

# Versuch 500 - Der Photoeffekt

TU Dortmund, Fakultät Physik

Anfänger-Praktikum

Oliver Zietek

oliver.zietek@tu-dortmund.de

Fabian Lehmann

fabian.lehmann@tu-dortmund.de

10. Januar 2013

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>2</b>
3.1	Bestimmung von $U_g$ . . . . .	2
3.2	Bestimmung der Austrittsarbeit und des Verhältnisses $\frac{h}{e_0}$ . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>11</b>
4.1	Deutung eines Kurvenverlaufs . . . . .	11
4.2	Fehleranalyse und Literaturvergleich . . . . .	12

# 1 Theorie

## 2 Durchführung

## 3 Auswertung

### 3.1 Bestimmung von $U_g$

$\lambda/\text{nm}$	Farbe	$\nu \cdot 10^{(14)}/\frac{1}{\text{s}}$
405	Violett	7,40
435	Violett	6,89
492	Grün	6,09
546	Blaugrün	5,49
578	Gelb	5,19

**Tabelle 3.1:** Untersuchte Linien des Hg-Spektrums[1]

$U/\text{V}$	405nm: I/nA	435nm: I/nA	492nm: I/nA	546nm: I/nA
-1,0	0,027	0,000	0,000	-0,018
-0,8	0,097	0,094	0,000	-0,016
-0,6	0,225	0,280	0,003	-0,011
-0,4	0,400	0,720	0,012	0,011
-0,2	0,630	1,100	0,030	0,140
0,0	0,840	1,350	0,054	0,460
0,2	1,050	2,050	0,080	0,830
0,4	1,350	2,550	0,105	1,200
0,6	1,650	3,100	0,135	1,500
0,8	1,900	3,600	0,155	1,800
1,0	2,200	4,000	0,175	2,050
5,0	7,200	12,500	0,530	5,600
9,0	10,000	17,500	0,720	7,000
13,0	12,000	20,500	0,820	7,800
17,0	13,500	22,500	0,870	8,200
19,0	14,000	23,000	0,930	8,700

**Tabelle 3.2:** Photostrom verschiedener Wellenlängen in Abhängigkeit der Spannung

Wird die Wurzel aus dem Photostrom gegen die Bremsspannung aufgetragen, so lässt sich für die verschiedenen Wellenlängen (vgl. Tab. 3.1) aus den Tabellen 3.2 und 3.3 Abbildung

$U_g/\text{V}$	$I/\text{nA}$
-19,0	-0,010
-17,0	-0,012
-13,0	-0,011
-9,0	-0,009
-5,0	-0,009
-1,0	-0,008
-0,8	-0,006
-0,6	-0,004
-0,4	0,000
-0,2	0,018
0,0	0,120
0,2	0,290
0,4	0,460
0,6	0,610
0,8	0,720
1,0	0,880
5,0	1,800
9,0	2,200
13,0	2,350
17,0	3,800
19,0	4,000

**Tabelle 3.3:** Photostrom in Abhängigkeit der Spannung ( $\lambda = 578 \text{ nm}$ )

1 erstellen. Wird nun für die linearen Abschnitte aus Abbildung 1 jeweils eine lineare Regression [2] durchgeführt (siehe Tab. 3.4),

$$\sqrt{I} = a \cdot U + b, \quad (1)$$

so lassen sich aus dem Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden mit der Spannungs-Achse (Abb. 2 - 6) die Gegenspannungen  $U_g$  bestimmen.

$$U_g = \frac{-b}{a} \quad (2)$$

### 3.2 Bestimmung der Austrittsarbeit und des Verhältnisses $\frac{h}{e_0}$

Wird  $U_g$  (Tab. 3.5) gegen die Lichtfrequenz (Tab. 3.1) aufgetragen (Abb. 7) und dann eine lineare Regression [2] durchgeführt, so lassen sich Austrittsarbeit  $A_k$  und das Verhältnis

