

Auswertung

Photoeffekt

Carsten Röttele Stefan Schierle

Versuchsdatum: 12.06.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Hallwachs-Effekt	2
2	Elektrometereigenschaften	2
3	Photoeffekt und h/e-Bestimmung	3
3.1	Messung der Klemmenspannungen in Abhängigkeit der Wellenlänge . . .	3
3.2	Messen der Gegenspannung (1)	5
3.3	Photostrom in Abhängigkeit von der Spannung	6
3.4	Abschwächfaktor des Graufilters	7
3.5	Messen der Gegenspannung (2)	7

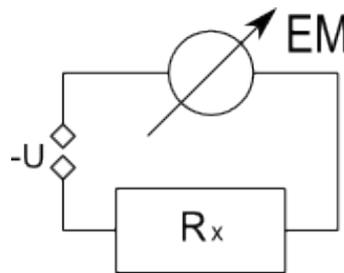
1 Hallwachs-Effekt

Als erstes haben wir den Hallwachs-Effekt untersucht. Dazu haben wir eine Zinkplatte negativ geladen und gleichzeitig das elektrostatische Elektrometer an einen isolierten Anschluss gelegt. Wir haben anschließend nur ganz schwach einen sehr langsamen Rückgang des Ausschlags festgestellt. Auch das anschließende Bestrahlen mit einer Quecksilberdampfampe konnte die Geschwindigkeit nur langsam erhöhen, was sich auch mit unseren Erwartungen deckt, die wir bereits in der Vorbereitung beschrieben.

Erst nachdem wir zusätzlich noch eine positiv geladene Metallelektrode aufgestellt hatten, konnten wir einen deutlichen Anstieg der Entladungsgeschwindigkeit feststellen, was sich auch mit den bereits in unserer Vorbereitung beschriebenen Erwartungen deckt, da die Elektronen jetzt quasi von der Metallelektrode abgesaugt werden können.

2 Elektrometereigenschaften

Nachdem wir die verschiedenen Begriffe bereits in der Vorbereitung geklärt haben, mussten wir jetzt noch den Innenwiderstand des Elektrometers bestimmen. Hierzu bauten wir folgende Reihenschaltung auf:



Wie ebenfalls in der Vorbereitung beschrieben, kann man nun den Innenwiderstand berechnen durch:

$$R_i = \frac{U}{I} = R_x \cdot \frac{U}{U_0 - U}$$

Da wir eine Grundspannung von 5V hatten, können wir nun mit unseren gemessenen Spannungen auf den Innenwiderstand R_i des Elektrometers schließen:

Widerstand in $G\Omega$	gemessene Spannung in V	Innenwiderstand in $M\Omega$
0,1	0,451	9,914
1	0,045	9,082
10	0,006	12,014

Man erhält, dass der Mittelwert des Innenwiderstandes etwa $R_i = 10,337 M\Omega$ beträgt. Dies ist verglichen mit dem von unserer Betreuerin gegebenen Wert von $R_i = 25 M\Omega$

doch eine relativ große Abweichung von 41%. Diese Abweichung resultiert wahrscheinlich daraus, weil einerseits die Messgeräte ein bisschen älter sind. Dazu kommt noch, dass die Spannungsanzeige immer im mV-Bereich stark geschwankt hat, was natürlich auch zu einem Fehler des Messergebnisses führt. Dennoch können wir hier erkennen, dass der Innenwiderstand sehr hoch ist, was auch unseren Erwartungen für ein ideales Spannungsmessgerät entspricht.

