

# **Versuchsbericht**

## **P402 Quantelung von Energie**

Gabriel Remiszewski und Christian Fischer

durchgeführt am 18/19.10.2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsteil</b>	<b>2</b>
2.1	Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums . . . . .	2
2.1.1	Versuchsaufbau . . . . .	2
2.1.2	Messung . . . . .	2
2.1.3	Auswertung . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Fazit</b>	<b>4</b>
<b>A</b>	<b>Messwerte: Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums</b>	<b>5</b>

# 1. Einleitung

[skript]

## 2. Versuchsteil

### 2.1. Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums

#### 2.1.1. Versuchsaufbau

Um mithilfe des Photoeffekts das plancksche Wirkungsquantum  $h$  zu bestimmen wird der in Abb. 1 skizzierte Aufbau auf einer Optikbank befestigt. Als Lichtquelle dient eine Quecksilberdampflampe, dessen Licht nach Durchgang durch eine Blende, mit der die Intensität des Lichts eingestellt werden kann, mit einer Linse der Brennweite  $f = 100\text{ mm}$  auf die Kalium-Kathode der Photozelle scharf abgebildet wird. Die Einzelnen Wellenlängen des Hg-Spektrums werden mithilfe eines Filtrerrads unmittelbar vor der Photozelle selektiert, wobei zwischen beiden Elementen ein Rohr angebracht wird, welches Streulicht begrenzen soll. Dabei wird mit der Blende vor der Lampe sowie der Blende vor dem Filtrerrad so eingestellt, dass das Licht die Kathode beleuchtet, jedoch nicht den Anodenring oder die schwarze Fläche an der Öffnung der Schutzkappe der Photozelle.

Zur Spannungserzeugung steht ein 12 V Netzteil zur Verfügung. Beide schwarzen Kabel der Anode werden an den negativen Pol des Netzteils angeschlossen und das BNC-Kabel der Kathode mit dem zur Verfügung stehenden Messverstärker. Der andere Anschluss des Netzteils wird mit der Masse des Verstärkers angeschlossen. Der Photostrom wird mit einem Digitalmultimeter gemessen, welches in Reihe hinter den Verstärker geschaltet wird. Die angeschlossene Grenzspannung wird mit einem parallel zur Spannungsquelle geschalteten Multimeter gemessen.

Es ist möglich, dass ohne Photostrom des Verstärker trotzdem einen Strom ausgibt. Mithilfe eines Tasters lässt sich die Schaltung kurzschließen, wodurch kein Strom am Verstärker ankommt und damit an einem Regler der Ausgangsstrom in die Nulllage kalibriert werden kann.

Da die vom Netzteil zu Verfügung stehenden 12 V nicht vollständig in der Durchführung ausgeschöpft werden, wird mit zwei geeigneten Widerständen ein Spannungsteiler vorgeschaltet. Wird über dem Widerstand  $R_2$  die Spannung abgegriffen, so gilt für diese die Spannungsteilergleichung

$$U = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

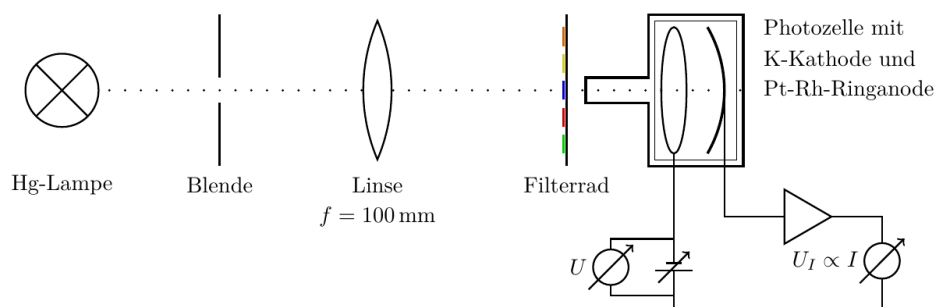


Abbildung 1: Versuchsaufbau: Photoelektrische Bestimmung des planckschen Wirkungsquantums.[QUELLE!]