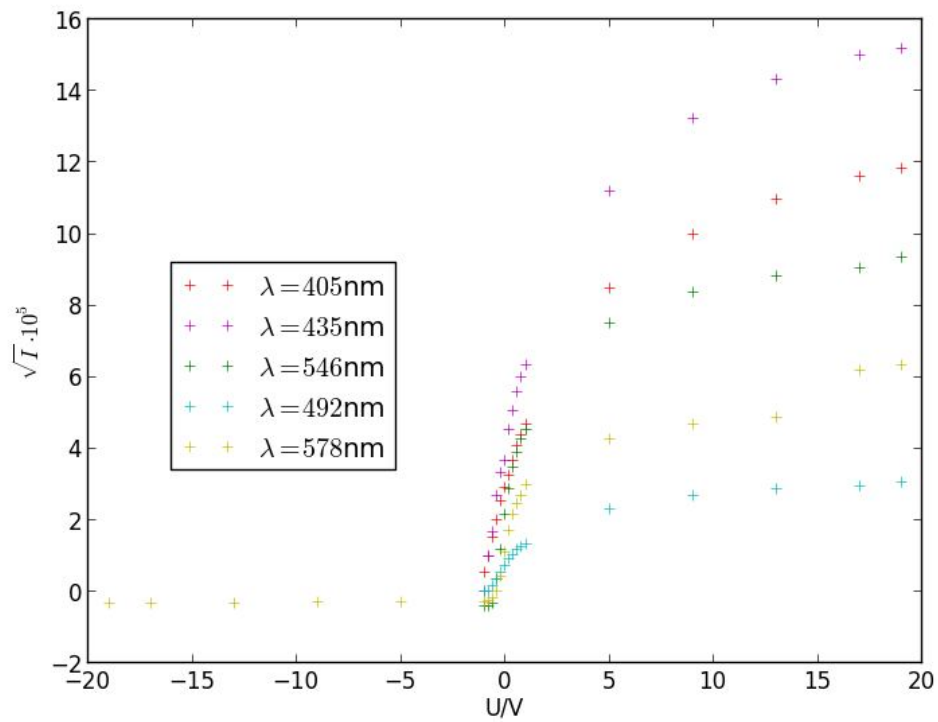


Abbildung 1: Photostrom in Abhängigkeit der angelegten Spannung

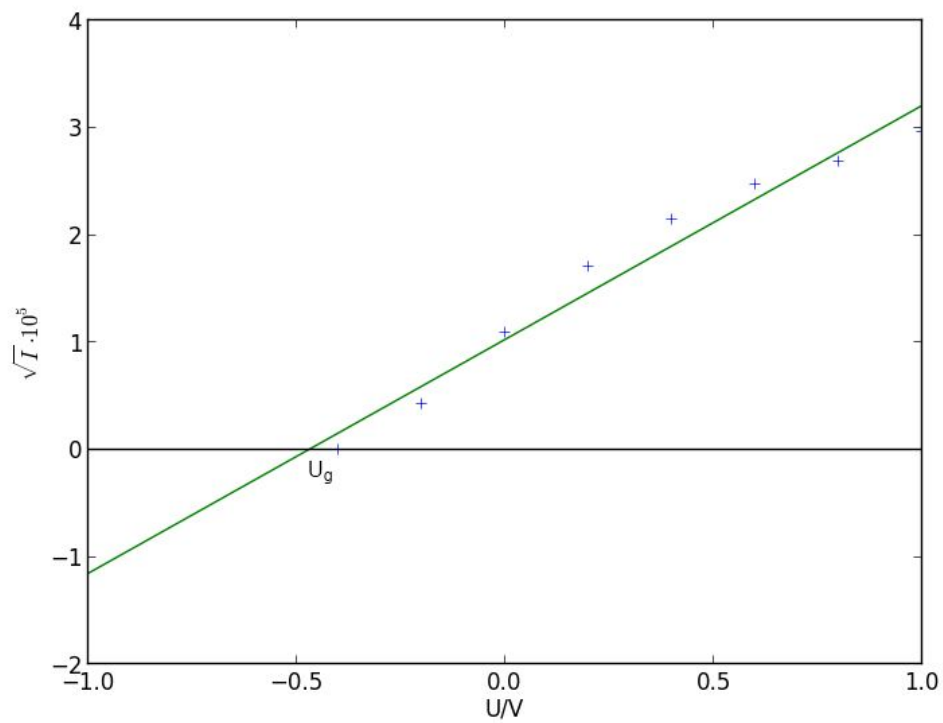
$\frac{h}{e_0}$  mit Gleichung (??) bestimmen.

