

Photoeffekt

Marcel Köpke & Axel Müller
Gruppe 30

19.04.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Hallwachs-Effekt	3
2	Elektrometereigenschaften	4
3	Photoeffekt und $\frac{h}{e}$-Bestimmung	5
3.1	Aufgabe 1	5
3.2	Aufgabe 2	6
3.3	Aufgabe 3	8
3.4	Aufgabe 4	10
3.5	Aufgabe 5	12

1 Hallwachs-Effekt

Wie im Aufgabenblatt beschrieben, führten wir die Versuche aus und erkannten, dass bei Belichtung der Zinkplatte der Zeigerausschlag schneller zurückging als ohne Belichtung. Hielt man eine Anode in die Nähe der Zinkplatte, ging dieser noch schneller zurück. Allgemein kann dieses Phänomen durch den Hallwachs-Effekt erklärt werden, der sich wie in der Vorbereitung geschrieben, zeigt. Die Anode saugt die Elektronen ab, sodass sich kein negatives Gegenpotential durch die Elektronenwolken bilden kann.

2 Elektrometereigenschaften

Die Bestimmung des Innenwiderstands des Elektrometers ist nur durch Spannungsmessung nicht möglich, ohne genaue Kenntnis über den Innenwiderstand der Spannungsquelle. Wird jedoch ein Vorwiderstand in Reihe geschaltet, lässt sich der Elektrometerwiderstand, wie in der Vorbereitung beschrieben, berechnen. Die angelegte Spannung beträgt: $U_0 = 5V$. Eine direkte Messung ohne Vorwiderstand ergab: $U_E = 5,0195V$. Damit ergibt sich der Offset zu $\Delta U = 0,0195V$. Berücksichtigt man diesen in den folgenden Messungen, so folgen mit:

$$R_E = \frac{U_E R_V}{U_0 - U_E}$$

die Messwerte:

Vorwiderstand $R_V[G\Omega]$	Elektrometerspannung $U_E[V]$	Innenwiderstand $R_E[G\Omega]$
0,1	5,006	83,4
1	4,992	624
10	4,921	622,9

Tabelle 2.1: Messwerte

Man sieht, dass die Ergebnisse stark variieren. Dies liegt unter anderem daran, dass das Elektrometer keine konstante Spannungswerte lieferte sondern ständig schwankte. Geringe Bewegungen in der Nähe des Elektrometers konnten Spannungsunterschiede von bis zu 3 Volt herbeiführen. Man kann allerdings erkennen, dass der Innenwiderstand des Elektrometers sehr hoch ist. (Größenordnung $100G\Omega$).

3 Photoeffekt und $\frac{h}{e}$ -Bestimmung

3.1 Aufgabe 1

Wir führten den Versuch laut Aufgabenblatt durch und erhielten folgende Messwerte:

Wellenlänge [nm]	1. Messreihe [V]	2. Messreihe [V]	3. Messreihe [V]	Mittelwert [V]
360	1,338	1,334	1,345	1,339
400	1,117	1,117	1,130	1,121
440	0,874	0,874	0,873	0,874
490	0,744	0,745	0,745	0,745
540	0,609	0,604	0,602	0,605
590	0,469	0,471	0,471	0,470