3 Photoeffekt und h/e -Bestimmung

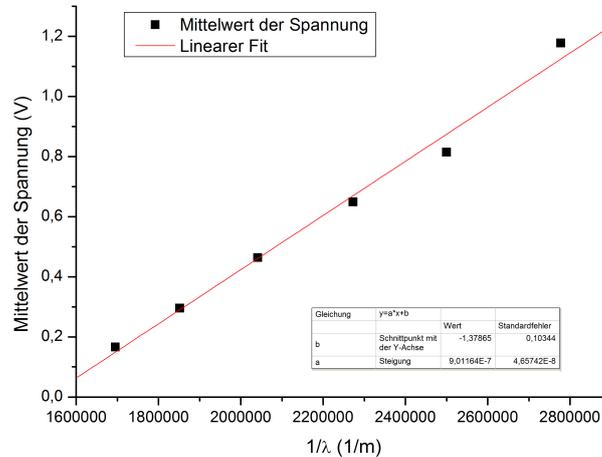
Nachdem wir den bereits aufgebauten Versuchsaufbau betrachtet und überprüft haben, mussten wir vor der Messung noch den Nullabgleich des Elektrometers durchführen. Hierbei schalteten wir das Gerät wie angegeben auf einen Verstärkungsfaktor von 100 und regelten die Potentiometer, während wir den einen Knopf zum Nullabgleich gedrückt hielten. Hierbei war es sehr schwierig für uns den Nullabgleich durchzuführen, da das Potentiometer zur groben Regelung sehr empfindlich war und wir gleichzeitig beim Potentiometer für die feine Justierung die Spannung nur ein paar tausendstel Volt erniedrigen bzw. erhöhen konnten. So haben wir den Nullabgleich ein bisschen früher gestoppt, als noch etwa 0,005V auf dem Elektrometer angezeigt wurde, was unserer Meinung nach aber im Rahmen der Messungenauigkeit des Gerätes liegen dürfte.

3.1 Messung der Klemmenspannungen in Abhängigkeit der Wellenlänge

Wir haben nun wie in der Aufgabenstellung verlangt die erste Schaltung aufgebaut, um anschließend für die sechs verschiedenen Slots und den dadurch sechs verschiedenen Wellenlängen, jeweils die Spannung auf dem Elektrometer zu messen. Zwischendurch haben wir immer das Licht auf die Photozelle durch eine Blende, welche man mithilfe eines Knopfdrucks öffnen konnte, abgedeckt. Wir haben die Messungen für die sechs Wellenlängen dabei dreimal wiederholt. Dabei haben wir gleich den Mittelwert der drei gemessenen Spannungen gebildet, die in der folgenden Tabelle in der letzten Spalte berechnet wurden. Wir erhalten folgende Ergebnisse:

Wellenlänge	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Mittelwert
nm	V	V	V	V
360	1,180	1,178	1,176	1,178
400	0,815	0,815	0,813	0,814
440	0,651	0,649	0,648	0,649
490	0,463	0,464	0,464	0,464
540	0,297	0,295	0,296	0,296
590	0,165	0,167	0,167	0,166

Tragen wir nun die Mittelwerte der Spannung über die inverse Wellenlänge auf, so erhalten wir:



Wir haben nun mit unserem Plotter Origin eine lineare Regression durchgeführt und erhielten für die angegebene Formel $U = a \cdot \lambda^{-1} + b$ eine Steigung von $a \approx 9,01 \cdot 10^{-7} \text{Vm}$ und den y-Achsenabschnitt $b \approx -1,38 \text{eV}$. Wie auch schon bereits in der Vorbereitung hergeleitet berechnet sich nun das gesuchte Verhältnis h/e durch:

$$\frac{h}{e} = \frac{a}{c} = 3,00 \cdot 10^{-15} \frac{\text{Js}}{\text{C}}$$

Vergleicht man das Ergebnis mit dem Literaturwert von $\frac{h}{e} = 4,14 \cdot 10^{-15} \frac{\text{Js}}{\text{C}}$, so stellt man fest, dass wir eine Abweichung von etwa 38% haben. Diese stammt vermutlich vor allem daher, dass beim Spannungsablesen das Elektrometer, wie bereits oben beschrieben, doch immer ein bisschen im tausendstel Voltbereich schwierig war, da die Ziffer immer hin und her gesprungen ist. Außerdem wurden wiederum zum Umrechnen der Steigung in das Verhältnis die gerundeten Werte benutzt, sowohl bei der Steigung als auch bei der Lichtgeschwindigkeit. Auch dürfen die äußeren Randbedingungen nicht außer Acht gelassen werden, da wie auch in der Aufgabenstellung erwähnt, leichte Bewegungen zu einer Spannungsänderung führen, welche sich leider aber nie ganz verhindern lassen. Eine weitere Fehlerquelle ist, dass sich in der Photozelle Kathodenmaterial auf der Anode befinden könnte, was zu einem weiteren, nicht beabsichtigten Photoeffekt in der Photozelle führen würde.