$$\nu = \frac{e_0}{h} |U_g| + \frac{A_k}{h} \quad (3)$$

$$\frac{A_k}{h} = (3,8 \pm 0,2) \cdot 10^{14} \frac{1}{s} \quad (4)$$

$$\Rightarrow A_k = (1,58 \pm 0,07) \text{ eV} \quad (5)$$

$$\frac{h}{e_0} = ((2,6 \pm 0,2) \cdot 10^{14} \frac{\text{C}}{\text{J} \cdot \text{s}})^{-1} = (3,8 \pm 0,3) \cdot 10^{-15} \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{\text{C}} \quad (6)$$



**Abbildung 2:** Lineare Regression des Photostroms ( $\lambda = 578 \text{ nm}$ )

$\lambda/\text{nm}$	$a \cdot 10^{-5}$	$b \cdot 10^{-5}$
405	$2,10 \pm 0,06$	$2,77 \pm 0,04$
435	$3,15 \pm 0,14$	$3,62 \pm 0,09$
492	$0,74 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,02$
546	$3,00 \pm 0,25$	$1,93 \pm 0,14$
578	$2,18 \pm 0,16$	$1,03 \pm 0,09$

**Tabelle 3.4:** Ergebnisse der linearen Regression

$U_g/V$	$\lambda/\text{nm}$
-1,3202	405
-1,1471	435
-0,9163	492
-0,6430	546
-0,4733	578

**Tabelle 3.5:**  $U_g$  in Abhängigkeit der Wellenlänge

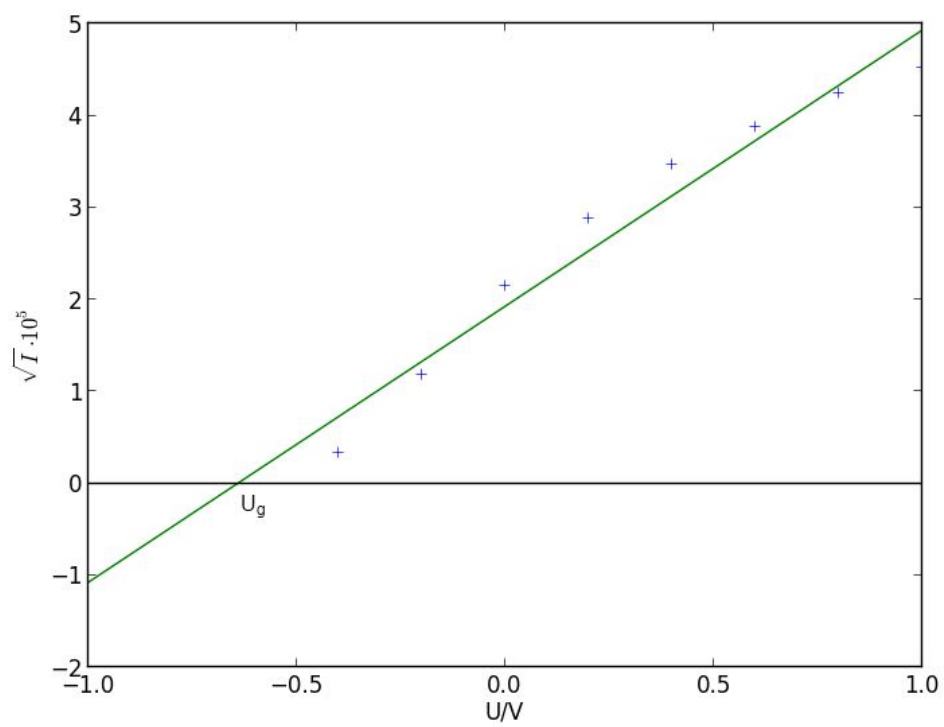


Abbildung 3: Lineare Regression des Photostroms ( $\lambda = 546 \text{ nm}$ )