Tabelle 3.1: Messwerte

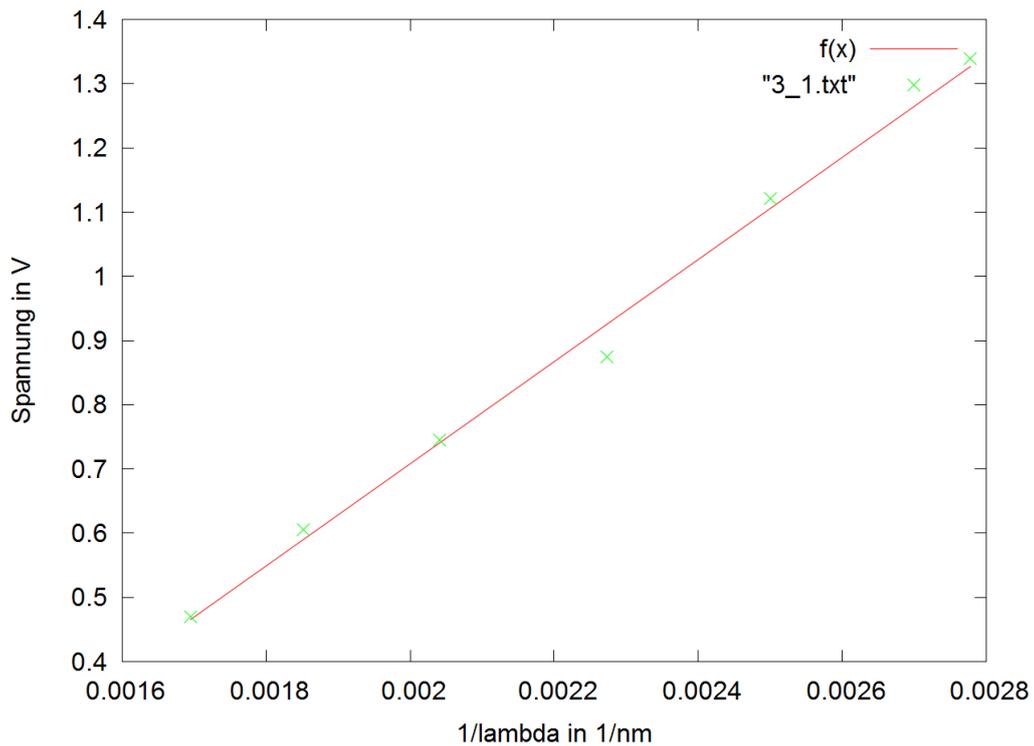


Abbildung 3.1: Ausgleichgerade

Mit den Mittelwerten führten wir eine lineare Regression durch und erhielten für die Gerade $U = \frac{hc}{e} \frac{1}{\lambda} - \frac{W_A}{e}$ folgende Werte:

$$\frac{hc}{e} = 795,104V \cdot nm$$

$$\frac{W_A}{e} = 0,882V$$

Damit erhalten wir für $\frac{h}{e} = 2,66 \cdot 10^{-15} \frac{J \cdot s}{C}$. Der Literaturwert beträgt: $\frac{h}{e} = 4,13 \cdot 10^{-15} \frac{J \cdot s}{C}$. Damit haben wir die Größenordnung getroffen. Die Ungenauigkeit lässt sich wie oben auf die ungenaue Spannungsmessung mit dem Elektrometer zurückführen.

3.2 Aufgabe 2

Für diesen Versuch erhielten wir folgende Messwerte:

Wellenlänge [nm]	Messreihe [V]
360	1,35
400	1,12
440	0,86
490	0,73
540	0,60
590	0,46

