h-Bestimmung mit der Photozelle

Protokoll zu Versuch 36 vom 26.01.2000

Steffen Schröder

5. April 2001

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **2**

2 Der Versuch **2**

3 Durchführung **3**

4 Fehlerbetrachtung **4**

1 Einleitung

Wir wollen das Planck'sche wirkungsquantum h bestimmen. Dazu benutzen wir den Photoeffekt. Bei diesem zeigt sich, daß die Anzahl der emittierten Elektronen proportional zur Lichtintensität ist, die kinetische Energie der Elektronen jedoch nur von der Frequenz des einfallenden Lichtes bestimmt wird. Dabei ist die Energie der Elektronen bis auf eine vom Metall abhängige Konstante (Auslösearbeit) zur Einergie des einfallenden Lichtes proportional und der Photostrom setzt sofort ein, d.h. es wird nicht erst Energie gespeichert.

Dies erklärte Einstein damit, daß das Licht hier in Form von Photonen der Energie $h\nu$ mit dem Metall in Wechselwirkung tritt, dabei seine Energie an ein Elektron abgibt und, falls dieser Energiezuwachs des Elektrons groß genug ist, die Auslösearbeit aus dem Metallverbund aufzubringen, dieses aus dem Metall herauslöst. Da dies alles kleine Elementarakte sind erklärt sich auch das sofortige Einsetzen bei kleinster Lichtintensität, da keine Energiespeicherung notwendig ist, und auch die Grenzwellenlänge, unterhalb derer kein Photostrom auftritt, entspricht somit der Wellenlänge, bei der die Photonen gerade nicht mehr genügend Energie an die Elektronen abgeben, um diese auslösen zu können.

Für die Energie des Elektrons gilt also

$$\frac{1}{2}m_e v^2 = h\nu - \Phi \tag{1}$$

Dabie ist h der Proportionalitätsfaktor, unser gesuchtes Wirkungsquantum, und ν die Frequenz des einfallenden Lichtes, Φ schließlich die Austrittsarbeit.

2 Der Versuch

Wir leiten das Licht einer Glühlampe durch ein monochromatischs Filter und fokussieren es dann durch den Anodenring A hindurch auf die Kathode K einer Photozelle. Die dort ausgelösten Elektronenfliegen in Richtung Anode und führen beim Auftreffen auf dieselbe zu einem kleinen Photostrom. Über eine Spannung U, die wir zwischen Anode und Kathode legen können wir die Elektronen beschleunigen oder bremsen, indem wir ein elektrisches Feld erzeugen. Wenn wir den Photostrom gerade zum erliegen bringen, dann entspricht die Energie unseres Gegenfeldes gerade der kinetischen Energie der Elektronen, d.H. $e|U| = \frac{1}{2}m_e v^2 = h\nu - \Phi$ (nach

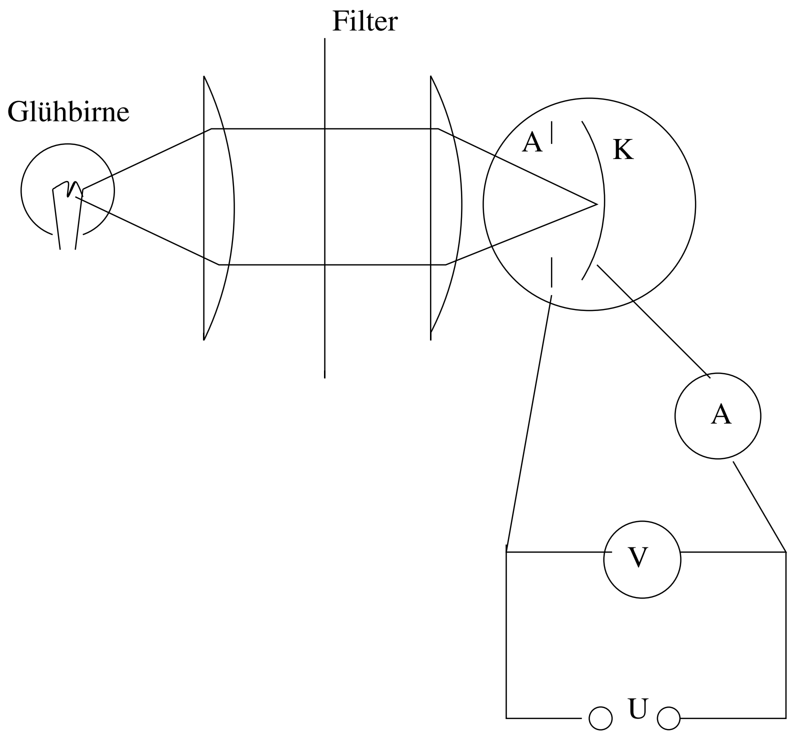

Abbildung 1: Versuchsaufbau

Gl.(1)). Also erhalten wir

$$|U| = -\frac{\Phi}{e} + \frac{h}{e}\nu \qquad (2)$$

Da der Photostrom sehr klein ist, wird er über einen Operationsverstärker geleitet und das Nullistrument bei hoher Verstärkung eingestellt.