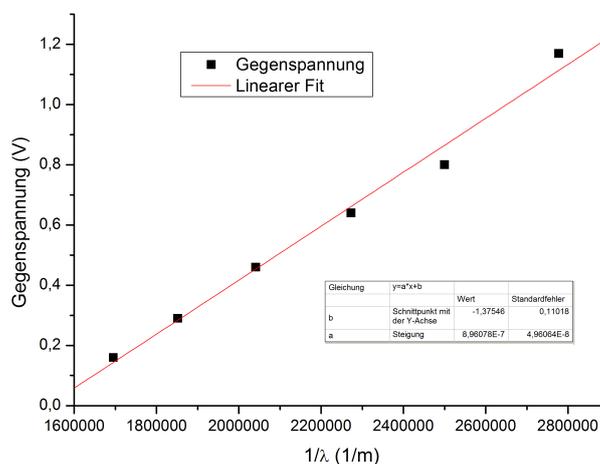
Zudem kann man jetzt noch anhand des y-Achsenabschnittes direkt die Ablösearbeit ablesen, welche in unserem Fall $W_A = 1,38 \text{eV}$ groß ist. Hier hätten wir für die Ablösearbeit von Kalium einen theoretischen Wert von $2,25 \text{eV}$ erwartet, wobei hier natürlich genau die gleichen Fehler, wie bei der Steigung zu berücksichtigen sind.

3.2 Messen der Gegenspannung (1)

Als nächstes haben wir zu der Schaltung aus der vorherigen Aufgabe eine Batterie gegenpolig angeschlossen. Danach haben wir analog zum vorherigen Aufgabenteil wieder für jede Wellenlänge die Blende geöffnet, nur haben wir dann nicht die Spannung am Elektrometer notiert, sondern stattdessen die Spannung an der Batterie so lange geregelt, bis die Spannung am Elektrometer, also die Klemmspannung, verschwindet. Wir haben nun stattdessen die angezeigte Spannung an der Batterie notiert. Diese Messung führten wir hier aber nur einmal durch. Wir erhielten dabei folgende Messergebnisse:

Wellenlänge	Gegenspannung
nm	V
360	1,17
400	0,80
440	0,64
490	0,46
540	0,29
590	0,16

Die Gegenspannung trugen wir wieder in ein Diagramm über die Inverse der Wellenlänge auf, um anschließend wieder eine lineare Regression durchzuführen. Wir erhielten dadurch folgenden Graphen:



Unser Plotter Origin gibt uns für dieses Diagramm die Steigung $a = 8,96 \cdot 10^{-7} \text{Vm}$ und den y-Achsenabschnitt $b = -1,38 \text{eV}$ aus. Mit gleicher Vorgehensweise wie in 3.1 erhalten wir daraus wieder das gesuchte Verhältnis h/e und die Ablöseenergie W_A :

$$\frac{h}{e} = 2,99 \cdot 10^{-15} \frac{Js}{C} \quad \text{und} \quad W_A = 1,38eV$$

