

Vorbereitung: Photoeffekt

Axel Müller & Marcel Köpke
Gruppe: 30

14. April 2012

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabe 1: Hallwachs-Effekt	3
2 Aufgabe 2: Elektrometereigenschaften	4
3 Aufgabe 3: h/e-Bestimmung	6
3.1 Klemmenspannung bei variabler Wellenlänge	6
3.2 Gegenspannung bei variabler Wellenlänge	6
3.3 Photostrom bei variabler Spannung	7
3.4 Messung bei 400 nm und Graufilter	7
3.5 Photostrom bei Variablerwellenlänge	7

1 Aufgabe 1: Hallwachs-Effekt

In diesem Versuch wird eine Zinkplatte isoliert an ein Elektrometer angeschlossen. Diese wird zuvor frisch geschmirgelt um eventuelle Oxidschichten auf der Oberfläche zu beseitigen, da solche das Herauslösen von Photoelektronen erschweren können. Das Gehäuse des Elektrometers wird mit dem Masseanschluss eines Hochspannungsgeräts verbunden. Anschließend wird die Zinkplatte negativ aufgeladen, sodass das Elektrometer Vollausschlag anzeigt. Durch Leckströme nimmt der Ausschlag (obwohl Zinkplatte isoliert) langsam ab.

Beleuchtet man nun die Zinkplatte mit einer Quecksilberdampf Lampe so nimmt der Ausschlag rascher ab. Dies ist auf den (äußeren) Photoeffekt zurückzuführen (auch Hallwachs-Effekt genannt). Stellt man sich das Licht in kleinste Teilchen (Photonen) mit diskreten Energiezuständen gequantelt vor, so ist deren Energie durch $E_P = hf$ gegeben. Wechselwirkt nun ein solches Photon mit einem Elektron in der Zinkplatte so kann es seine gesamte Energie an dieses abgeben. Übersteigt E_P die Austrittsarbeit W_A des Elektrons, so kann das Elektron aus der Zinkplatte «herausgeschlagen» werden. Damit nimmt die negative Ladung auf der Zinkplatte ab.

Problematisch ist dabei jedoch, dass sich bei vielen solchen Prozessen ein negatives Elektronengas um die Zinkplatte bilden kann. Dadurch müssen die Photoelektronen ein zusätzliches Potential überwinden um aus der Platte herausgeschlagen zu werden. Der Prozess kommt jedoch nie ganz zum Erliegen, da durch Diffusionsprozesse das Elektronengas selbständig verdünnt wird. Um nun den Effekt des Elektronengas auszuschalten bringt man eine positiv geladene Metallelektrode in der Nähe der Zinkplatte an, sodass das Elektronengas von dieser «abgesaugt» wird. Damit kann man nun einen noch schnelleren Abfall des Ausschlags des Elektrometers beobachten.

2 Aufgabe 2: Elektrometereigenschaften

- Amperemeter:
Strommessgerät, welches auf verschiedenartige Weise realisiert werden kann. Idealerweise besitzt ein Strommessgerät keinen Widerstand. Die Angabe der Stromstärke erfolgt meist in Ampere.
- Voltmeter:
Spannungsmessgerät, welches auf verschiedenartige Weise realisiert werden kann. Idealerweise besitzt ein Spannungsmessgerät einen unendlich großen Widerstand. Die Angabe der Spannung erfolgt meist in Volt.
- Ideale Stromquelle:
Zweipol, der, wie der Name schon sagt, einen Strom liefert. Die Idealisierung bezieht sich hierbei auf die Unabhängigkeit des Stroms von der Spannung an den Anschlusspolen (unendlich großer Innenwiderstand).
- Ideale Spannungsquelle:
Zweipol, der, wie der Name schon sagt, eine Spannung zwischen seinen Polen liefert. Die Idealisierung bezieht sich hierbei auf die Unabhängigkeit der Spannung in Bezug auf den durch den Zweipol fließenden Strom (kein Innenwiderstand).

Die Vakuum-Photozelle kann als Strom- bzw. Spannungsquelle angesehen werden, da durch das Herauslösen von Photoelektronen einen Spannungsunterschied und damit einen Strom (falls die beiden Elektroden durch einen Stromkreis verbunden sind) erzeugt wird. Sie kann jedoch in keinsten Weise als ideal angesehen werden, da ihr Innenwiderstand nicht verschwindet und ebensowenig gegen unendlich strebt. Der Innenwiderstand ist jedoch sehr groß, sodass sie eher als Stromquelle angesehen werden kann.

Weiterhin soll in diesem Versuch der Innenwiderstand des Elektrometers gemessen werden. Einmal direkt und einem mit Hilfe eines großen Vorwiderstandes:

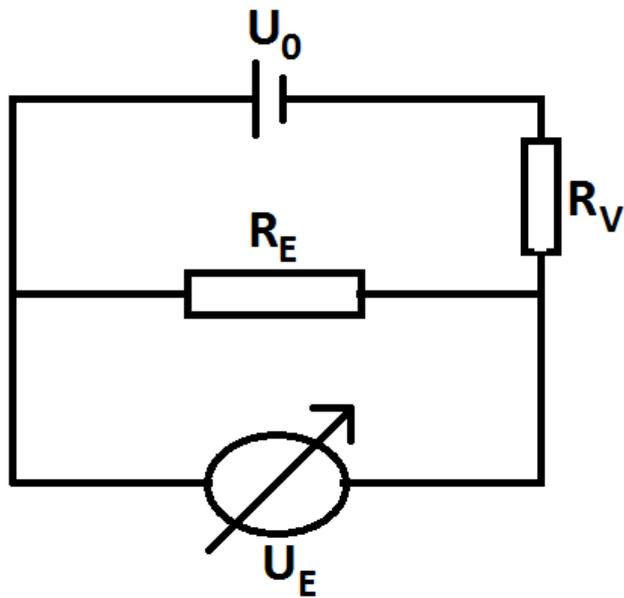


Abbildung 2.1: Schaltskizze

Das Elektrometer ist hier durch ein ideales Spannungsmessgerät U_E und einen Innenwiderstand R_E , der zu bestimmen ist, dargestellt. Nun gilt:

$$I = \frac{U_0}{R_E + R_V}$$

$$I = \frac{U_E}{R_E}$$

Damit also:

$$R_E = \frac{U_E R_V}{U_0 - U_E}$$

3 Aufgabe 3: h/e -Bestimmung

3.1 Klemmenspannung bei variabler Wellenlänge

In diesem Versuch soll das Verhältnis h/e bestimmt werden. Dazu wird die Photozelle mit Licht unterschiedlicher Wellenlänge beleuchtet. Zu diesem Zweck wird das Licht einer Quecksilberlampe gefiltert und auf die Photozelle fokussiert. Eine Lochblende dient zur Intensitätsregelung. Würde man eine handelsübliche Halogenlampe verwenden, so wäre das Lichtspektrum viel «breiter». Soll heißen: die Quecksilberlampe hat wenige scharfe Spektrallinien, die «einfach», getrennt herausgefiltert werden können. Bei einer Halogenlampe erweist sich dieses Herausfiltern von scharfen Linien als schwieriger. Unscharfe Linien würden das Versuchsergebnis verfälschen, da nun nicht mehr nur mit «einer» Wellenlänge experimentiert würde, sondern mit einer Auswahl von verschiedenen Wellenlängen, sodass der Effekt schwächer wäre.

An der Photozelle wird keine Spannung angelegt. Durch die Beleuchtung stellt sich jedoch dennoch eine Spannung ein, die von den an der Kathode austretenden Photoelektronen herrührt. Die Spannung erhöht sich bis zu einem gewissen Punkt, an dem diese so groß wird, dass keine weiteren Elektronen austreten können, da die durch die Photonen gelieferte Energie $E_P = hf$ nicht mehr ausreicht, um das Potentialgefälle an der Oberfläche zu überwinden.

Es gilt also:

$$E_{kin,max} = e \cdot U$$
$$E_{kin} = E_P - W_A$$

Damit folgt dann schlussendlich:

$$U = \frac{hc}{e} \cdot \frac{1}{\lambda} - \frac{W_A}{e}$$

Trägt man U gegen $\frac{1}{\lambda}$ auf, so kann man aus der Geradensteigung a mit $\frac{a}{e} = \frac{h}{e}$ das gesuchte Verhältnis bestimmen. Der y-Achsenabschnitt ist dann gegeben durch $b = -\frac{W_A}{e}$. W_A ist die Austrittsarbeit, die geleistet werden muss, um Elektronen aus der Elektrode herausschlagen zu können.

3.2 Gegenspannung bei variabler Wellenlänge

In diesem Versuch wird der gleiche Effekt ausgenutzt wie in 3.1, jedoch wird nun eine Gegenspannung durch eine regelbare Batterieschaltung erzeugt, sodass die Klemmen-

spannung auf Null sinkt. Das Verhältnis $\frac{h}{e}$ ergibt sich wie oben analog mit:

$$U = \frac{hc}{e} \cdot \frac{1}{\lambda} - \frac{W_A}{e}$$

3.3 Photostrom bei variabler Spannung

Die Photozelle wird in diesem Versuch mit Licht der Wellenlänge 400nm beleuchtet. Zudem wird ein $R = 100\text{M}\Omega$ Arbeitswiderstand parallel zum Messeingang des Elektrometers geschlossen.

Der Photostrom berechnet sich dann mit

$$I = \frac{U}{RV}$$

wobei V der Verstärkungsfaktor ist.

Erwartungsgemäß ist bei einer bestimmten Gegenspannung U_{min} ein Sättigungstrom zu erwarten. D.h. der Strom durch die Photozelle ist unterhalb dieser Spannung konstant, da hier jedes herausgeschlagene Elektron zur Anode «gesaugt» werden kann. Oberhalb dieser Spannung wird der Strom langsam abnehmen um dann schließlich bei einer Spannung U_{max} vollkommen zusammenzubrechen, da nun die Energie der Photonen E_P nicht mehr ausreicht um den Potentialwall aus Austrittsarbeit und Gegenspannung zu überwinden.

Der Stromabfall zwischen U_{min} und U_{max} muss nicht zwingend linear sein. Er wird sich in den Bereichen von U_{min} und U_{max} einem konstanten Plateau angleichen.

Außerdem soll durch die Messung der Einfluss des Streulichts und andere Fehlerquellen auf den Versuch festgestellt und diskutiert werden.

3.4 Messung bei 400 nm und Graufilter

Der gleiche Versuchsaufbau wie in 3.3 wird verwendet. Zudem wird mit einem Graufilter gemessen. Aus dem Vergleich kann dann der Abschwächungsfaktor des Graufilters bestimmt und mit der Angabe auf der Apparatur verglichen werden.

3.5 Photostrom bei Variablerwellenlänge

Analog zu Aufgabe 3.2 wird die Gegenspannung bestimmt. Jedoch soll hier nun der Photostrom verschwinden.