

v603

Compton-Effekt

Yanick Sebastian Kind
yanick.kind@udo.edu

Till Willershausen
till.willershausen@udo.edu

Abgabe: DATUM

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
2	Durchführung	3
3	Auswertung	3
3.1	Berechnung der Energien der Linien	3
3.2	Bestimmung der Transmission	4
3.3	Bestimmung der Compton-Wellenlänge	6
4	Diskussion	7
	Literatur	7

1 Theorie

[2]

2 Durchführung

3 Auswertung

Jegliche Fehlerrechnung wurde mit der python-Bibliothek uncertainties [5] absolviert. Allgemeine Rechnungen wurden mit der python-Bibliothek numpy [7] automatisiert. Die graphischen Unterstützungen wurden mit Hilfe der python-Bibliothek matplotlib [3] erstellt.

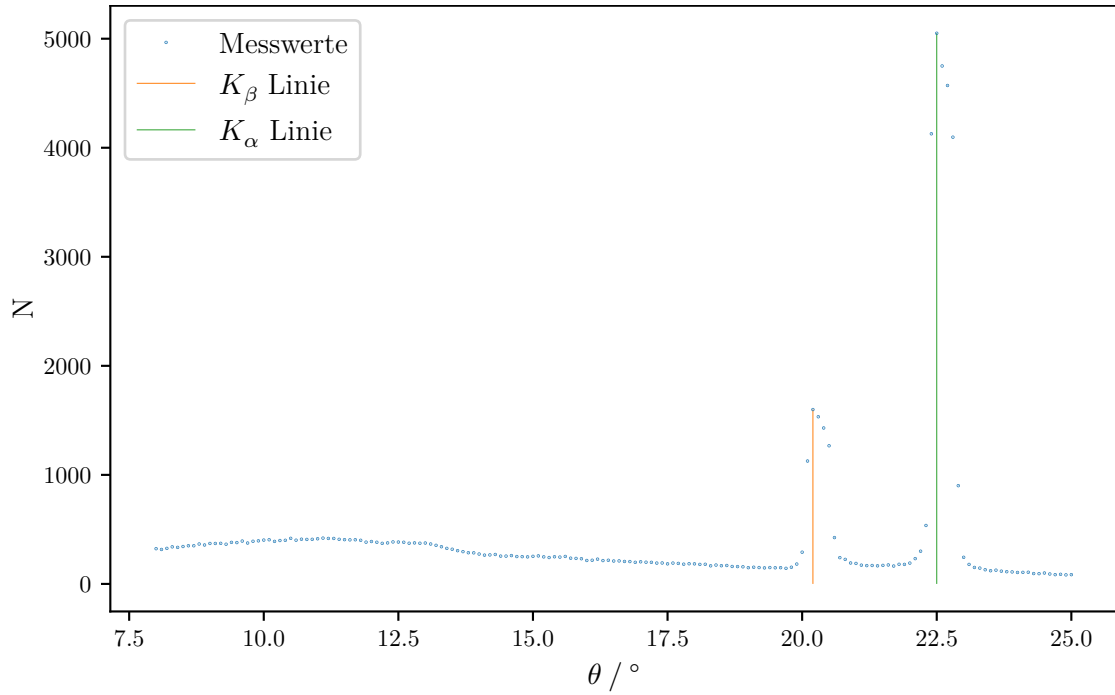
3.1 Berechnung der Energien der Linien

In der Abbildung 1 sind die gemessenen Impulse N gegen den Winkel θ aufgetragen. Aus dieser Graphik geht es hervor, dass die K_β Linie bei einem Winkel von $\theta_\beta = 20,2^\circ$ mit $N = 1599$ Impulsen liegt. Die K_α Linie liegt bei einem Winkel von $\theta_\alpha = 22,5^\circ$, wo $N = 5050$ Impulse gemessen wurden. Für die Energien wird die Gleichung *REFERENZ* benötigt. Mit der Beugungsordnung $n = 1$, der Lichtgeschwindigkeit $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$ [6], dem Plank'schen Wirkungsquantum $h = 6,626 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$ [8] und einer Gitterkonstante des LiF-Kristalls von $d = 201,4\text{ pm}$ ergeben sich die Energien der Linien zu

$$E_\beta = 8,92\text{ keV}$$

$$E_\alpha = 8,04\text{ keV}$$

Abbildung 1: Emissionsspektrums der Kupfer Röntgenröhre.



