

VERSUCHSPROTOKOLL A1  
PHOTOEFFEKT

JOHANN FÖRSTER 519519  
VERSUCHSPARTNER MEIKEL SOBANSKI  
MESSPLATZ 1

HUMBOLDT UNIVERSITÄT ZU BERLIN  
INSTITUT FÜR PHYSIK

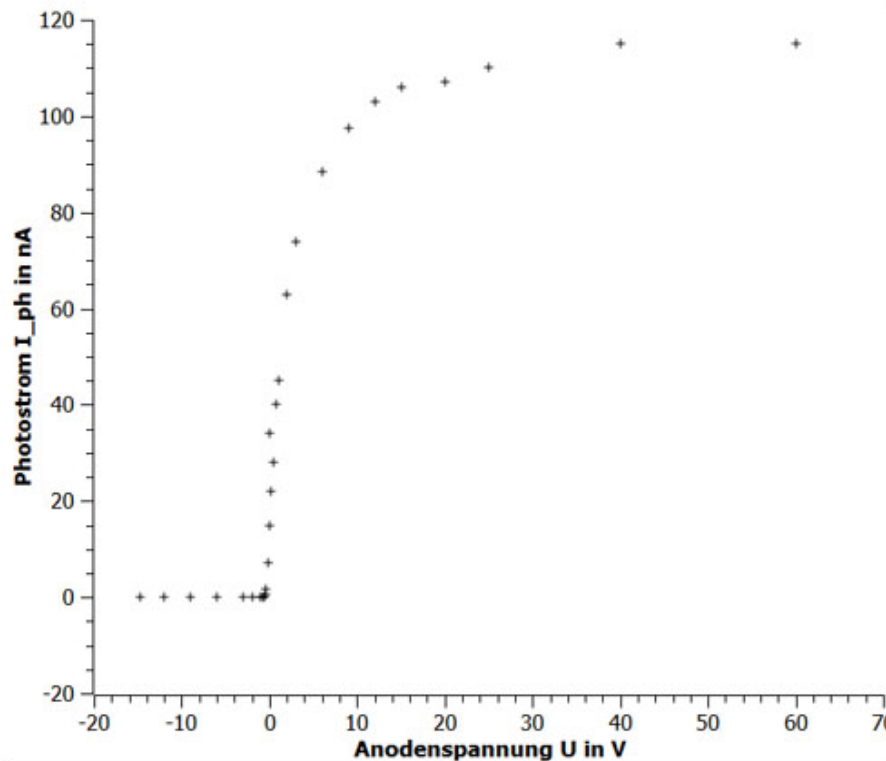
# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1) Physikalische Grundlagen und Aufgabenstellung .....	3
2.1) Abhängigkeit des Photostroms von der angelegten Spannung für gelbes Licht ( $\lambda = 579,1nm$ ) .....	3
2.2) Abhängigkeit der Bremsspannung $U_0$ von der Wellenlänge des Lichtes ..	4-5
2.3) Bestimmung der Grenzfrequenz $\nu_{gr}$ für das Herauslösen von Photoelektronen aus der Kathode .....	5
2.4) Bremsspannung $U_0$ als Funktion der Lichtintensität .....	6
3) Fehleranalyse und kritische Selbsteinschätzung .....	7
4) Quellenangabe .....	7
Anhang: Messprotokoll .....	8

## 1) Physikalische Grundlagen und Aufgabenstellung

Ziel des Versuches war es, den äußeren lichtelektrischen Effekt mittels einer Photozelle zu untersuchen. Insbesondere sollte das Plancksche Wirkungsquantum  $h$  und die Grundfrequenz  $\nu_{gr}$  zur Herauslösung der Photoelektronen aus der Kathode ermittelt sowie die Abhängigkeit der Bremsspannung  $U_0$  von der Lichtintensität gemäß Quelle [1], Seite 24 untersucht werden.

