

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
DORTMUND

ANFÄNGERPRAKTIKUM PHYSIK
SOMMERSEMESTER
2014

V500a
Der Photoeffekt

10.06.2014

1.ABGABE: 17.06.2014

Leonard Wollenberg
Joshua Luckey

leonard.wollenberg@udo.edu
joshua.luckey@udo.edu

1 Einleitung

In diesem Versuch wird der Zusammenhang zwischen der Dispersionsspannung und Frequenz beziehungsweise der Wellenlänge einer Diode untersucht.

2 Theorie

Eine Leuchtdiode funktioniert wie die Umkehrung des Photoeffektes. Es befinden sich zwei verschiedene Materialien an einander. Je nach Materialien ändert sich die Wellenlänge λ beziehungsweise die Frequenz f . Wenn an die Diode eine Spannung angelegt wird, werden die Elektronen mit der Energie

$$E = e_0 U_D \quad (1)$$

beschleunigt. Die Elektronen geben dabei ihre Energie in Form von Strahlung oder an die Gitteratome und regen sie dadurch zum Schwingen an. Die Spannung, ab der dies geschieht, wird als Dispersionsspannung U_D bezeichnet.

$$e_0 U_D = hf + A_S, \quad (2)$$

wobei A_S die Energie ist, die an die Gitteratome abgegeben wird.

3 Durchführung

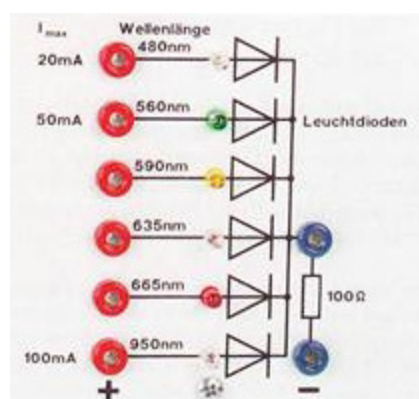


Abbildung 1: Das Schaltbrett mit den Leuchtdioden [1]

An einem Schaltbrett sind Leuchtdioden mit verschiedenen Wellenlängen angebracht. Fünf dieser Dioden werden vermessen. Sie werden nacheinander an eine Konstantstromquelle angeschlossen und parallel zur Diode wird ein Spannungsmessgerät angeschlossen. Nun werden Strom- und Spannungswertepaare aufgenommen.

4 Auswertung

Im folgenden Abschnitt sind während des Versuchs aufgenommenen Messwerte und die aus diesen berechneten Ergebnisse sowohl tabellarisch als auch grafisch dargestellt. An entsprechender Stelle sind Anmerkungen und Erklärungen zu den Rechnungen und Ergebnissen gegeben.

Die Messfehler der aufgenommenen Größen wurden allgemein mit der kleinsten Skaleneinteilung des jeweiligen Messgeräts angenommen.

4.1 Bestimmung der Dispersionsspannung von Dioden

Die für die fünf Dioden aufgenommenen Messwerte für Strom I und Spannung U sind für jeweils eine Diode in den Tabellen 1, 2, 3, 4 und 5 aufgelistet.

In den Abbildungen 2 bis 6 sind die Messwerte für die Stromstärke I gegen die der Spannung, der jeweiligen Diode, aufgetragen. In diesen Abbildungen befinden sich auch die jeweiligen Regressionsgeraden der Messwerte für den annähernd linearen Teil der I - U -Kennlinie. Diese Regressionen wurden mit Hilfe der *Python*-Bibliothek *SciPy* [2] und dem Ansatz

$$I(U) = A \cdot U + I_0 \quad (3)$$

bestimmt.

Die Parameter der fünf Regressionsgeraden sind in Tabelle 6 zu finden. In dieser Tabelle befinden sich ebenfalls die, als Nullstellen der Regressionsgeraden bestimmten, Dispersionsspannungen der jeweiligen Diode.