Tabelle 3.2: Messwerte

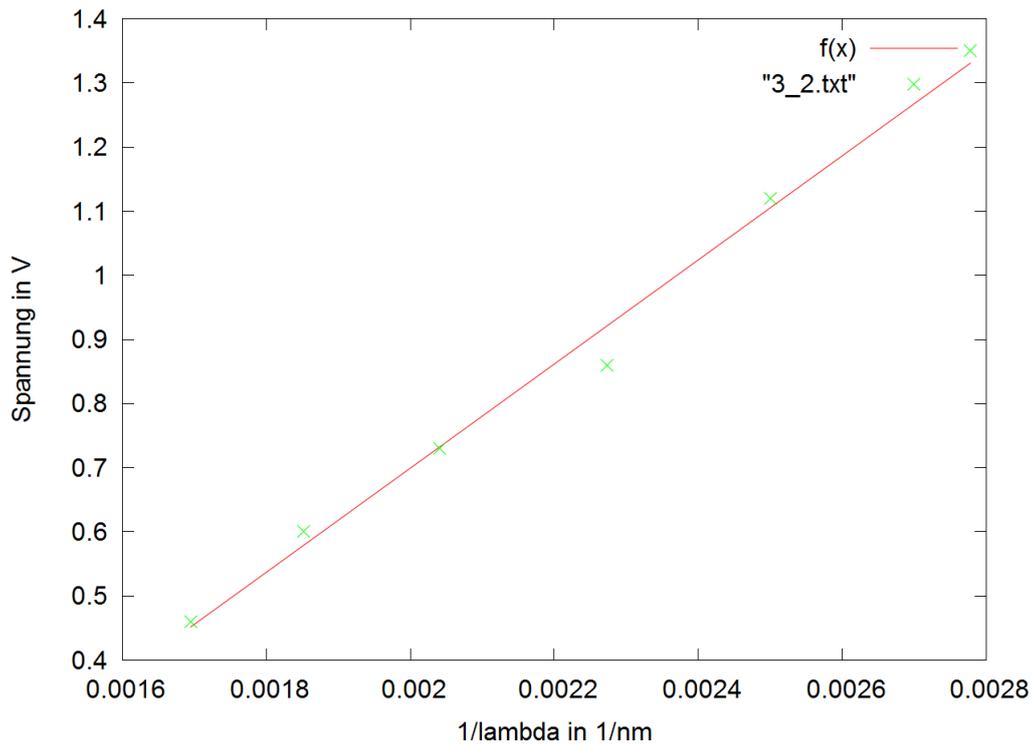


Abbildung 3.2: Ausgleichgerade

Analog ergibt sich:

$$\frac{hc}{e} = 811,806V \cdot nm$$

$$\frac{W_A}{e} = 0,924V$$

Damit erhalten wir für $\frac{h}{e} = 2,72 \cdot 10^{-15} \frac{J \cdot s}{C}$.

3.3 Aufgabe 3

Wir erhielten mit $I = \frac{U}{R}$ folgende Messwerte:

U[V]	I[nA]	U[V]	I[nA]	U[V]	I[nA]	U[V]	I[nA]
-3,0	-3,90	-2,0	-3,73	-1,0	0,82	2,0	26,29
-2,9	-3,87	-1,9	-3,46	-0,9	1,48	2,5	30,69
-2,8	-3,60	-1,8	-3,08	-0,8	2,20	3,0	34,92
2,7	-3,54	-1,7	-2,88	-0,7	3,01	4,0	44,12
-2,6	-3,23	-1,6	-2,66	-0,6	3,84	5,0	53,17
-2,5	-3,17	-1,5	-2,21	-0,5	4,60	6,0	62,50
-2,4	-3,50	-1,4	-1,65	0	8,86	7,0	71,61
-2,3	-3,14	-1,3	-1,32	0,5	13,07	8,0	80,78
-2,2	-3,12	-1,2	-0,65	1	17,50	8,85	88,63
-2,1	-3,74	-1,1	0,12	1,5	21,88	—	—

