


Abbildung 3: Der Versuchsaufbau zur Aufnahme der Kennlinien. [anleitung]

Es wird ein Konstantspannungsgerät benutzt, welches den Heizstrom I_f liefert, der am eingebauten Amperemeter abgelesen werden kann. Dieses ist mit der Diode verbunden, welche die Kennlinien liefert. Es ist außerdem ein weiteres regelbares Konstantspannungsgerät im Schaltkreis verbaut. Mit diesem wird die Anodenspannung U_A bestimmt. Einen XY-Schreiber gab es allerdings nicht.

In Abbildung 4 ist der Versuchsaufbau zur Aufnahme der Anlaufstromkurve zu sehen.

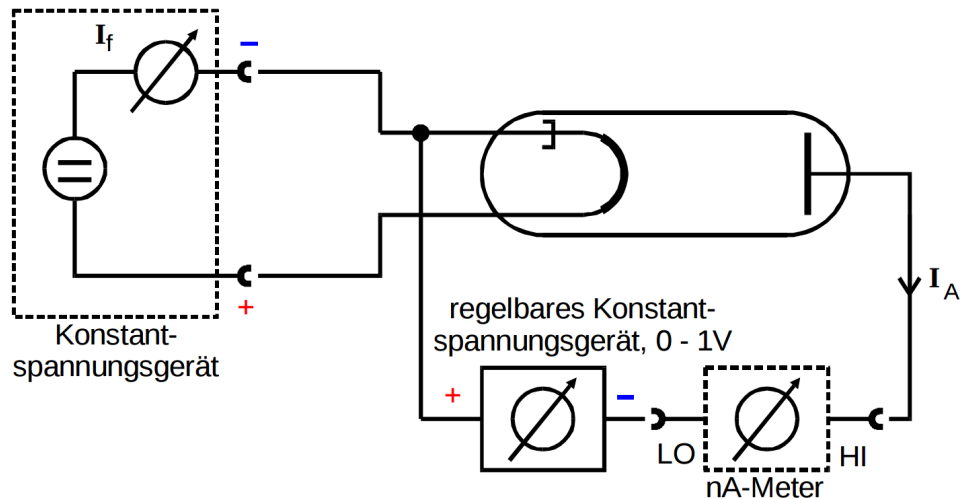


Abbildung 4: Der Versuchsaufbau zur Aufnahme der Anlaufstromkurve. [anleitung]

Auch hier ist wieder ein Konstantspannungsgerät verbaut, welches für einen konstanten Heizstrom I_f sorgt. Außerdem ist dieses erneut mit der Diode verbunden, welche allerdings nun mit einem Konstantspannungsgerät verbunden ist, welches lediglich Spannungen zwischen 0,1 V und 0,96 V erzeugen kann. Außerdem ist die Diode mit einem Nanoampere-Meter verschaltet.

3.2 Versuchsablauf

Zuerst werden die Geräte, wie in Abbildung 3 dargestellt, verschaltet. Danach werden 5 mal 40 Werte für die Anodenspannung U_A und für den Anodenstrom I_A gemessen. U_A befindet sich währenddessen stets zwischen 0 V und 250 V. Die Heizspannung U_f und der Heizstrom I_f werden vor jedem Durchgang von 40 Messungen jeweils bestimmt und bleiben konstant. Danach werden 10 Werte für I_A aufgenommen, um daraus unter anderem die Anlaufstromkurve zu bekommen. Dabei befindet sich U_A währenddessen stets zwischen 0,1 V und 0,96 V. Das Messgerät hat dabei einen Innenwiderstand von 1 M Ω .