Spannung U [V]	Strom I [A]	Spannung U [V]	Strom I [A]
$4,60 \pm 0,05$	$20,0 \pm 0,5$	$4,15 \pm 0,05$	$7,0 \pm 0,5$
$4,55 \pm 0,05$	$19,0 \pm 0,5$	$4,10 \pm 0,05$	$6,0 \pm 0,5$
$4,50 \pm 0,05$	$18,0 \pm 0,5$	$4,05 \pm 0,05$	$5,0 \pm 0,5$
$4,45 \pm 0,05$	$16,0 \pm 0,5$	$3,95 \pm 0,05$	$4,0 \pm 0,5$
$4,40 \pm 0,05$	$14,0 \pm 0,5$	$3,85 \pm 0,05$	$3,0 \pm 0,5$
$4,35 \pm 0,05$	$13,0 \pm 0,5$	$3,80 \pm 0,05$	$2,0 \pm 0,5$
$4,30 \pm 0,05$	$11,0 \pm 0,5$	$3,70 \pm 0,05$	$1,5 \pm 0,5$
$4,25 \pm 0,05$	$10,0 \pm 0,5$	$3,60 \pm 0,05$	$1,0 \pm 0,5$
$4,20 \pm 0,05$	$9,0 \pm 0,5$	$3,40 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,5$
$4,15 \pm 0,05$	$8,0 \pm 0,5$	-	-

Tabelle 1: Messwerte der Spannung und des Stroms für die blaue Diode mit der Wellenlänge 465 nm

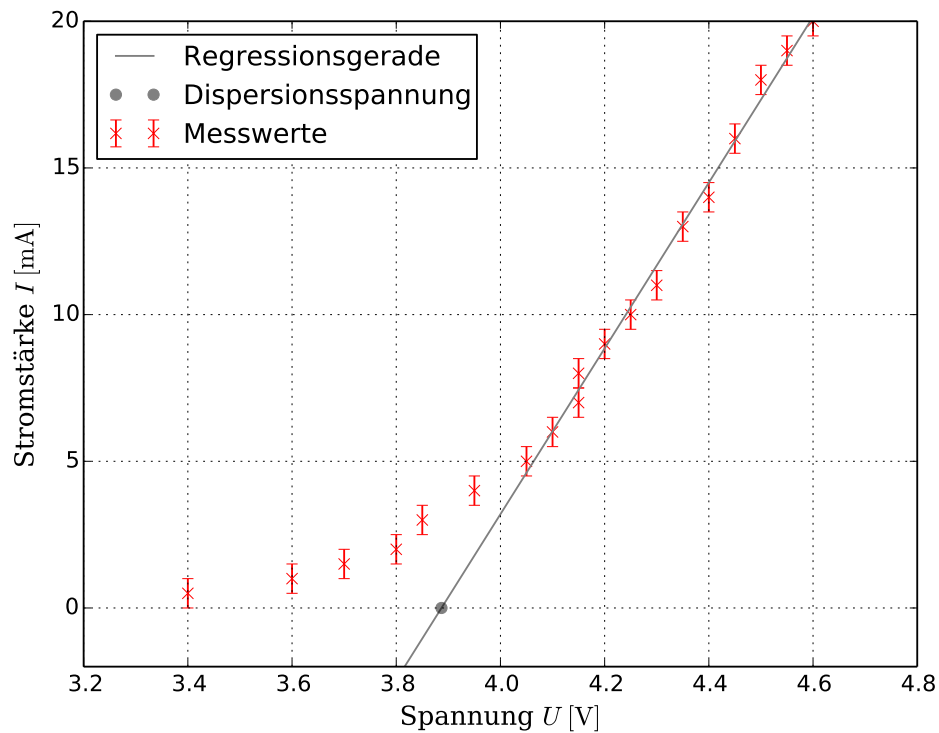


Abbildung 2: Grafische Darstellung der Messwerte für die I - U -Kennlinie der blauen Diode und der Bestimmung der Dispersionsspannung

Spannung U [V]	Strom I [A]	Spannung U [V]	Strom I [A]
$2,25 \pm 0,05$	$19,0 \pm 0,5$	$2,05 \pm 0,05$	$8,0 \pm 0,5$
$2,25 \pm 0,05$	$18,0 \pm 0,5$	$2,00 \pm 0,05$	$5,0 \pm 0,5$
$2,20 \pm 0,05$	$17,0 \pm 0,5$	$1,95 \pm 0,05$	$2,5 \pm 0,5$
$2,20 \pm 0,05$	$16,0 \pm 0,5$	$1,90 \pm 0,05$	$1,0 \pm 0,5$
$2,15 \pm 0,05$	$15,0 \pm 0,5$	$1,85 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,5$
$2,10 \pm 0,05$	$12,0 \pm 0,5$	-	-

Tabelle 2: Messwerte der Spannung und des Stroms für die grüne Diode mit der Wellenlänge 565 nm