Tabelle 3.3: Messwerte

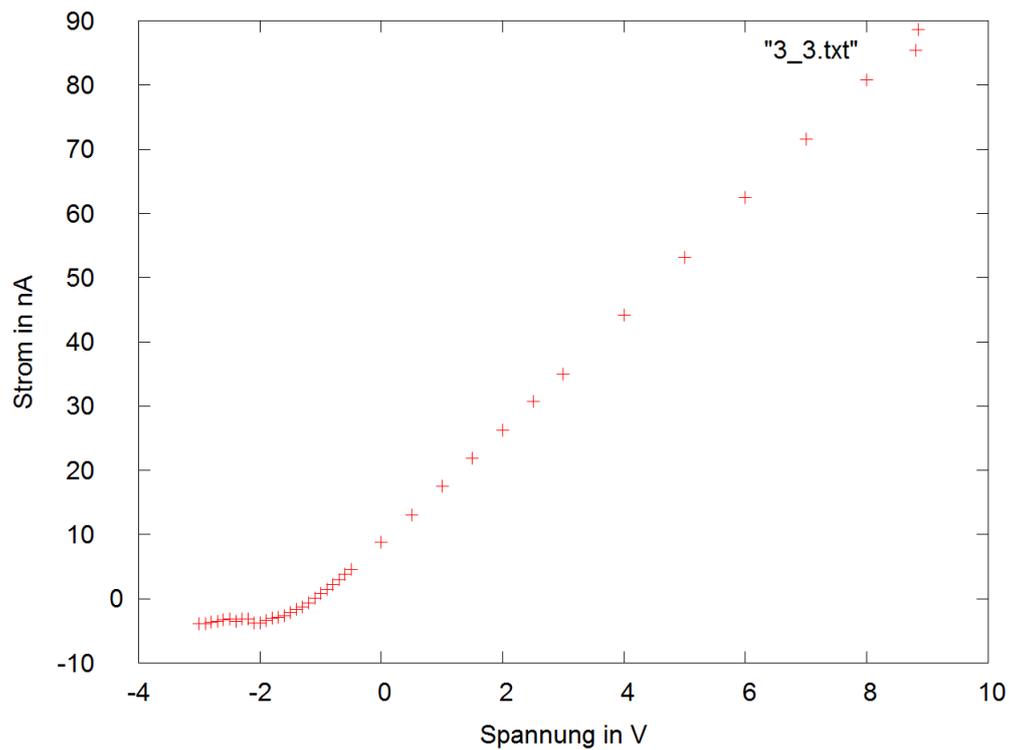


Abbildung 3.3: Grafik

Wie die Grafik zeigt, ist das erwartete Plateau in der Grafik noch nicht zu erkennen.

Dies liegt daran, dass wir nicht genügend hohe Spannungen erzeugen konnten. Allerdings zeigt sich im Mittelbereich ein guter linearer Verlauf. Der Anfangsverlauf sieht wie folgt aus:

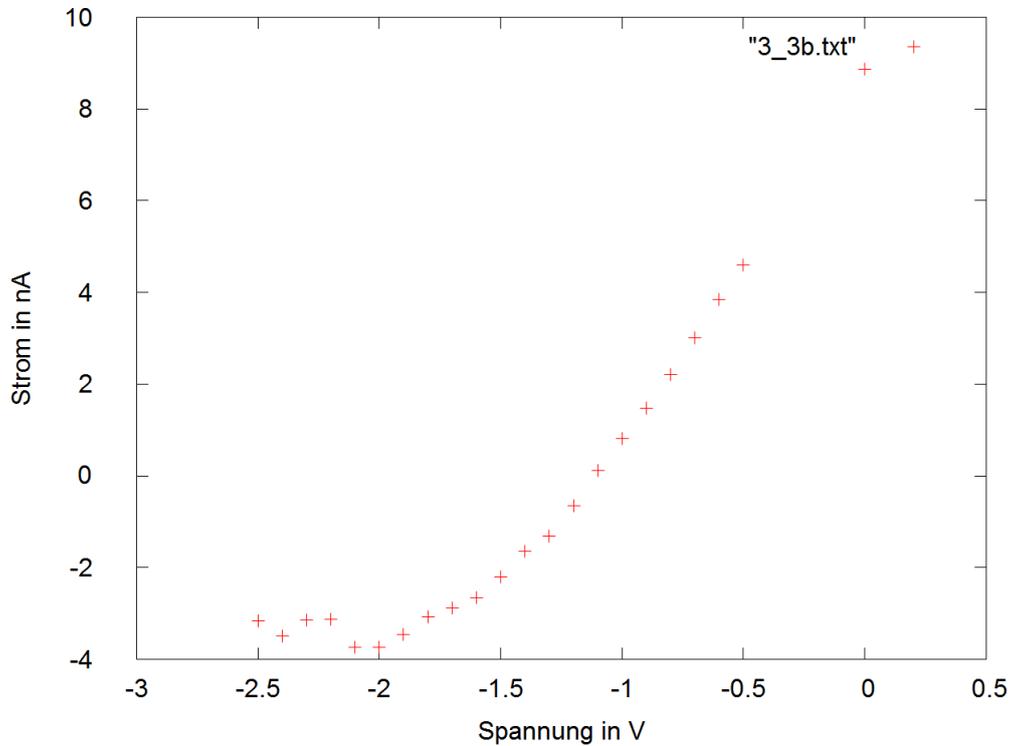


Abbildung 3.4: Grafik 2

Im Anfangsbereich zeichnet sich ebenfalls ein Plateau ab. Durch das Anlegen einer zu hohen Gegenspannung (unterhalb $I=0\text{nA}$) erwartet man, dass kein Strom mehr fließen sollte. Jedoch ist gerade diese Gegenspannung Grund dafür, dass freie Elektronen einen Gegenstrom erzeugen können.