### 2.1) Abhängigkeit des Photostroms von der angelegten Spannung für gelbes Licht ( $\lambda = 579,1nm$ )



Grafische Darstellung der Abhängigkeit  $I_{ph} = f(U)$  mit QtiPlot

Im Spannungsbereich von etwa -15V bis -0,8V ist die angelegte Gegenspannung so groß, dass die aus der Kathode ausgelösten Photoelektronen nicht zur Anode gelangen können. Der geringe, negativ gemessene Strom resultiert vermutlich aus von der Anode ausgelösten Elektronen, die in Richtung der Kathode beschleunigt werden. Im Bereich von -0,8V bis 0V steigt der gemessene Strom sprunghaft an, da jetzt die kinetische Energie der Photoelektronen ausreicht, um von der Kathode zur Anode zu gelangen. Bis zu einer Spannung von ca. 20V wächst der Strom weiter, weil mehr und mehr der herausgelösten Photoelektronen die Anode erreichen können. Ab dann tritt eine Sättigung ein und bis zu einer Spannung von 65V wächst der Strom kaum noch an.

## 2.2) Abhängigkeit der Bremsspannung $U_0$ von der Wellenlänge des Lichtes

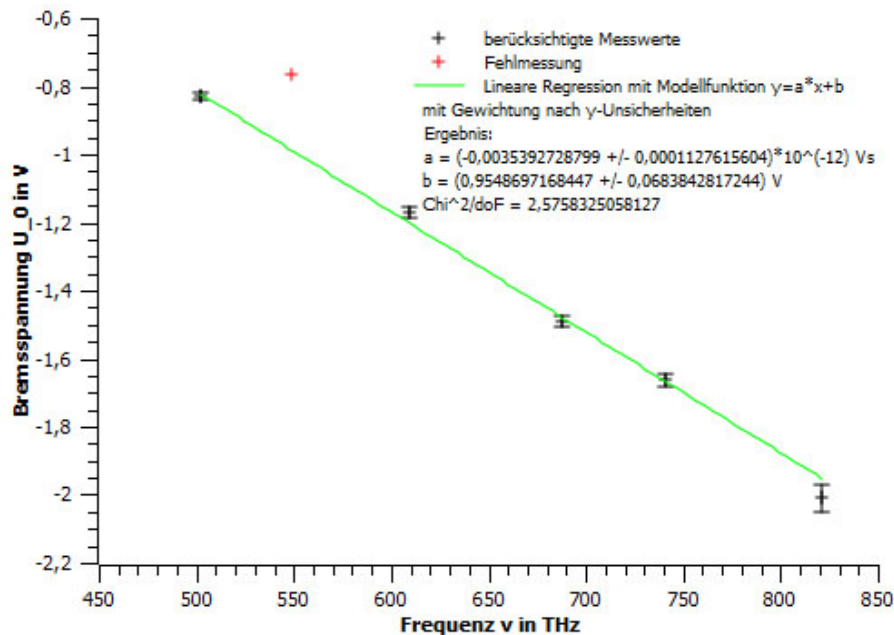
Experimentell wurden für die Bremsspannung in Abhängigkeit der Wellenlänge des Lichtes folgende Ergebnisse erzielt:

Farbe	gelb	grün	blaugrün	blau	violett	ultraviolett
Wellenlänge $\lambda$ in nm	597,1	546,1	491,6	435,8	404,7	365,0
Frequenz $f = \frac{c}{\lambda}$ in THz	502,1	549,0	609,8	687,9	740,8	821,3
Messung $i$ von $U_0$	Wert in V					
1	-0,828	-0,770	-1,161	-1,488	-1,648	-2,01
2	-0,831	-0,768	-1,177	-1,493	-1,660	-2,00
3	-0,832	-0,777	-1,164	-1,486	-1,666	-2,01
4	-0,832	-0,759	-1,155	-1,490	-1,670	-2,01
5	-0,830	-0,763	-1,188	-1,494	-1,668	-2,00
6	-0,834	-0,769	-1,186	-1,487	-1,668	-2,01
Mittelwert $\bar{U}_0 = \sum_{i=1}^6 U_{0,i}$	-0,831	-0,768	-1,172	-1,490	-1,663	-2,01
Standardabweichung $s = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (U_{0,i} - \bar{U}_0)^2}$	0,0020	0,0062	0,0138	0,0033	0,0083	0,0052
Vertrauensbereich $\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{6}} s$	0,0008	0,0025	0,0056	0,0013	0,0034	0,0021
systematische Unsicherheit $u_{sys} = 0,01 *  \bar{U}_0  + 2LSD$	0,0103	0,0097	0,0137	0,0169	0,0186	0,0401

mit Lichtgeschwindigkeit  $c=2,997 * 10^8 \frac{m}{s}$  ([2], Seite 11)