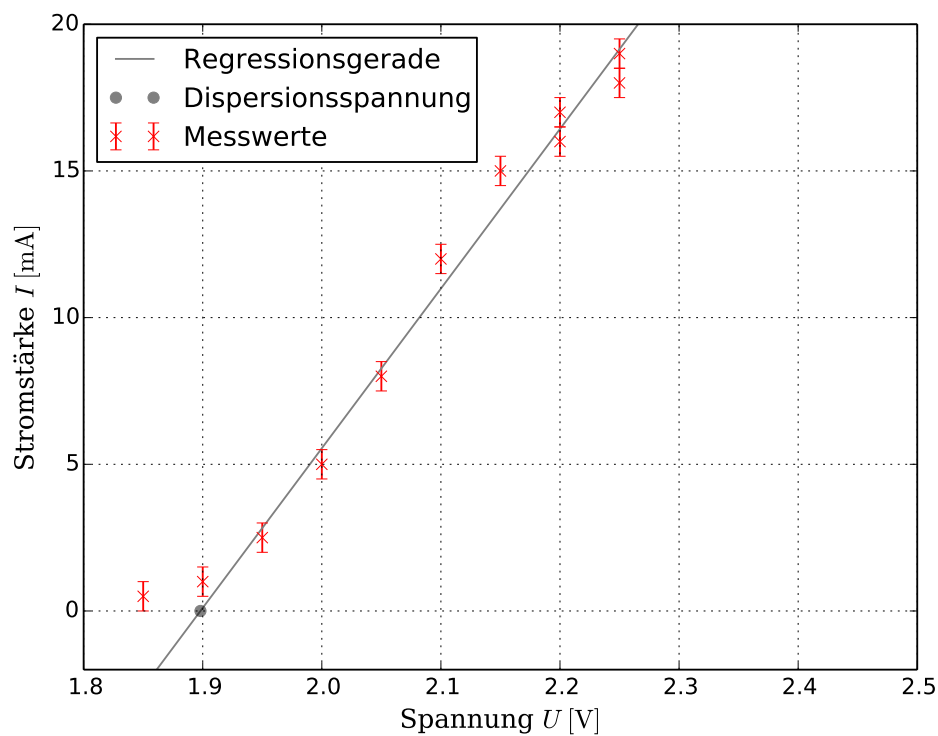


Abbildung 3: Grafische Darstellung der Messwerte für die I - U -Kennlinie der grünen Diode und der Bestimmung der Dispersionsspannung

Spannung U [V]	Strom I [A]	Spannung U [V]	Strom I [A]
$2,10 \pm 0,05$	$19,0 \pm 0,5$	$1,95 \pm 0,05$	$9,0 \pm 0,5$
$2,05 \pm 0,05$	$17,0 \pm 0,5$	$1,90 \pm 0,05$	$6,0 \pm 0,5$
$2,05 \pm 0,05$	$15,0 \pm 0,5$	$1,90 \pm 0,05$	$5,0 \pm 0,5$
$2,00 \pm 0,05$	$13,0 \pm 0,5$	$1,85 \pm 0,05$	$3,0 \pm 0,5$
$2,00 \pm 0,05$	$12,0 \pm 0,5$	$1,80 \pm 0,05$	$1,0 \pm 0,5$

Tabelle 3: Messwerte der Spannung und des Stroms für die gelbe Diode mit der Wellenlänge 585 nm