3.2 Bestimmung der Transmission

In Der Tabelle 1 sind die gemessenen Zählraten ohne Aluminium-Absorber N_o und mit Aluminium-Absorber N_{Al} mit den daraus berechneten Transmissionen T in Abhängigkeit von dem Winkel θ aufgetragen. Bevor die Transmission mit $T = I_{Al}/I_o$ berechnet werden kann, müssen die Zählraten mit Hilfe von

$$I = \frac{N}{1 - \tau N} \quad (1)$$

korrigiert werden. Dabei ist τ die Totzeit des Geiger-Müller Zählrohrs mit $\tau = 90 \mu s$. Die in der Abbildung 2 eingezeichnete Regressionsgerade hat die Form

$$y = mx + b ,$$

wobei sich die Parameter zu

$$m = (1,519 \pm 0,024) \cdot 10^{10}$$

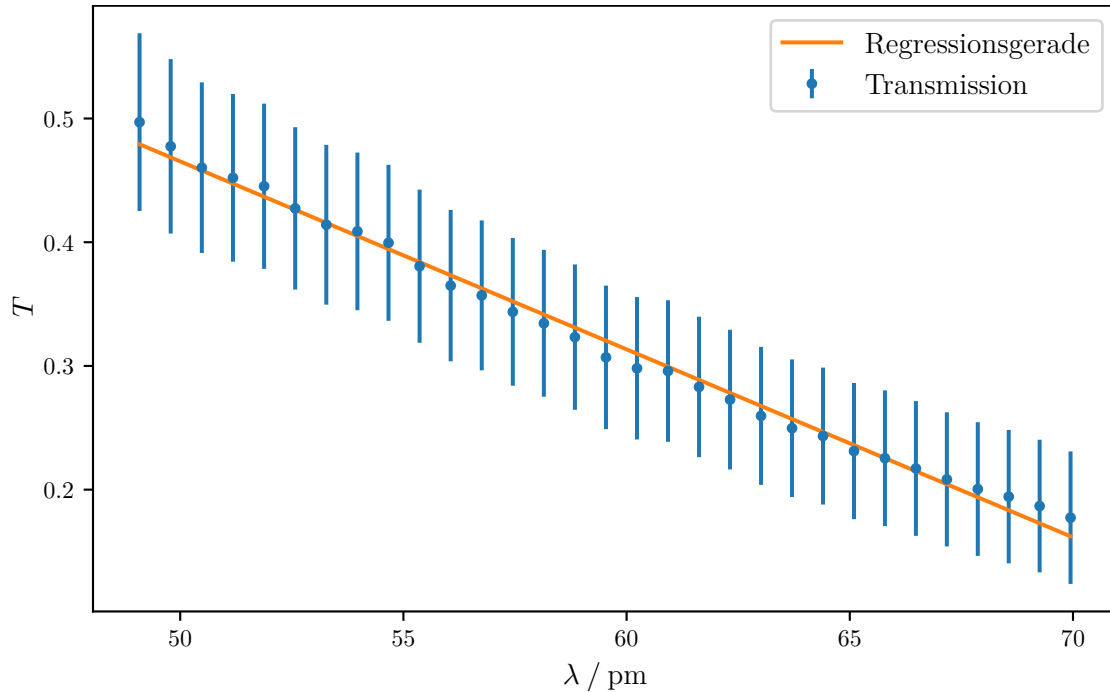
$$b = 1,225 \pm 0,014$$

ergeben.

Tabelle 1: Gemessene Impulsraten mit den dazugehörigen Transmissionen.

$\theta / ^\circ$	N_o	N_{Al}	T
7,0	226,0	113,5	$0,50 \pm 0,07$
7,1	232,0	112,0	$0,48 \pm 0,07$
7,2	240,5	112,0	$0,46 \pm 0,07$
7,3	248,0	113,5	$0,45 \pm 0,07$
7,4	255,0	115,0	$0,45 \pm 0,07$
7,5	262,0	113,5	$0,43 \pm 0,07$
7,6	269,0	113,0	$0,41 \pm 0,06$
7,7	276,0	114,5	$0,41 \pm 0,06$
7,8	281,0	114,0	$0,40 \pm 0,06$
7,9	289,5	112,0	$0,38 \pm 0,06$
8,0	295,0	109,5	$0,36 \pm 0,06$
8,1	300,0	109,0	$0,36 \pm 0,06$
8,2	308,5	108,0	$0,34 \pm 0,06$
8,3	311,0	106,0	$0,33 \pm 0,06$
8,4	317,0	104,5	$0,32 \pm 0,06$
8,5	324,0	101,5	$0,31 \pm 0,06$
8,6	328,5	100,0	$0,30 \pm 0,06$
8,7	332,5	100,5	$0,30 \pm 0,06$
8,8	337,0	97,5	$0,28 \pm 0,06$
8,9	340,5	95,0	$0,27 \pm 0,06$
9,0	348,0	92,5	$0,26 \pm 0,06$
9,1	350,0	89,5	$0,25 \pm 0,06$
9,2	353,0	88,0	$0,24 \pm 0,06$
9,3	356,5	84,5	$0,23 \pm 0,06$
9,4	359,0	83,0	$0,23 \pm 0,05$
9,5	363,5	81,0	$0,22 \pm 0,05$
9,6	367,0	78,5	$0,21 \pm 0,05$
9,7	369,0	76,0	$0,20 \pm 0,05$
9,8	370,5	74,0	$0,19 \pm 0,05$
9,9	375,0	72,0	$0,19 \pm 0,05$
10,0	375,5	68,5	$0,18 \pm 0,05$

