

# Physikalisches Grundpraktikum

## Versuchsprotokoll

### A1 - Photoeffekt

**Versuchsort: NEW 14'213 Platz 2**

**Versuchsbetreuer: R. Mankowsky**

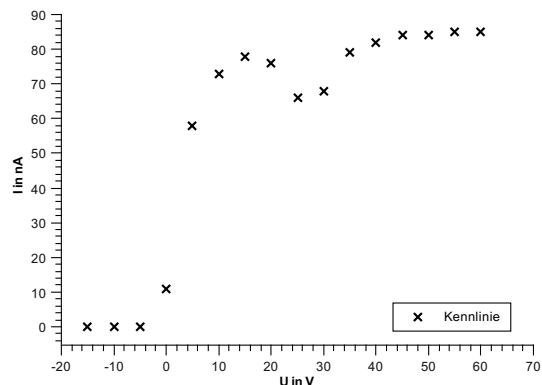
Robert Riemann; Matr.Nr.: 521085

Versuchspartner: Thomas Murach; Matr.Nr.: 517771

2. Mai 2008

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Versuchsbeschreibung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Messwerte und Auswertung</b>	<b>2</b>
2.1	Kennlinie der Photozelle . . . . .	2
2.2	Bremsspannung und Frequenz . .	2
2.2.1	Wirkungsquantum . . . . .	3
2.2.2	Grenzfrequenz . . . . .	3
2.3	Bremsspannung und Intensität .	3
<b>3</b>	<b>Verbesserungsmöglichkeiten</b>	<b>4</b>



# Abbildungsverzeichnis

1	Kennlinie der Photozelle . . . . .	2
2	Bestimmung von $h$ und $\nu_0$ . . . .	3
3	$U_0$ -Intensität-Diagramm . . . . .	4
4	Messprotokoll . . . . .	5

## 1 Versuchsbeschreibung

Der klassische Versuch zum Photoeffekt (A1) bestätigt experimentell die Teilcheneigenschaften des Lichtes

Hierzu wird zunächst die Kennlinie der Photozelle aufgenommen. Anschließend wird die kinetische Energie der Elektronen in Abhängigkeit der Frequenz diskreter Spektrallinien gemessen. Somit lässt sich nun das Planck'sche Wirkungsquantum  $h$  sowie die Grenzfrequenz  $\nu_{gr}$  bestimmen. Abschließend wird der Zusammenhang zwischen Lichtintensität und der Bremspannung  $U_0$  untersucht.

Weitere Information sind der Versuchsbeschreibung [Skript] zu entnehmen.

## 2 Messwerte und Auswertung

### 2.1 Kennlinie der Photozelle

Die Kennlinie in Abbildung 1 wurde mit Hilfe der gelben Spektrallinie aufgenommen. Deutlich erkennbar ist, dass bei angelegter Bremsspannung ( $U < 0V$ ) der Strom fast verschwindet. Aus den Messdaten (siehe Anhang) geht hervor, dass jedoch ein negativer Strom von einigen pA vorliegt. Hier kehrt sich der Vorgang in der Photozelle um. Da jedoch auf die

Abbildung 1: Kennlinie der Photozelle

Anode flächenmäßig bedingt weitaus weniger Licht fällt und zudem die Austrittsarbeit des Anodenmaterials höher ist, fließt nur ein sehr geringer Strom.

Bei Einsetzen der Saugspannung ( $U > 0V$ ) steigt der Stromfluss exponentiell an. Er erreicht jedoch bei 55 V sein Maximum — alle Elektronen werden von der Anode aufgenommen.

Zwischen 15 und 45 Volt liefert die Messung größere Abweichungen von dem erwarteten, exponentiellen Verlauf. Möglicherweise liegt die Ursache hierfür in einer nicht beabsichtigten Änderung der Intensität, welche beispielsweise durch ein Wackeln an der Messapparatur her-rühren könnte.

### 2.2 Abhängigkeit zwischen Brems-spannung und Frequenz

Farbe	$U_0$ in V	$s$ in mV	$\lambda$ in nm	$\nu$ in s
gelb	-0,697	8,17	579,1	5,18e+014
grün	-0,768	7,53	546,1	5,49e+014
blaugrün	-1,043	5,16e	491,6	6,10e+014
blau	-1,293	5,16e	435,8	6,88e+014
violett	-1,527	5,16e	404,7	7,41e+014
ultraviolett	$\approx -1,9$	-	365,0	8,22e+014