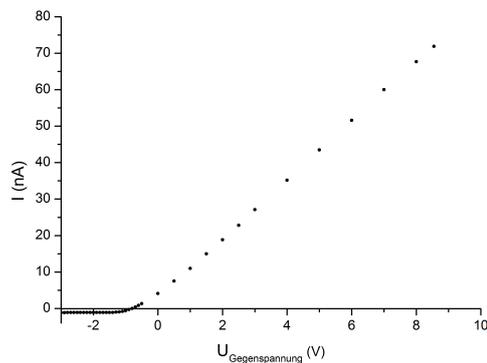
Wir erkennen, dass wir mit dieser Methode fast die exakt gleichen Werte, wie in der ersten Teilaufgabe erhalten. Dies ist in gewisser Hinsicht auch logisch, da wir ja im Prinzip auch die gleichen Fehlerquelle, wie dort haben. Es kommt sogar noch eine mit der Messungenauigkeit der Spannung an der Batterie hinzu, welche jedoch unserer Meinung nach nicht sehr groß sein darf, da wir ja auf ähnliche Werte kommen wie bei der 3.1.

3.3 Photostrom in Abhängigkeit von der Spannung

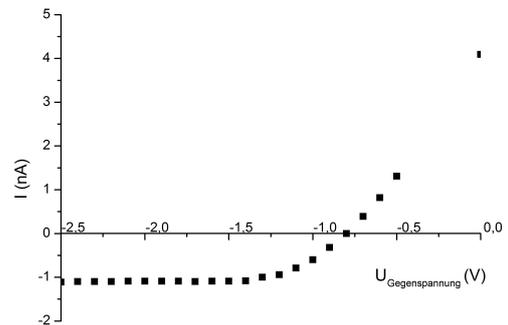
Wir sollten hier die Abhängigkeit des Photostromes von der angelegten Spannung untersuchen. Dafür bauten wir den Versuch wie in der Aufgabenstellung beschrieben auf und wählten den passenden Filter aus, um für das einfallende Licht eine Wellenlänge von $400nm$ zu erhalten. Außerdem schlossen wir wie gefordert einen $100M\Omega$ -Widerstand parallel zum Messeingang.

Nun führten wir die Messung für die gegebenen Spannungsintervalle durch. Den Photostrom ermittelten wir über das ohmsche Gesetz mit dem bekannten Arbeitswiderstand ($R_A = 100M\Omega$) und der gemessenen Spannung U_I : $I = \frac{U_I}{R_A}$.

Nun trugen wir die ermittelten Werte in einem Diagramm auf:



Alle Messwerte als Photostrom über Spannung aufgetragen



Nur das Intervall von -2,5V bis 0V

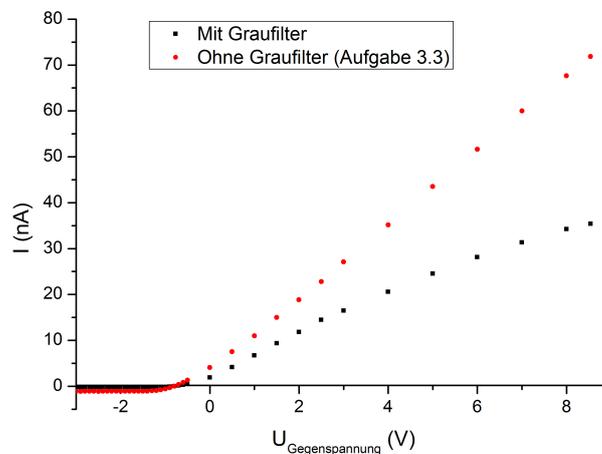
Beim Messvorgang sollten außer der geforderten Messung auch noch der Dunkelstrom und den Einfluss von Streulicht untersucht werden.

- **Dunkelstrom:** Da wir vor Beginn der Messung die Spannung der Batterie so einstellten, dass bei vollständig geschlossener Blende kein Strom fließt, wirkt keine Störung durch den Dunkelstrom auf unsere Messung.
- **Streulicht:** Auch der Einfluss von Streulicht auf die Messung ist, wenn überhaupt, nur minimal, da der Versuch die angezeigte Spannung zu ändern, indem wir mit

einer bereitgestellten Taschenlampe zusätzlich die Photozelle beleuchteten, keine erkennbare Änderung an der angezeigten Spannung bewirkte.