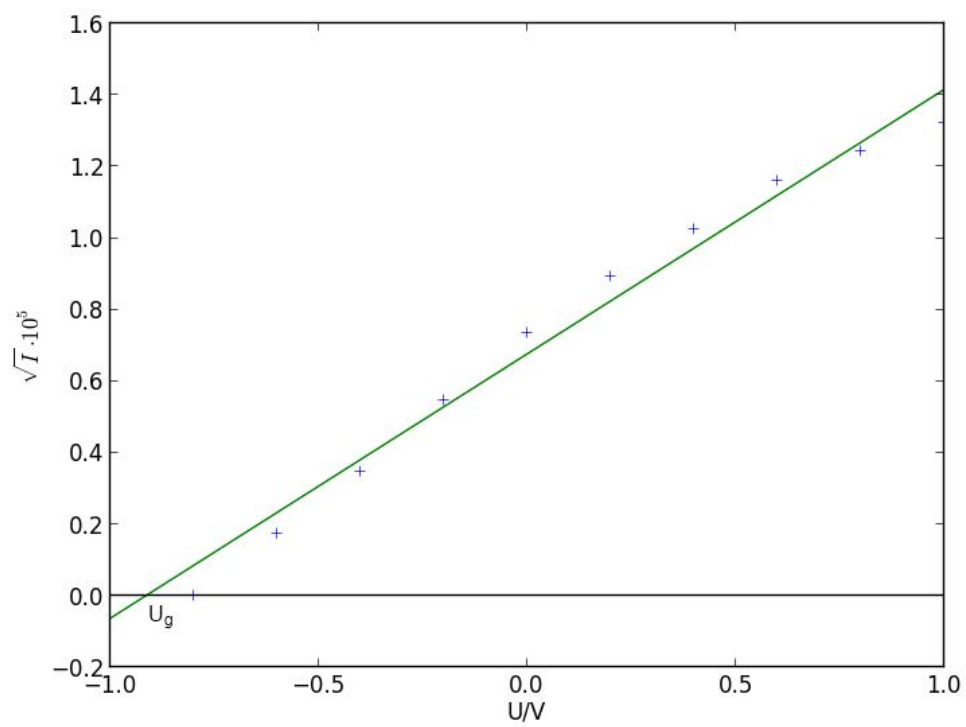


Abbildung 4: Lineare Regression des Photostroms ( $\lambda = 492 \text{ nm}$ )