Abbildung 2: Transmission in Abhängigkeit von der Wellenlänge.



3.3 Bestimmung der Compton-Wellenlänge

Zur Bestimmung der Compton-Wellenlänge wurden die Intensitäten

$$I_0 = 2731$$

$$I_1 = 1180$$

$$I_2 = 1024$$

gemessen. Hierbei ist keine Totzeitkorrektur(1) nötig, da die gemessenen Intensitäten und somit auch die Zählraten so gering sind, so dass $\tau N \ll 1$ gilt. Daraus ergeben sich Transmissionen von

$$T_1 = \frac{I_1}{I_0} = 0.43$$

$$T_2 = \frac{I_2}{I_0} = 0.37 .$$

Um nun die dazugehörige Wellenlänge bestimmen zu können, wird die Regressionsgerade aus Abschnitt 3.2 auf

$$x = \frac{y - b}{m}$$

umgestellt, wobei für y die eben berechneten Transmissionen T und für b bzw. m die Werte für die Parameter der Regressionsgerade eingesetzt werden. Daraus ergeben sich

Wellenlänge von

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= (52,19 \pm 1,25) \text{ pm} \\ \lambda_2 &= (55,95 \pm 1,29) \text{ pm} .\end{aligned}$$

Somit ergibt sich eine Compton-Wellenlänge von

$$\lambda_c = (3,76 \pm 0,06) \text{ pm} .$$

4 Diskussion

Die in dem Abschnitt 3.1 berechneten Werte für die Energien für die K_α und K_β Linien $E_{K_\alpha} = 8,04 \text{ eV}$ und $E_{K_\beta} = 8,92 \text{ eV}$ weichen von den Literaturwerten $E_{K_\alpha, \text{ Lit}} = 8,048 \text{ eV}$ [4] und $E_{K_\beta, \text{ Lit}} = 8,905 \text{ eV}$ [4] um

$$\begin{aligned}\eta_\alpha &= 0,1 \% \\ \eta_\beta &= 0,17 \%\end{aligned}$$

ab. Somit lässt sich sagen, dass die Energien mit einer hohen Genauigkeit bestimmt werden konnte.

Die Compton-Wellenlänge des Elektrons wurde zu $\lambda_c = (3,76 \pm 0,06) \text{ pm}$ bestimmt. Diese weicht von dem Literaturwert $\lambda_{c, \text{ Lit}} = 2,43 \text{ pm}$ [1] um

$$\eta_{\lambda_c} = 54,73 \%$$

ab. Die relativ hohe Abweichung könnte durch die Auslassung der Totzeitkorrektur(1) zu Stande gekommen sein. Andererseits könnte die Abweichung auch durch die lange Integrationszeit entstanden sein, da sich während der Messung der Impulse die Fehler aufsummieren könnten.

Literatur

- [1] *Compton-Wellenlänge*. 2021. URL: <https://www.chemie.de/lexikon/Compton-Wellenl%C3%A4nge.html> (besucht am 04.06.2021).
- [2] TU Dortmund. *Versuch zum Literaturverzeichnis*. 2014.
- [3] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.
- [4] National Physical Laboratory. *Absorption of photons*. URL: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2171854/mod_resource/content/1/X-ray%20absorption%20edges%2C%20characteristic%20X-ray%20lines.pdf (besucht am 04.06.2021).

- [5] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. Version 2.4.6.1. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [6] Martin Mißfeldt. *Wie schnell ist Lichtgeschwindigkeit?* 2021. URL: <https://www.lichtmikroskop.net/optik/lichtgeschwindigkeit.php> (besucht am 03.06.2021).
- [7] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.
- [8] *Plancksches Wirkungsquantum*. 2021. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Plancksches_Wirkungsquantum (besucht am 03.06.2021).