#### 2.1.2. Messung

Im Folgenden wird mit  $U$  die am Spannungsteiler abgegriffene Spannung bezeichnet und der Photostrom mit  $I$ . Der Messverstärker wandelt Ströme von  $1\text{ nA}$  in  $1\text{ V}$  um, weshalb zwar mit dem Multimeter eine Spannung gemessen wird, diese trotzdem mit einem  $I$  bezeichnet wird. Der Strom entsteht, wenn energiereiche Photonen auf die Kathode treffen und Elektronen befreien, die von der Anode wieder abgefangen werden.

Beide Elektroden besitzen verschiedene Austrittsarbeiten, weshalb sich die Fermi-Niveaus dieser unterscheiden. Bei leitender Verbindung gleichen sich die Niveaus aus, wodurch ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden aufgebaut wird[QUELLE?]. Die Energiebilanz der eintreffenden Elektronen ist

$$E_{\text{kin}} = h\nu - (W_A - W_K) - W_K = h\nu - W_A$$

wobei der Subskript K für die Kathode, A für die Anode und  $\nu$  für die Lichtfrequenz steht. Mit dem Netzteil wird eine Gegenspannung eingestellt und so lange erhöht, bis der Anodenstrom verschwindet. In diesem Falle verschwindet die kinetische Energie der Elektronen und es ergibt sich bei der Grenzspannung  $U_0$  die Gleichung

$$eU_0 = h\nu - W_A \quad (2)$$

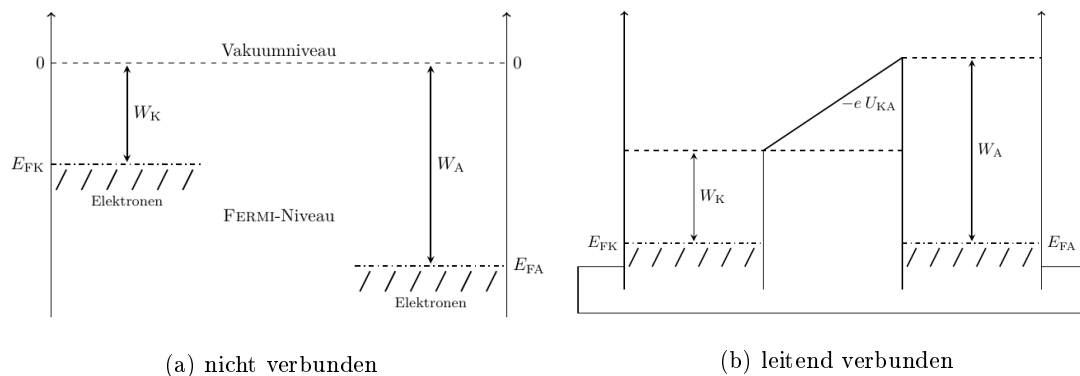


Abbildung 2: Kontaktpotential zwischen zwei Elektroden

Bei dem energiereichsten Licht der Wellenlänge 365 nm wird eine Grenzspannung von unter 2.0 V benötigt, weshalb mit den vorhandenen Widerständen von 100  $\Omega$  und 333  $\Omega$  nach Gleichung (1) eine maximale Spannung von

$$U_{\text{max}} = 2.77 \text{ V}$$

eingestellt wird.

Aufgrund dessen, dass ein minimaler Anodenstrom  $I_0$  auch vorhanden ist, wo Elektronen aus der Anode in die Kathode eintreffen, wird die Messung verfälscht. Um die Grenzspannung bestimmen zu können, wird für jede Wellenlänge eine Kennlinie im gesamten Gegenspannungsbereich gemessen, angefangen bei 0 V. Da zusätzliche Intensitätsfluktuationen auftreten können, wird jede Kennlinie zweimal gemessen.

Für die Wellenlänge 365 nm wird die Messung bei einer erhöhten Intensität erneut gemessen, um deren Einfluss untersuchen zu können.