3.4 Abschwächfaktor des Graufilters

Bei dieser Messung verwenden wir den gleichen Versuchsaufbau, wie in 3.3, jedoch verringern wir die auf die Photozelle einfallende Lichtintensität, indem wir einen Graufilter vor dieser anbringen, der die Intensität gleichmäßig verringert. Wir sollen mit Hilfe dieses Aufbaus den Abschwächfaktor des verwendeten Graufilters bestimmen und die neuen gemessenen Werte gemeinsam mit der bereits in der vorherigen Teilaufgabe aufgenommenen Messreihe in ein Diagramm auftragen.



Zur Bestimmung des Abschwächfaktors bildeten wir den Quotienten aus den Messwerten ohne und mit Filter, und nahmen davon den Mittelwert, wobei schon am Graph zu erkennen ist, dass bei höheren Spannungen der Quotient ansteigt und somit eine Mittelwertbildung mit allen Werten leicht verfälscht.

Schlussendlich erhalten wir als gemittelten Abschwächfaktor 0,355. Dieser beinhaltet natürlich verglichen mit dem angegebenen Wert von 0,25 eine nicht geringe Abweichung von 45%, die man wie gerade eben erwähnt schon am Schaubild sichtbar ist.

Es bleibt noch der Stromnulldurchgang zu diskutieren, dabei ist eigentlich logisch, dass dieser bei beiden Messungen gleich bleibt, da nur die Intensität des einfallenden Lichtes und nicht die Wellenlänge durch den Graufilter beeinflusst wird.

3.5 Messen der Gegenspannung (2)

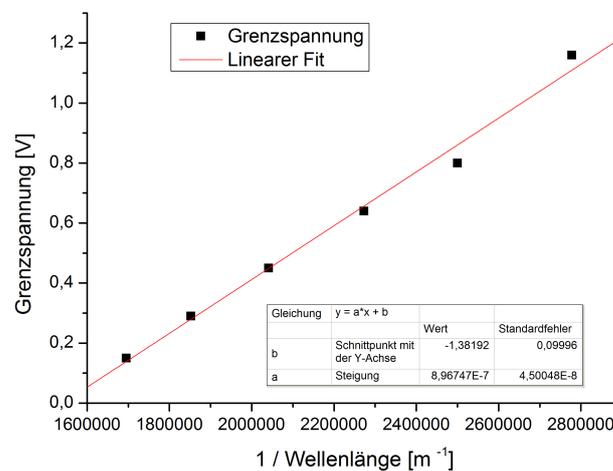
Wie bereits in der Vorbereitung beschrieben, bestimmen wir nun mit Hilfe der gemessenen Gegenspannung und der durch die jeweiligen Farbfilter gegebene Wellenlänge das

Verhältnis $\frac{h}{e}$. Analog zur Aufgabe 3.2 stellten wir hier die Gegenspannung so ein, dass am Elektrometer keine Spannung mehr gemessen werden konnte.

Zur Bestimmung von $\frac{h}{e}$ trugen wir nun die Gegenspannung über die reziproke Wellenlänge des verwendeten Lichtes auf, und konnten nun die Steigung und den Schnittpunkt mit der Y-Achse durch eine lineare Regression ermitteln. Durch die in der Vorbereitung hergeleitete Formel

$$U_G(\lambda) = \underbrace{\frac{h \cdot c}{e}}_a \cdot \frac{1}{\lambda} - \underbrace{\frac{W_A}{e}}_b$$

können wir nun $\frac{h}{e} = \frac{a}{c} = 2,989 \cdot 10^{-15}Vs$ berechnen. Wieder ersichtlich fast die selbe Abweichung vom Literaturwert, wie in 3.1 und 3.2.



Der Unterschied dieser Messung zu Aufgabe 3.2 besteht darin, dass bei diesem Versuchsaufbau durch den Widerstand ebenfalls Elektronen abfließen können, wodurch das Gegenfeld zwischen Anode und Photokathode anders aufgebaut wird.