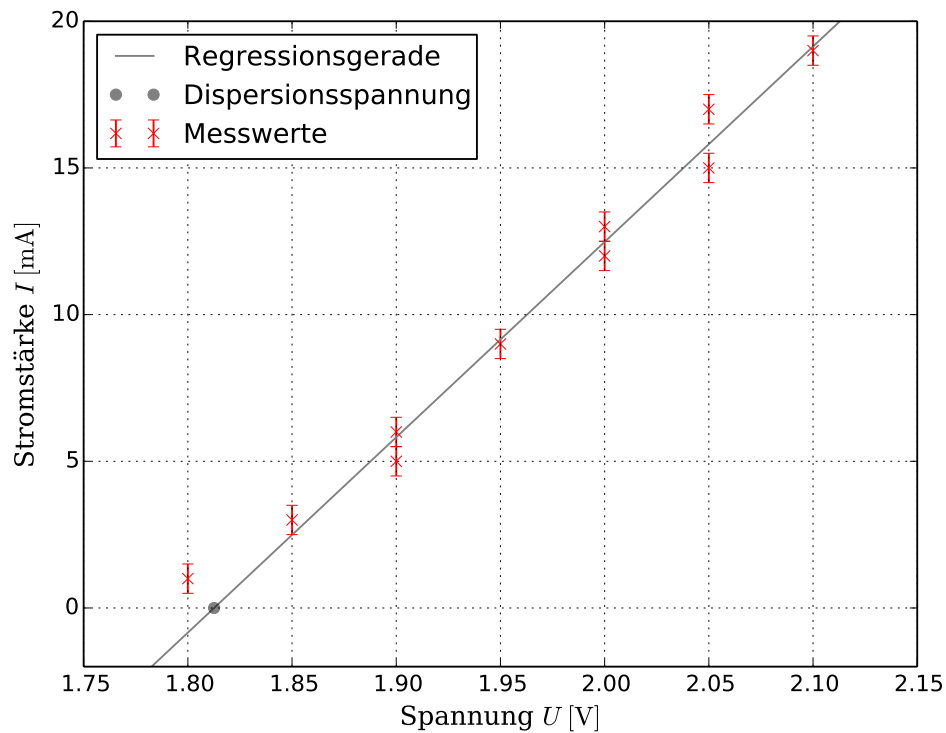


Abbildung 4: Grafische Darstellung der Messwerte für die I - U -Kennlinie der gelben Diode und der Bestimmung der Dispersionsspannung

Spannung U [V]	Strom I [A]	Spannung U [V]	Strom I [A]
$2,05 \pm 0,05$	$19,0 \pm 0,5$	$1,85 \pm 0,05$	$6,0 \pm 0,5$
$2,00 \pm 0,05$	$17,0 \pm 0,5$	$1,85 \pm 0,05$	$5,0 \pm 0,5$
$2,00 \pm 0,05$	$15,0 \pm 0,5$	$1,80 \pm 0,05$	$3,0 \pm 0,5$
$1,95 \pm 0,05$	$13,0 \pm 0,5$	$1,75 \pm 0,05$	$2,0 \pm 0,5$
$1,95 \pm 0,05$	$12,0 \pm 0,5$	$1,70 \pm 0,05$	$1,0 \pm 0,5$
$1,90 \pm 0,05$	$9,0 \pm 0,5$	-	-

Tabelle 4: Messwerte der Spannung und des Stroms für die orangefarbene Diode mit der Wellenlänge 635 nm

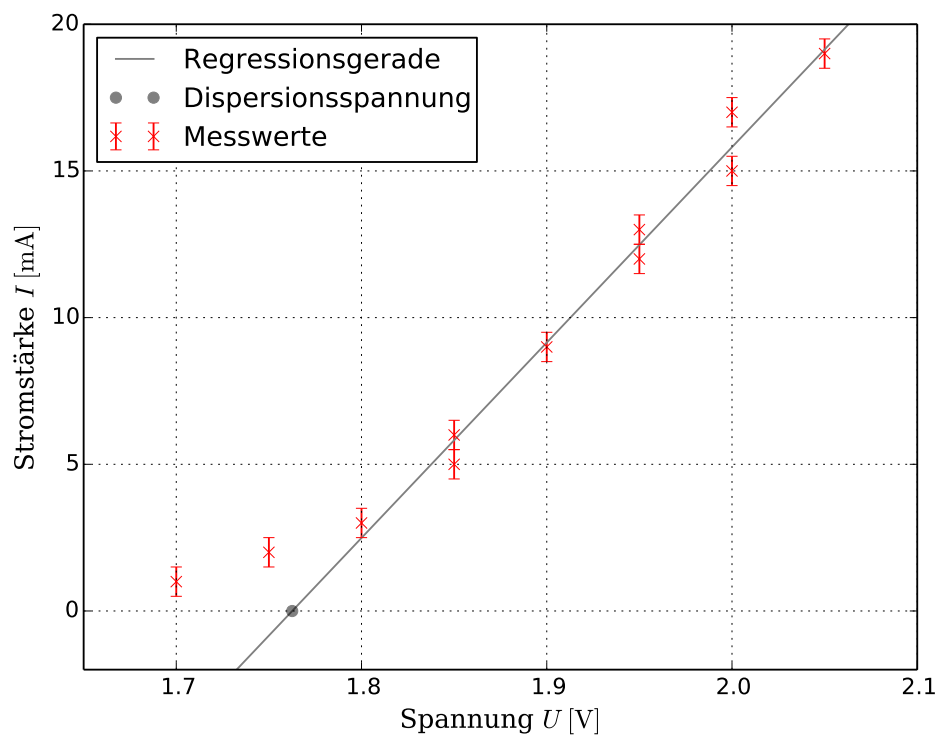


Abbildung 5: Grafische Darstellung der Messwerte für die I - U -Kennlinie der orangefarbenen Diode und der Bestimmung der Dispersionsspannung