Farbe	gelb	grün	blaugrün
Ergebnis in V $\underline{U}_0 = \bar{U}_0 \pm \sqrt{\bar{s}^2 + u_{sys}^2}$	$-0,831 \pm 0,01$	$-0,768 \pm 0,01$	$-1,172 \pm 0,02$
Farbe	blau	violett	ultraviolett
Ergebnis in V $\underline{U}_0 = \bar{U}_0 \pm \sqrt{\bar{s}^2 + u_{sys}^2}$	$-1,490 \pm 0,02$	$-1,663 \pm 0,02$	$-2,01 \pm 0,04$

Offensichtlich fällt der Wert  $U_0$  von grünem Licht aus dem Rahmen, außerdem widerspricht er sich mit dem Wert, der bei der Bremsspannung in Abhängigkeit der Lichtintensität bestimmt wurde (Seite 6). Es ist daher anzunehmen, dass es sich um eine Fehlmessung handelt, deren Ursache allerdings im nachhinein nicht mehr nachvollzogen werden kann. Für die weitere Betrachtung und die Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums  $h$  wird diese Messung daher nicht weiter berücksichtigt.



Grafische Darstellung der Abhängigkeit  $U_0 = f(\nu)$  mit QtiPlot

Nach [1], Seite 23 gilt  $eU_0 = h\nu - W_{AA}$ , wodurch sich der Anstieg  $a$  der Regressionsgeraden identifizieren lässt mit  $a = \frac{h}{e}$ . Mit dem Wert der Elementarladung  $e = -1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ergibt sich damit für das Plancksche Wirkungsquantum  $h = ae = 5,67054 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ . Die Unsicherheit ergibt sich nach der Fehlerfortpflanzung zu  $u(h) = \frac{\partial h}{\partial a} u(a) = eu(a) = 0,18 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Ergebnis:  $h = (5,7 \pm 0,2) \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Verglichen mit dem Literaturwert  $h = 6,626076 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$  ([2], Seite 11) liegt der experimentell ermittelte Wert  $h = (5,7 \pm 0,2) \cdot 10^{-34} \text{ Js}$  deutlich darunter und überschneidet sich auch nicht innerhalb seiner Messunsicherheit mit diesem.

### 2.3) Bestimmung der Grenzfrequenz $\nu_{gr}$ für das Herauslösen von Photoelektronen aus der Kathode

Die Grenzfrequenz  $\nu_{gr}$  ergibt sich durch Bestimmung des Schnittpunktes der Regressionsgeraden mit der x-Achse:

$$0 = a\nu_{gr} + b \Rightarrow \nu_{gr} = \frac{-b}{a} = 269,793 \text{ THz}$$

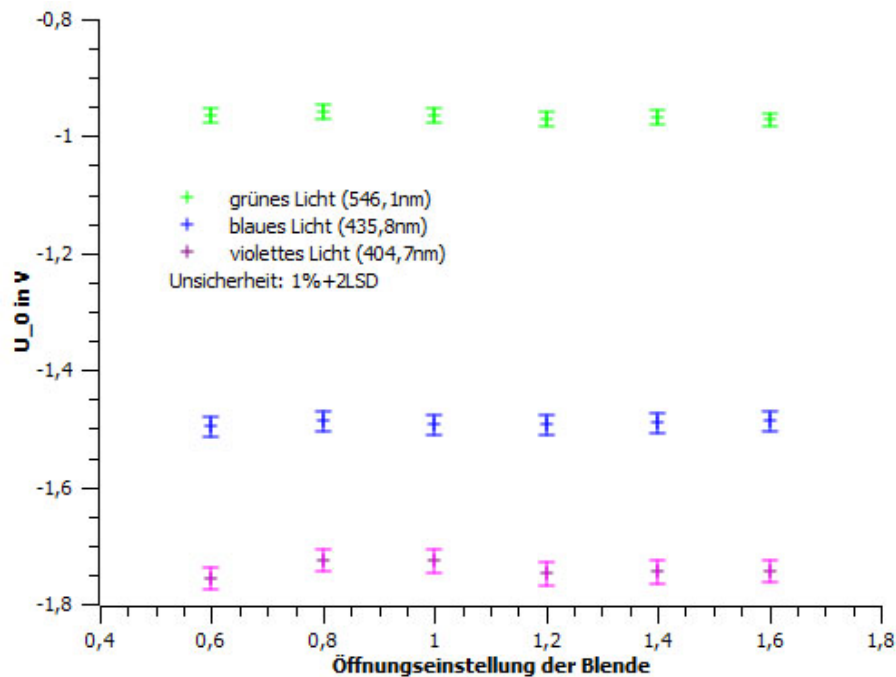
$$u(\nu_{gr}) = \sqrt{\left(\frac{\partial \nu_{gr}}{\partial b} u(b)\right)^2 + \left(\frac{\partial \nu_{gr}}{\partial a} u(a)\right)^2} = 21,15 \text{ THz}$$