3 Durchführung

Wir haben nacheinander drei Meßreihen durchgeführt, bei denen wir jeweils alle Filter nacheinander einsetzten. Es ergab sich Messtabelle 1. Einerseits haben wir die erste Meßreihe in einen Graphen eingetragen und dort nach Gl.(2) $\frac{h}{e}$ als Steigung der Geraden und $\frac{\Phi}{e}$ als y-Achsen-Abschnitt bestimmt, als auch mit den Mittelwerten eine lineare Regression durchgeführt (siehe Anhang). Hieraus erhält man mit $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}V$ die Werte $h = 4,78 \cdot 10^{-34}\frac{kg \cdot m^2}{s}$ und $\Phi = 2,29 \cdot 10^{-19}J$ sowie die Grenzfrequenz (Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der x-Achse) $\nu_{grenz} = 480 \cdot 10^{12}Hz$.

Filter		$\frac{U_g}{mV}$			
$\frac{\lambda}{nm}$	$\frac{\nu}{THz}$	1.	2.	3.	Mittelwert
411	729	743	763	741	749
447	621	573	567	574	571
492	609	367	379	385	377
534	561	247	236	228	237
590	508	84	100	96	93

Tabelle 1: Meßwerte für U_g

4 Fehlerbetrachtung

Diese Werte sind ja gut und schön, aber laut meiner Formelsammlung (B.Mirow: Physik Formeln Sekundarstufe II, Dümmler) liegt der Literaturwert für h bei $6,6262 \cdot 10^{-34} Js$. Das entspricht einem Fehler von ca. 30%!!!. Wie kommt der zustande?

Zuerst einmal Strahlt die Glühbirne kein wirklich kontinuierliches Spektrum ab, dann wird dieses auch noch durch die Linsen und den nicht Perfekten (Sprünge) Filter verfälscht sowie nicht besonders gut auf die Kathode fokussiert. Ausserdem sieht die Holzkiste, in die die Apparatur eingebaut ist aufgrund ihres Alters nicht mehr sehr Lichtdicht aus, d.h. es trifft auch nicht monochromatisches Streulicht auf die Kathode und trägt zum Photostrom bei. Dieser ist so klein, daß der Verstärker eine sehr hohe Verstärkung haben muß, um mit dem zur Vefügung stehenden Meßgerät auch nur etwas zu sehen, dann ist auch noch erstens die Verstärkung eines OPV meist nicht wirklich linear und selbst die kleinste Bewegung der Kabel zum OPV, also jede winzigste Ladungsverschiebung, wahrscheinlich somit auch Störfelder von Netztzeilen, handys, etc..., lassen das Amperemeter schon ausschlagen. Zu guter letzt hat auch noch das Voltmeter einen Anzeige-/Ablesefehler. Hinzu kommt noch der Fehler, der durch die Kontaktspannung zwischen Anode und Kathode entsteht, welcher sich aber eher auf die errechnete Austrittsarbeit auswirken dürfte.

Insgesamt gesehen ist es sehr schwer einen genauen Fehler für unsere Messungen anzugeben, da sich der Fehler des Nullpunktes beim Amperemeter und der Ablesefehler am Voltmeter kaum auswirken gegenüber den für mich nicht erfassbaren Verfälschungen durch OPV/unruhige Kabel und Streulicht an der Anode. Ausserdem kann ich auch nicht die übrig gebliebene Genauigkeit der Filter einschätzen, die wie gesagt teilweise Sprünge hatten. Betrachtet man dann noch die verzogenen und dadurch lichtdurchlässigen Innereien der Holzkastens erscheint mir ein relativer Fehler von $\frac{1}{3}$ nicht zu hoch angesetzt, ich freue mich schon darüber, daß wir die Größenordnung getroffen haben. Des weiteren haben wir wohl aufgrund des Phänomens der Kontaktspannung nicht die Austrittsarbeit des Kathoden- sondern des Anodenmaterials bestimmt.