Die Ströme sind allerdings so gering, dass verschiedene Ursachen in Betracht gezogen werden können, wie etwa spontane Elektronenemission durch ein Zusammenspiel von Raumtemperatur (thermische Elektronen) und Raumladung (da das Photozellegehäuse nicht geerdet war, kann es sich statisch aufladen und Elektronenemission begünstigen). Idealerweise sollte nur die eigentliche Kathode beleuchtet werden. Jedoch fällt auch Streulicht auf die Anode, warum diese dann zur neuen Photokathode wird.

Zusätzlich haben wir den Einfluss des Umgebungslichts stichprobenartig gemessen

U[V]	I[nA]	ΔI [nA]
0	-887	1 (0,11%)
3,0	3524	32 (0,92%)
5,0	5337	20 (0,38%)

Tabelle 3.4: Messwerte

Wie man sieht ist der Fehler durch Umgebungslicht zu vernachlässigen.

3.4 Aufgabe 4

Wir führten die gleiche Messung wie in Aufgabe 3 durch, nur dieses Mal mit einem Graufilter:

U[V]	I[nA]	U[V]	I[nA]	U[V]	I[nA]	U[V]	I[nA]
-3,0	-1,88	-2,0	-1,67	-1,0	0,54	2,0	23,44
-2,9	-1,53	-1,9	-1,64	-0,9	1,20	2,5	27,76
-2,8	-1,64	-1,8	-1,53	-0,8	1,79	3,0	31,63
2,7	-1,87	-1,7	-1,51	-0,7	2,50	4,0	40,05
-2,6	-1,85	-1,6	-1,49	-0,6	3,16	5,0	48,20
-2,5	-1,84	-1,5	-1,45	-0,5	3,85	6,0	56,59
-2,4	-1,83	-1,4	-1,18	0	7,55	7,0	65,58
-2,3	-1,73	-1,3	-0,85	0,5	11,52	8,0	73,64
-2,2	-1,68	-1,2	-0,43	1	15,49	8,85	80,70
-2,1	-1,68	-1,1	0,07	1,5	19,38	—	—