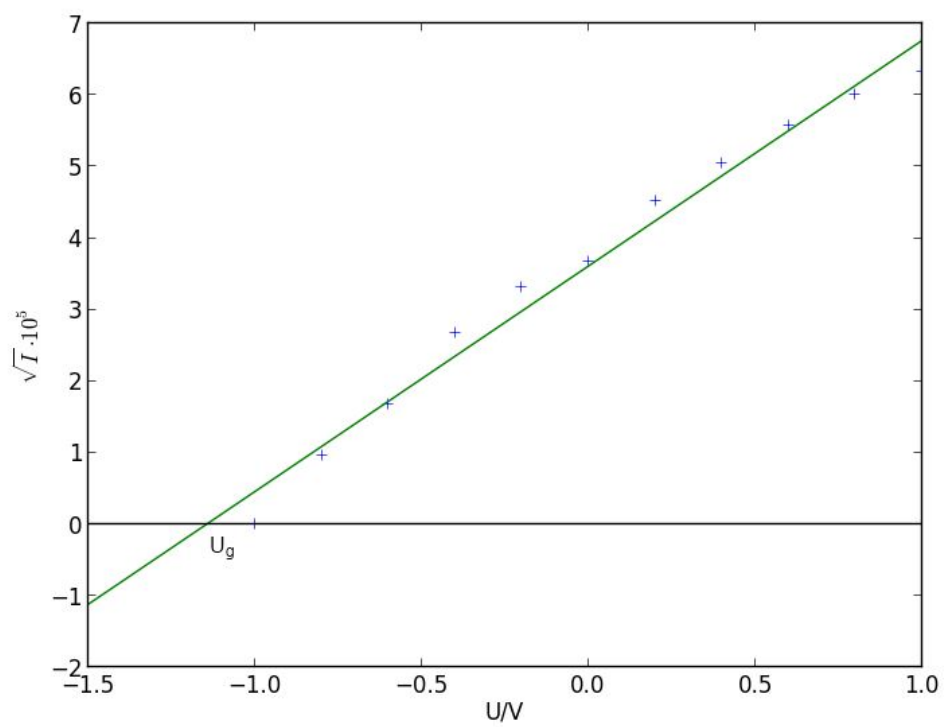
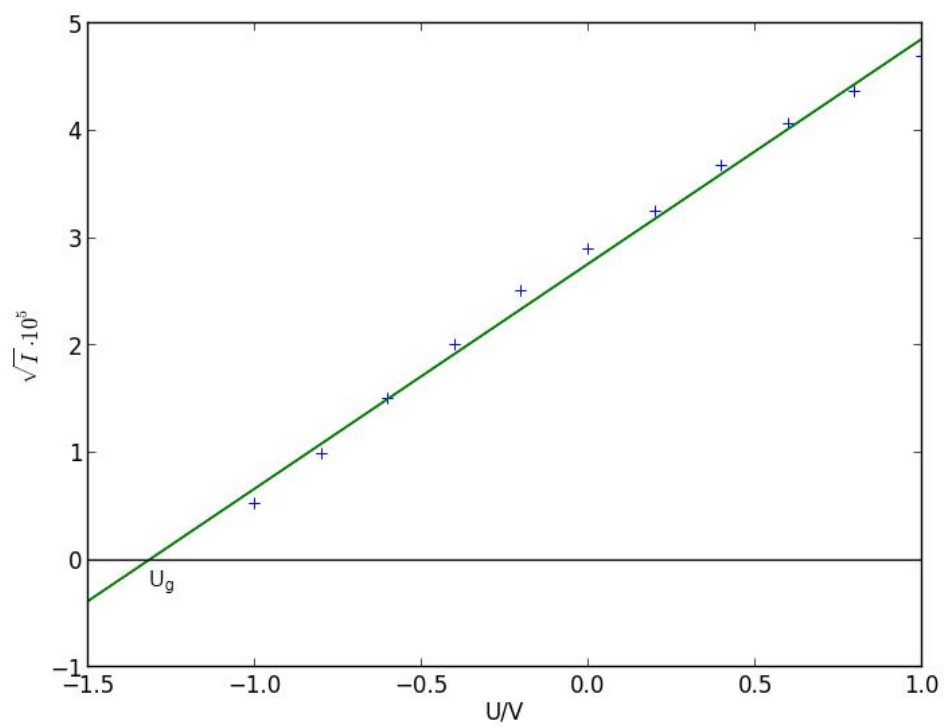


Abbildung 5: Lineare Regression des Photostroms ( $\lambda = 435 \text{ nm}$ )