Spannung U [V]	Strom I [A]	Spannung U [V]	Strom I [A]
$2,25 \pm 0,05$	$19,0 \pm 0,5$	$2,05 \pm 0,05$	$9,0 \pm 0,5$
$2,25 \pm 0,05$	$17,0 \pm 0,5$	$2,05 \pm 0,05$	$8,0 \pm 0,5$
$2,20 \pm 0,05$	$16,0 \pm 0,5$	$2,00 \pm 0,05$	$6,0 \pm 0,5$
$2,15 \pm 0,05$	$14,0 \pm 0,5$	$1,95 \pm 0,05$	$4,0 \pm 0,5$
$2,15 \pm 0,05$	$13,0 \pm 0,5$	$1,90 \pm 0,05$	$2,0 \pm 0,5$
$2,10 \pm 0,05$	$11,0 \pm 0,5$	$1,85 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,5$

Tabelle 5: Messwerte der Spannung und des Stroms für die roten Diode mit der Wellenlänge 657 nm

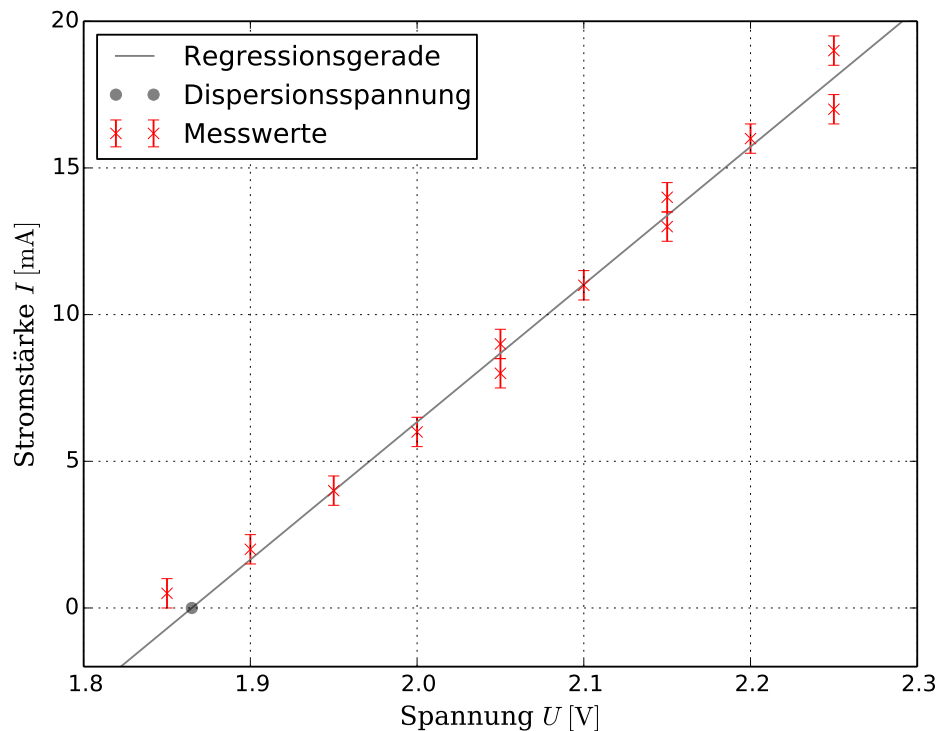


Abbildung 6: Grafische Darstellung der Messwerte für die I - U -Kennlinie der roten Diode und der Bestimmung der Dispersionsspannung

Wellenlänge λ [nm]	Frequenz f [PHz]	Steigung A [mA V ⁻¹]	y-Achsenabschnitt I_0 [mA]	Dispersionsspannung U_D [V]
465	0,645	28 ± 1	-110 ± 3	3,887
565	0,531	54 ± 3	-103 ± 6	1,898
585	0,512	67 ± 3	-121 ± 6	1,813
635	0,472	67 ± 3	-117 ± 6	1,763
657	0,456	47 ± 2	-88 ± 3	1,865

Tabelle 6: Regressionsparameter für die jeweils angegebenen Wellenlängen und Frequenzen

4.2 Bestimmung des Abhängigkeit der Dispersionsspannung von der Lichtfrequenz

Die Werte für die Dispersionsspannung U_D aus Tabelle 6 sind in Abbildung 7 gegen die Frequenzen des emittierten Lichtes der jeweiligen Diode aufgetragen.