Tabelle 1: Standardabweichung

Zunächst wurde für verschiedene Frequenzen  $\nu$  die Bremspannung  $U_0$  ermittelt. Jeder Wert wurde 6 mal gemessen. Die ultraviolette Spektrallinie konnte hierbei leider auf Grund

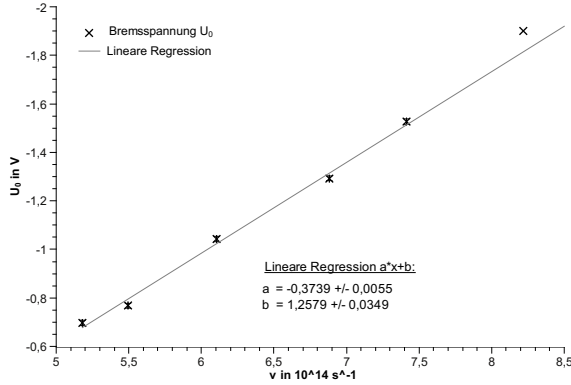


Abbildung 2: Bestimmung von  $h$  und  $\nu_0$

der geringen Intensität nicht vermessen werden und ist demnach nur der Übersicht halber als Schätzwert in die Grafik 2 eingegangen. Sie wurde bei den Rechnungen nicht berücksichtigt.

Somit lässt sich nun der gemittelte Wert sowie der Vertrauensbereich auf Basis der Standardabweichung angeben. Für die Berechnung des Fehlers gilt:

$$u_{zU_0} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (U_{0i} - \bar{U}_0)^2}{5 \cdot 4}} \quad (1)$$

Zum zufälliger Fehler (Vertrauensbereich) wird pythagoräisch der systematische Fehler (Least Significant Digit) hinzuaddiert. Dieser beträgt in diesem Fall 0,01 V (Messbereich 20 V).

$$u_{U_0} = \sqrt{u_{zU_0}^2 + (0,01V)^2} \quad (2)$$

### 2.2.1 Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums

Aus dem Diagramm 2 lässt sich über den Anstieg direkt das Planck'sche Wirkungsquantum  $h$  bestimmen. Nach Einstein gilt:

$$E_{kin} = h \cdot \nu - W_A \quad (3)$$

Bei  $U_0$  wird die gesamte kinetische Energie in potentielle Energie umgewandelt:

$$E_{kin} + U_0 \cdot e = 0 \quad (4)$$

$$h \cdot \nu - W_A + U_0 = 0 \quad (5)$$

Die letzte Gleichung lässt sich nun nach  $U_0$  umstellen und nach  $\nu$  ableiten.

$$-U'_0(\nu) = \frac{h}{e} = \text{const.} \quad (6)$$

Demnach gilt für das Planck'sche Wirkungsquantum:

$$h = -U'_0 \cdot e \quad (7)$$

Hier lässt sich  $U'_0$  durch lineare Regression ermitteln. Die Elementarladung  $e$  ist bekannt. Ergebnis ist somit:

$$h = (0,374 \pm 0,006)e^{-14}V \cdot 1,6022e^{-19}C \quad (8)$$

$$h = (5,992 \pm 0,096)e^{-34}Js = h_{exp} \quad (9)$$

Somit umfasst das experimentell ermittelte  $h_{exp}$  den Referenzwert  $h = 6,626 Js$  nicht. Hierfür könnten zu gering abgeschätzte Messunsicherheiten oder nicht entdeckte systematische Fehler verantwortlich sein.

### 2.2.2 Bestimmung der Grenzfrequenz

Die Grenzfrequenz stellt die Nullstelle des Graphen aus Abbildung 2 dar. An diesem Punkt werden gerade noch Elektronen ausgelöst, die jedoch keine kinetische Energie haben. Da durch die lineare Regression beide Parameter der Gleichung sowie deren Fehler bestimmt sind, kann direkt  $\nu_{gr}$  errechnet werden:

$$T \stackrel{!}{=} 0 = -U_0 \cdot e = h \cdot \nu_{gr} - W_A \quad (10)$$

In diesem Fall wurde  $U_0$  gemessen. Demzufolge entspricht der Parameter  $b = \frac{W_A}{e}$ . Um den Vertrauensbereich angeben zu können, wurde auf die Fehlerfortpflanzungsgesetze (hier für Quotienten) zurückgegriffen, welche dem [MAP] S. 37 entnommen werden können. Als Ergebnis erhält man:

$$\nu_{gr} = (3,36 \pm 0,12) 10^{14}s^{-1} \quad (11)$$

### 2.3 Abhängigkeit zwischen Bremsspannung und Intensität

Aus der Abbildung 3 lässt sich entnehmen, dass sich die Bremspannung  $U_0$  nicht signifikant mit der Variation der Lichtintensität ändert. Die im