**Abbildung 6:** Lineare Regression des Photostroms ( $\lambda = 405 \text{ nm}$ )

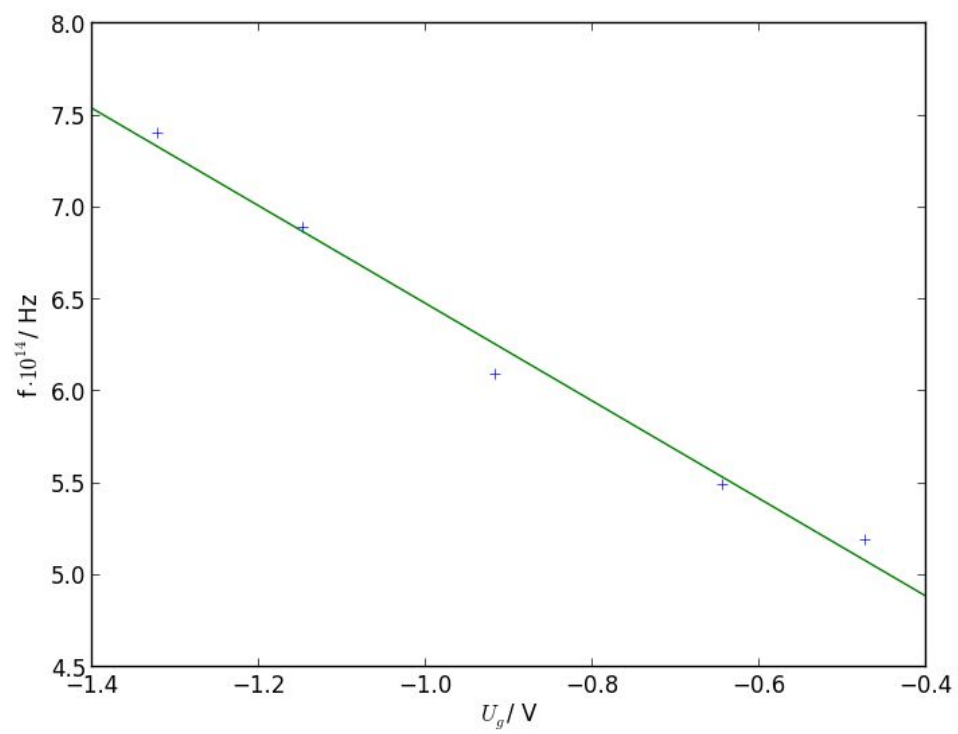


Abbildung 7: Lineare Regression von  $U_g$  bezogen auf die Lichtfrequenz

## 4 Diskussion

### 4.1 Deutung eines Kurvenverlaufs

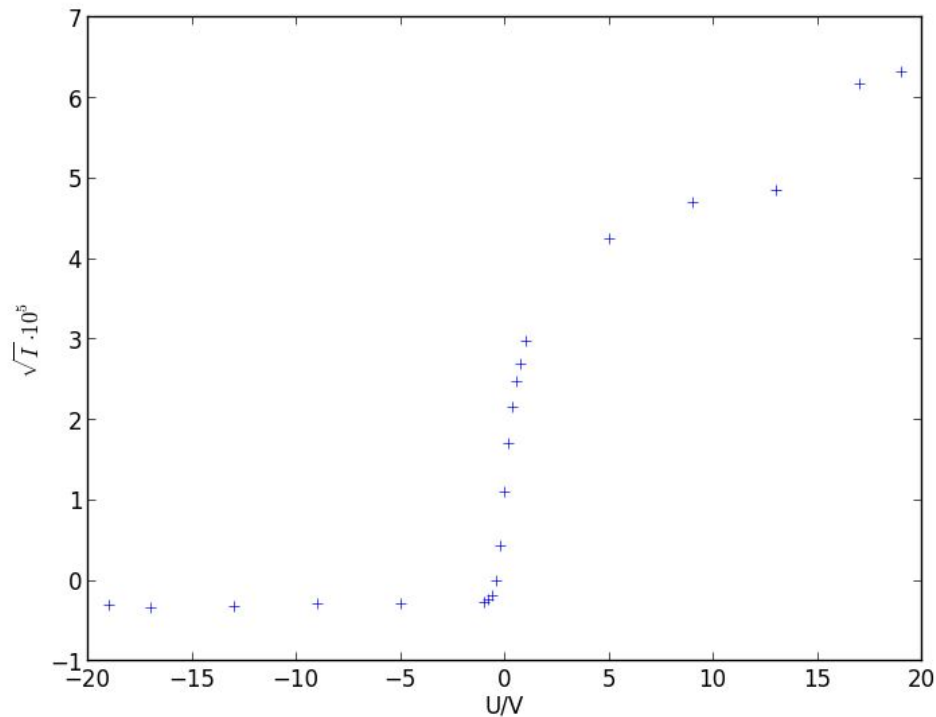


Abbildung 8: Photostrom in Abhängigkeit der angelegten Spannung ( $\lambda = 492$  nm)

In Abbildung 8 ist für  $\lambda = 578$  nm der Photostrom abhängig der angelegten Spannung aufgetragen. Es ist bei hohen beschleunigenden Spannungen ein Sättigungsverhalten zu erkennen, dem zu Grunde liegt die Eigenschaft, dass die Anzahl der ausgelösten Elektronen von der Intensität des Lichtes abhängt. Das Ohmsche Gesetz lässt sich in diesem Fall nicht anwenden, da die Elektronen zur Anode hin beschleunigt werden. Dieser Sättigungswert hängt neben der Intensität des Lichtes auch von der bestrahlten Fläche und den Materialeigenschaften ab. Dabei liegt die Asymptotik an dem Unvermögen der Versuchsanordnung alle Elektronen zu registrieren. Damit wirklich alle Elektronen die Anode erreichen, müsste der Abstand zwischen Anode und Kathode gegen Null streben, was natürlich ein solches Experiment nicht möglich machen würde.