### 2.1.3. Auswertung

### 3. Fazit

## A. Messwerte: Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,5	732(3)	27,44(11)
107,3	638(4)	25,67(16)
203,4	556(2)	24,02(9)
343,8	436(5)	21,4(3)
439,0	375(5)	19,9(3)
572,0	282(2)	17,41(12)
721,0	198(2)	14,81(14)
853,0	135(5)	12,5(5)
1003,0	82(5)	10,2(5)
1210,0	33(4)	7,4(6)
1322,0	15(2)	6,0(4)
1440,0	1,1(5)	4,72(11)
1589,0	-17,4(3)	1,95(16)
1761,0	-20,6(4)	0,8(6)
2016,0	-20,9(3)	0,5(6)
2782,0	-21,2(4)	

Abbildung 3: (1) 365 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,5	732(4)	27,46(15)
120,6	613(4)	25,20(16)
242,2	510(3)	23,06(14)
381,9	402(2)	20,6(1)
497,0	321(1)	18,52(6)
615,0	250(1)	16,49(7)
733,0	186(1)	14,42(7)
861,0	127(1)	12,20(9)
1057,0	62,5(5)	9,19(6)
1299,0	22,5(5)	6,66(8)
1340,0	10,5(5)	5,69(9)
1430,0	-1,2(4)	4,55(9)
1498,0	-10,2(5)	3,42(15)
1624,0	-20,0(5)	1,4(4)
1542,0	-14,9(3)	2,65(12)
1914,0	-21,5(2)	0,6(4)
2783,0	-21,9(2)	

Abbildung 4: (2) 365 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
115,0	307,6(2)	18,138(12)
273,5	218(3)	15,5(2)
416,0	148(2)	13,02(16)
590,0	82(2)	10,2(2)
745,0	39(3)	7,8(4)
937,0	7,4(4)	5,37(8)
879,0	15,0(5)	6,03(9)
1006,0	0,8(4)	4,71(9)
1104,0	-8,2(2)	3,63(6)
1208,0	-16,1(2)	2,30(9)
1406,0	-20,7(3)	0,8(4)
1670,0	-21,4(4)	0,55(19)
2782,0	-21,1(1)	

Abbildung 5: (1) 405 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	388(3)	20,23(15)
154,8	281(2)	17,38(12)
311,1	200,5(2)	14,890(14)
415,0	147,5(3)	12,99(3)
529,0	100,0(2)	11,009(19)
575,0	83,5(4)	10,23(4)
627,0	68,2(4)	9,46(5)
699,0	48,0(2)	8,32(3)
761,0	38,0(5)	7,69(7)
846,0	21(1)	6,50(16)
958,0	4,3(3)	5,05(6)
1026,0	-1(1)	4,5(3)
1121,0	-10,0(3)	3,35(9)
1206,0	-16,0(3)	2,28(14)
1388,0	-20,9(3)	0,5(6)
1677,0	-21,2(2)	0,3(7)
2183,0	-21,1(2)	

Abbildung 6: (2) 405 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	510(3)	23,05(14)
87,5	428(2)	21,2(1)
153,0	361(2)	19,55(11)
231,0	290(1)	17,64(6)
318,4	226(5)	15,7(4)
403,0	165(3)	13,6(3)
501,0	112(5)	11,5(5)
616,0	62(4)	9,1(5)
691,0	38(2)	7,7(3)
758,0	22(2)	6,6(4)
837,0	6(1)	5,2(2)
888,0	-0,5(3)	4,56(7)
950,0	-8,5(5)	3,58(14)
1032,0	-16,2(2)	2,26(9)
1134,0	-20,6(2)	0,8(3)
1291,0	-21,1(1)	0,4(3)
2783,0	-21,3(1)	

Abbildung 7: (1) 436 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	510(10)	23,1(5)
65,3	440(10)	21,6(5)
159,1	360(10)	19,5(6)
228,7	290(10)	17,7(6)
362,3	191(3)	14,6(3)
428,0	148(3)	13,0(3)
525,0	96(1)	10,9(1)
658,0	46(1)	8,23(13)
736,0	25(2)	6,8(3)
815,0	10(2)	5,6(4)
914,0	-4,4(3)	4,17(8)
1030,0	-16,4(4)	2,32(18)
1105,0	-20,4(2)	1,18(17)
1169,0	-21,2(1)	0,77(13)
1302,0	-21,7(1)	0,3(4)
2782,0	-21,8(1)	