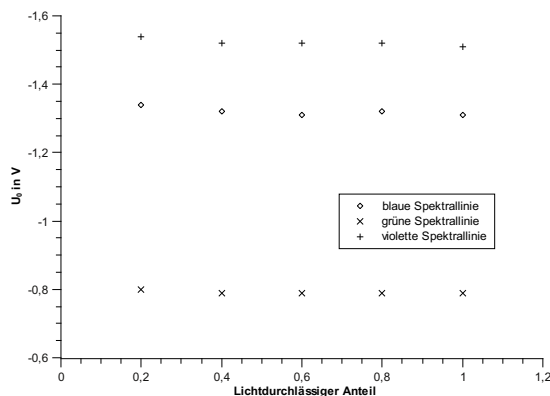


Abbildung 3:  $U_0$ -Intensität-Diagramm

Experiment gemessene Variation von  $U_0$  im Bereich von maximal 0,02 V ist höchstwahrscheinlich auf das ungewollte Verstellen der Apparatur beim Umsetzen des Dias zurückzuführen. Folglich ist die Energie der emittierten Elektronen von der Intensität unabhängig.

### 3 Verbesserungsmöglichkeiten

Fast alle erwarteten Ergebnisse haben sich bestätigt. Die gemessenen Werte entsprechen unter Beachtung des Fehlers den Referenzwerten. Jedoch ist eine weitere Verbesserung des Versuchsaufbaus zum Zwecke der Erhöhung der Messwertgenauigkeit durchaus möglich.

Die Kennline in Abbildung 1 könnte möglicherweise besser in einem Dunkelraum gemessen werden um wirklich jegliches Streulicht auszuschließen.

In Abbildung 3 ( $U_0$ -Intensität) sind die jeweiligen  $U_0$  nicht exakt konstant (siehe Messprotokoll). Hierfür kann das minimale Wackeln an der Apparatur beim Verrutschen des Dias mit den einzelnen Graustufen verantwortlich gemacht werden. Liefße sich dies Automatisieren (Dimmer), könnte man diese Fehlerquelle sicherlich etwas eingrenzen.

Bei der Bestimmung von  $h$  und  $\nu_{gr}$  fällt der systematische Fehler LSD sehr ins Gewicht. Hier könnte ein Gerät mit einer Stelle mehr im Display das Fehlerintervall weiter verkleinern.

Die UV-Linie könnte möglicherweise besser

fokussiert werden, wenn der Schirm Fluoreszenz aufweisen würde.

### Literatur

[Skript] Physikalisches Grundpraktikum, Optik und Elektrodynamik, Humboldt-Universität 2005

[MAP] Physikalisches Grundpraktikum, Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik, Humboldt-Universität 2007

Dat. ②

# Messprotokoll A1

Thomas Kural, 5.17771  
Robert Riemann, 5.21085

30.4.08

zu 2.)

	$U$ in V	$I_{ph}$	
20V-Bereich	-15	-11 pA	30 pA-Bereich
	-10	-113 pA	
	-5	-10,4 pA	
	0	10,8 pA	
	5	58 nA	
	10	73 nA	
	15	78 nA	
200V-Bereich	20	76 nA	100 nA-Bereich
	25	66 nA	
	30	68 nA	
	35	73 nA	
	40	82 nA	
	45	84 nA	
	50	84 nA	
	55	85 nA	
	60	85 nA	

3.)

	$U_{01}$	$U_{02}$	$U_{03}$	$U_{04}$	$U_{05}$	$U_{06}$	(in V)
gelb	-0,68	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	(Messbereich: 20V)
grün	-0,78	-0,76	-0,77	-0,76	-0,77	-0,77	
blaugrün	-1,05	-1,04	-1,04	-1,04	-1,05	-1,04	
blau	-1,29	-1,30	-1,29	-1,29	-1,29	-1,30	
violett	-1,52	-1,53	-1,53	-1,53	-1,53	-1,52	
ultraviolett	<del>1,87</del> ≈ -1,9	-	-	-	-	-	

6.)

	grün	blau	violett	(Messbereich: 20V)
100%	-0,79 V	-1,31 V	-1,51 V	
80%	-0,79 V	-1,32 V	-1,52 V	
60%	-0,79 V	-1,31 V	-1,52 V	
40%	-0,79 V	-1,32 V	-1,52 V	
20%	-0,80 V	-1,34 V	-1,54 V	

*[Handwritten signature]*

Abbildung 4: Messprotokoll