Tabelle 3.5: Messwerte

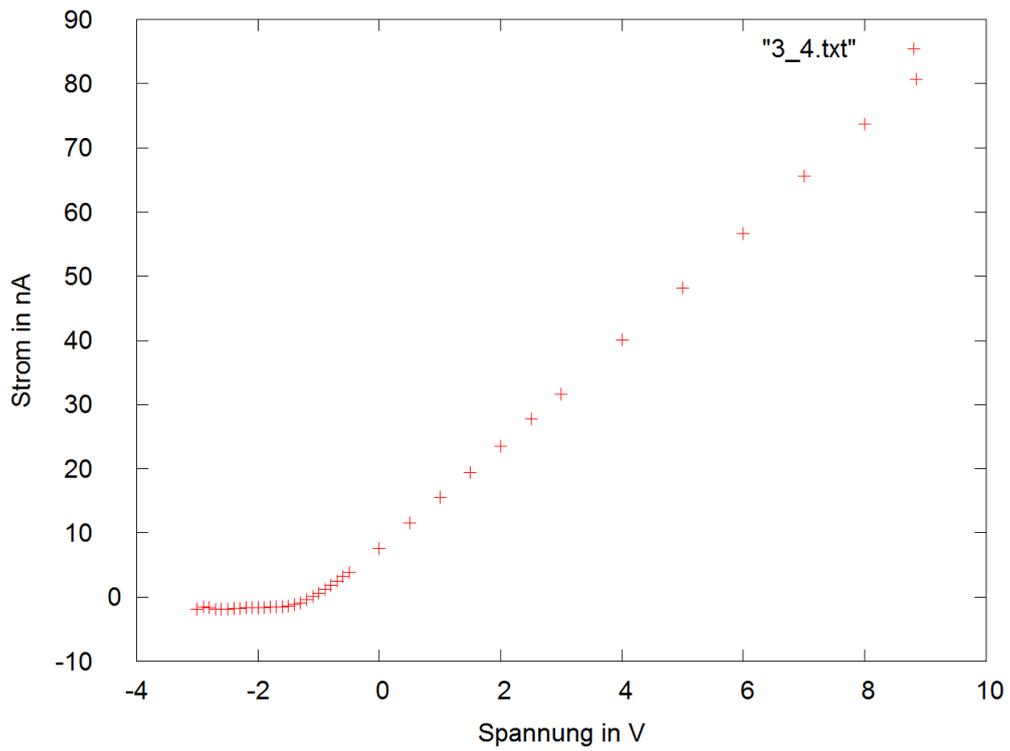


Abbildung 3.5: Grafik

Wie man sieht, haben sich die Ströme wie erwartet verringert, unter anderem im Anfangsbereich. Dies zeigt, dass Streulicht tatsächlich Einfluss auf den Gegenstrom in diesem Bereich haben muss (Anode wird zur Kathode).

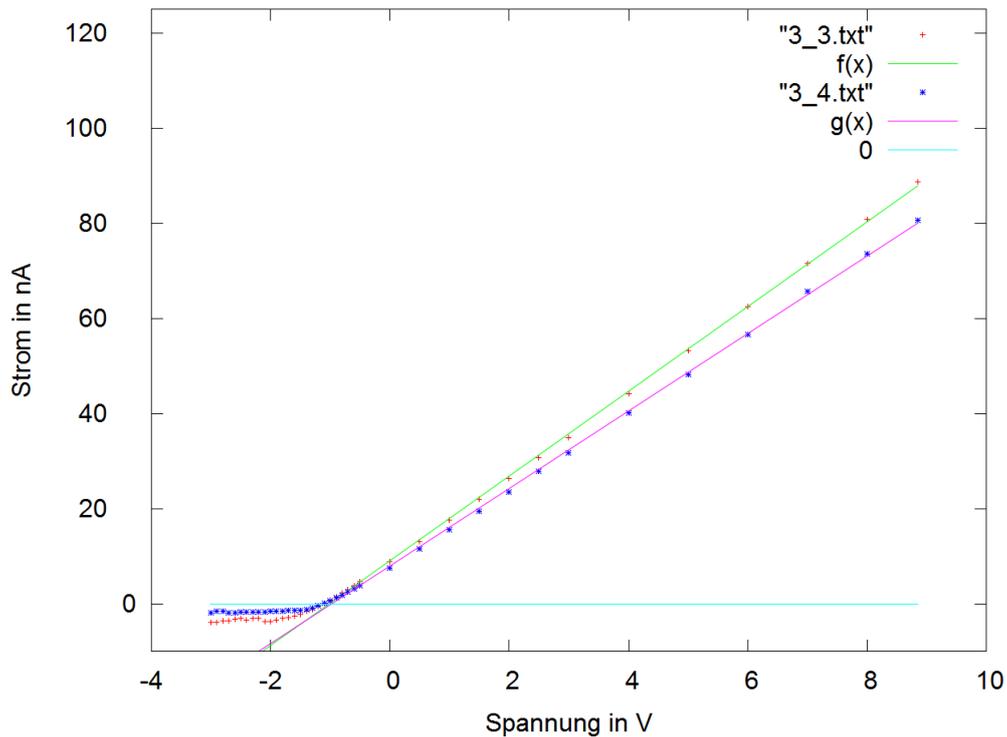


Abbildung 3.6: Grafik 2

Vergleicht man die Stromnulldurchgänge, zeigt sich, dass diese bei der gleichen Spannung auftreten. Dies war zu erwarten, da die anzulegende Kompensationsspannung unabhängig von der Intensität der Belichtung ist, sondern nur von der Frequenz abhängt. Der Graufilter ändert die Intensität, nicht aber die Frequenz des Lichts.

Zur Bestimmung des Abschwächungsfaktors betrachten wir das Verhältnis der größten gemessenen Ströme: Für den Faktor ergibt sich $T=8.95\%$. Der Reale Wert liegt bei 50% . Der große Unterschied lässt sich damit erklären, dass das Endplateau der Ströme noch nicht erreicht wurde und die zwei in der Grafik sichtbaren Geraden noch auseinanderdivergieren. Auf dem Plateau sollte sich also ein größerer Faktor einstellen.