Abbildung 8: (2) 436 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	280(10)	17,4(6)
34,1	224,5(5)	15,72(4)
92,0	155(1)	13,33(8)
131,4	111(2)	11,56(18)
167,2	80(1)	10,1(1)
215,0	49(1)	8,46(12)
264,6	25,3(3)	6,92(5)
313,0	7,8(2)	5,51(4)
350,0	-1,3(1)	4,62(3)
399,0	-10,5(2)	3,48(6)
451,0	-16,4(1)	2,49(5)
539,0	-20,9(1)	1,30(8)
688,0	-22,3(3)	0,5(6)
976,0	-22,6(2)	

Abbildung 9: (1) 546 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	210(10)	15,3(7)
71,1	135(5)	12,6(4)
119,8	96(3)	10,9(3)
170,3	56(1)	8,92(12)
214,8	33(1)	7,52(14)
249,5	19(1)	6,52(16)
277,0	10(1)	5,79(18)
307,9	2,6(4)	5,11(8)
358,0	-8(1)	3,9(3)
417,0	-15,2(2)	2,88(7)
508,0	-20,8(2)	1,64(13)
557,0	-22,1(1)	1,18(9)
697,0	-23,2(3)	0,5(6)
812,0	-22,9(4)	0,8(6)
2783,0	-23,5(1)	

Abbildung 10: (2) 546 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	85(5)	10,4(5)
31,9	67(2)	9,5(3)
56,7	51(1)	8,58(12)
89,4	37(1)	7,73(13)
120,3	26(1)	6,98(15)
149,1	14,5(3)	6,10(5)
174,2	8(2)	5,5(4)
191,0	3(1)	5,1(2)
242,9	-6,1(2)	4,07(5)
276,4	-11,5(5)	3,35(15)
337,8	-18,0(5)	2,2(3)
443,0	-21,7(1)	1,0(1)
845,0	-22,7(1)	
2783,0	-22,7(1)	

Abbildung 11: (1) 578 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	78(4)	10,1(4)
33,3	65(1)	9,40(11)
68,6	44(5)	8,2(7)
104,7	30(3)	7,3(5)
156,5	12(1)	5,95(17)
202,2	0,0(3)	4,84(7)
257,4	-9(1)	3,8(3)
318,4	-17,0(2)	2,53(8)
434,0	-22,2(2)	1,10(19)
676,0	-23,4(2)	
2783,0	-23,4(2)	

Abbildung 12: (2) 578 nm



$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	1150(10)	34,3(3)
57,3	1050(10)	32,8(4)
136,6	940(20)	31,0(7)
199,1	860(10)	29,7(4)
280,1	750(10)	27,8(4)
357,9	630(20)	25,6(8)
440,0	560(10)	24,1(5)
550,0	440(10)	21,5(5)
697,0	320(5)	18,5(3)
878,0	180(5)	14,3(4)
1066,0	92(1)	10,7(1)
1159,0	62(4)	9,3(5)
1331,0	27(3)	7,1(5)
1444,0	7,5(5)	5,5(1)
1497,0	-4,5(5)	4,32(12)
1568,0	-15,5(1)	2,77(4)
1640,0	-20,8(2)	1,55(13)
1888,0	-22,9(1)	0,55(19)
2783,0	-23,2(1)	

Abbildung 13: (3) 365 nm

$U/\text{mV}$	$I/\text{pA}$	$\sqrt{I - I_0}/\text{pA}^{1/2}$
0,6	1100(50)	33,5(15)
76,5	1000(10)	32,0(4)
249,1	770(20)	28,2(8)
497,0	480(10)	22,4(5)
724,0	305(2)	18,10(12)
911,0	174(4)	14,0(3)
1118,0	81(2)	10,2(2)
1293,0	34(2)	7,5(3)
1406,0	15(1)	6,13(17)
1487,0	-1,0(5)	4,65(11)
1592,0	-17,4(2)	2,28(9)
1692,0	-21,9(1)	0,84(12)
1888,0	-22,2(1)	0,63(16)
2783,0	-22,6(2)	

Abbildung 14: (4) 365 nm