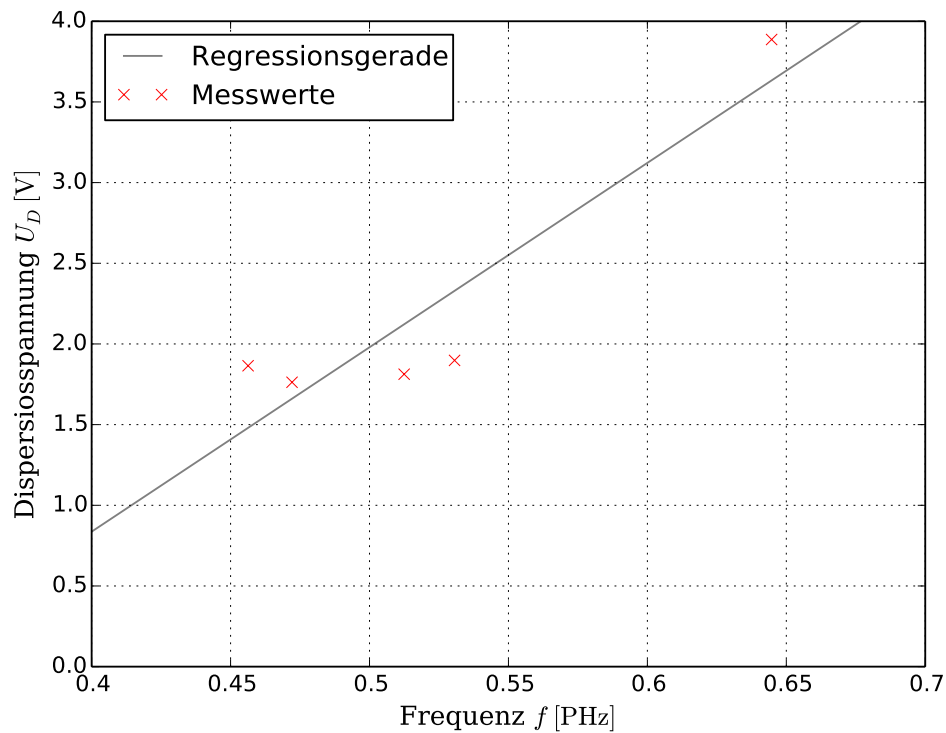


Abbildung 7: Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Dispersionspannung und der Frequenz einer Diode mit Regressionsgerade

Die lineare Regression wurde wiederum mit *SciPy* berechnet, wodurch sich die Parameter für den Ansatz

$$U(f) = B \cdot f + U_0 \quad (4)$$

$$B = (1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-14} \text{ V s} \quad (4a)$$

$$U_0 = (-4 \pm 2) \text{ V} \quad (4b)$$

ergeben. Der Theorie nach entspricht die Steigung dieser Geraden gerade dem Quotienten aus dem planckschen Wirkungsquantum h und der Elementarladung e_0 , sodass

$$\frac{h}{e_0} = B = (1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-14} \text{ V s} \quad (5)$$

gilt.

5 Diskussion

Im folgenden Abschnitt werden die in der Auswertung erhaltenen Ergebnisse noch einmal abschließend diskutiert und dabei auf ihre Plausibilität hin überprüft. Dabei wird auch Bezug auf den Versuchsaufbau und die -durchführung genommen.

Der erhaltene Wert für den Quotienten aus planckschem Wirkungsquantum und Elementarladung (5) weist mit einer relativen Abweichung von 180 % einen sehr großen Fehler zum Literaturwert $4,136 \cdot 10^{-15} \text{ V s}$ [2] auf. Dieser Fehler lässt sich durch die Genauigkeit der durchgeführten Messungen und den somit abweichenden Dispersionsspannungen begründen. Dies fällt wegen der geringen Größenordnung der Naturkonstante h/e_0 ins Gewicht, da so geringe Abweichungen der Messwerte für Strom und Spannung die in der Größenordnung 10^1 und 10^{-3} aufgenommen wurden, große Auswirkung auf kleinere Größenordnungen haben.

Literatur

- [1] Joachim Grehn , Joachim Krause. *Metzler Physik*. 4. Aufl. Bildungshaus Schulbuchverlage, 2007.
- [2] *SciPy*. URL: <http://docs.scipy.org/doc/> (besucht am 02.06.2014).