Ergebnis:  $\nu_{gr} = (269 \pm 21) \text{ THz}$

## 2.4) Bremsspannung $U_0$ als Funktion der Lichtintensität

Experimentell wurde für die Bremsspannung in Abhängigkeit der Lichtintensität folgendes bestimmt:

Farbe	grün	blau	violett
Öffnungseinstellung der Blende	Bremsspannung $U_0$ in V		
1,6	-0,972	-1,487	-1,744
1,4	-0,967	-1,490	-1,745
1,2	-0,970	-1,493	-1,748
1	-0,965	-1,493	-1,727
0,8	-0,958	-1,487	-1,726
0,6	-0,964	-1,496	-1,756



Grafische Darstellung der Abhängigkeit der Bremsspannung  $U_0$  von der Lichtintensität mit QtiPlot

Bei der Abhängigkeit der Bremsspannung von der Lichtintensität ist wie theoretisch erwartet kein systematischer Trend erkennbar, das heißt die Bremsspannung hängt nur von der Frequenz des Lichtes ab.

### 3) Fehleranalyse und kritische Selbsteinschätzung

Die experimentell erzielten Resultate sind durchwachsen, es konnte aber zumindest gezeigt werden, dass die Bremsspannung von der Lichtintensität unabhängig ist (Seite 6). Der experimentell bestimmte Wert für das Planksche Wirkungsquantum ist allerdings deutlich zu niedrig und die Ursache für die Fehlmessung der Bremsspannung für grünes Licht nach wie vor unbekannt (Seite 4), also haben nicht berücksichtigte systematische Fehlerquellen das Ergebnis beeinflusst.

Eine mögliche Störung des Spannungsmessgeräts ist nicht auszuschließen, da die angezeigte Spannung sich einmal nach dem Aus- und Einschalten um ca. 0,3V änderte. Außerdem führt die Verwendung eines Strommessgerätes aufgrund seines Innenwiderstands immer zu einer Verfälschung der gemessenen Spannung. Weiterhin wurde im ersten Teil des Experiments (Seite 3) ein zwar geringer, aber entgegengesetzter Strom gemessen, welcher vermutlich auf aus der Anode herausgelöste Elektronen zurückzuführen ist, obwohl die Anode eine höhere Austrittsarbeit als die Kathode hat. Diesen Effekt könnte man vielleicht durch Verwendung eines anderen Anodenmaterials, das eine noch höhere Austrittsarbeit hat, beseitigen. Auch kleine Störströme, die durch Störfelder und unzureichende Abschirmung der Kabel aufgetreten sein könnten, sind nicht auszuschließen. Weiterhin wurde zwar das Experiment im abgedunkelten Raum durchgeführt, aber es wurde trotzdem durch das Streulicht der Taschenlampen und der anderen Messplätze beeinflusst.

### 4) Quellenangabe

[1] Skript "Phys. Grundpraktikum I: Mechanik und Thermodynamik", 2005, online verfügbar unter <http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/GPRI.html> (Stand: 25.05.2008)

[2] Formeln und Tabellen, Paetec, 8. Auflage 1996