3.5 Aufgabe 5

Mit Hilfe des Photostroms wurde nun $\frac{h}{e}$ bestimmt. Die Spannung wurde so gewählt, dass der Photostrom gerade Null war.

Wellenlänge [nm]	Messreihe [V]
360	1,33
400	1,11
440	0,87
490	0,73
540	0,61
590	0,46

Tabelle 3.6: Messwerte

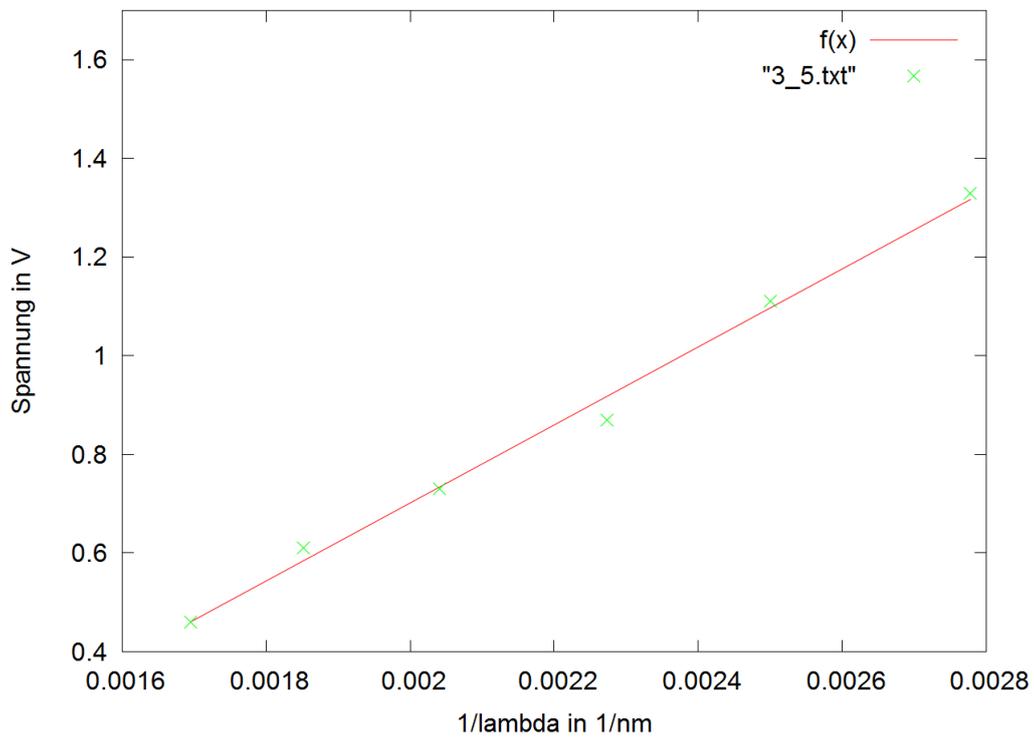


Abbildung 3.7: Ausgleichgerade

Es ergeben sich folgende Werte:

$$\frac{hc}{e} = 790,833V \cdot nm$$

$$\frac{W_A}{e} = 0,880V$$

Damit erhalten wir: $\frac{h}{e} = 2,64 \cdot 10^{-15} \frac{J \cdot s}{C}$.

Der Unterschied zu Aufgabe 3.2 ergibt sich durch folgende Überlegungen:

- Die Photozelle fungiert bei Beleuchtung als Strom-, vor allem aber auch als Spannungsquelle. Der Innenwiderstand dieser ist jedoch sehr groß, sodass bei Stromfluss ein Spannungsabfall stattfindet. Die gemessenen Spannungen entsprechen also nicht den realen Werten, da über den Vorwiderstand während der Messung Strom fließt.
- Durch Erhöhung der Intensität, kann der Stromfluss geregelt werden, da die Stromstärke von der Lichtintensität abhängig ist. Hohe Intensitäten verschlechtern also nach obiger Überlegung das Ergebnis.