Der Photostrom nähert sich bereits bei  $U > U_g$  an 0 V an, da die Elektronen nach der Fermi-Dirac Statistik verteilt sind und es so auch Elektronen gibt, die bei  $U > U_g$  gar nicht erst genug Energie besitzen die Anode zu erreichen. Der entgegengerichtete Photostrom von ungefähr -0,01 nA kommt durch den an der Anode stattfindenden Photoeffekt

zustande. Da die bestrahlte Oberfläche der Anode wesentlich kleiner ist, wird schon bei relativ kleinen Spannungsbeträgen eine Sättigung erreicht. Die Austrittsarbeit der Anode ist gering, denn schon bei Einstrahlung energiereichen Lichtes ( $\lambda \approx 650 \text{ nm}$ )[1] tritt bereits ein negativer Photostrom auf.

#### 4.2 Fehleranalyse und Literaturvergleich

Das experimentell bestimmte Verhältnis von  $h/e_0 = (3,8 \pm 0,3) \cdot 10^{-15} \frac{\text{J}\cdot\text{s}}{\text{C}}$  passt zu dem Literaturwert [3] von  $h/e_0 = 4,1 \cdot 10^{-15} \frac{\text{J}\cdot\text{s}}{\text{C}}$ . Ebenso passt der experimentell bestimmte Wert für die Austrittsarbeit von  $A_k = (1,58 \pm 0,07) \text{ eV}$  grundsätzlich zu der erwarteten Größenordnung für die Austrittsarbeiten von Metallen. Die auftretenden Abweichungen können viele Ursachen haben: Zum einen war der Schwenkarm der Anordnung leicht versehentlich zu verschieben, zum anderen war die Versuchsanordnung unzureichend von störenden Lichteinflüssen, wie Schreibleuchten, geschützt. Vor allem jedoch hatte das Messgerät des Photostroms die Eigenschaft einen stark schwankenden Wert anzuzeigen. Das alles wirkt sich natürlich deutlich auf das Versuchsergebnis aus, wodurch Abweichungen zu erklären wären.

#### Literatur

- [1] Versuch Nr. 500 – Der Photoeffekt. [http://129.217.224.2/HOMEPAGE/Anleitung\\_AP.html](http://129.217.224.2/HOMEPAGE/Anleitung_AP.html) (13.01.13).
- [2] John R. Taylor. *An introduction to error analysis*. University Science Books, 2 edition, 1997.
- [3] Dr. Rolf Winter. *Das große Tafelwerk*. Cornelsen, 2009.

500

Violet 2  
(rechts)

Gegenspannung / V

I / ~~mA~~ mA

-1

0,027

-0,8

~~0,097~~ 0,097

-0,6

0,225

-0,4

0,4

-0,2

0,63

0

0,84

0,2

1,05

0,4

1,35

0,6

1,65

0,8

1,9

1

2,12

5

7,2

9

10

13

12

17

~~13,5~~ 13,5

~~20~~ 19

14

*14*

Violett 1 (links)		Grün		Gelb		Blaugrün	
$U_g/V$	$I/nA$	$I/nA$		$I/nA$		$I/nA$	
	0	-0,018		-0,008		0	
	0,094	-0,016		-0,006		0	
	0,28	-0,011		-0,004		0,003	
	0,72	0,011		0		0,012	
analog	1,1	0,14	analog	0,018		0,03	
	1,35	0,46		0,12		0,054	
	2,05	0,83		0,29		0,08	
	2,55	1,2		0,46		0,105	
	3,1	1,5		0,61		0,135	
	3,6	1,8		0,72		0,155	
	4,0	2,05		<del>0,85</del> 0,88		0,175	
	12,5	5,6		<del>1,38</del> 1,8		0,53	
	17,5	7		2,2		0,72	
	20,5	7,8		2,35		0,82	
	22,5	8,2		3,8		0,87	
	23	8,7		4		0,93	
				-5	-0,009		
				-9	-0,009		
				-13	-0,011		
				-17	-0,012		
				-19	-0,01		

*Kit*