

V603

Compton-Effekt

Umut Aydinli
umut.aydinli@tu-dortmund.de

Muhammed-Sinan Demir
sinan.demir@tu-dortmund.de

Durchführung: 28.01.2022

Abgabe: 04.02.2022

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Theorie	3
2.1	Allgemeines zur Compton-Streuung	3
2.2	Das Erzeugen von Röntgenstrahlung	4
2.3	Bestimmung der Compton-Wellenlänge	4
2.4	Die Braggsche Reflexion	5
3	Vorbereitungsaufgabe	5
4	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	6
4.1	Aufnahme des Emissionsspektrums	6
4.2	Bestimmung der Wellenlängenabhängigen Transmissionsfunktion	7
4.3	Bestimmung der Compton-Wellenlänge	7
5	Auswertung	7
5.1	Das Emissionsspektrum de Cu-Röntgenröhre	7
5.2	Bestimmung Transmission und der dadurch folgenden Compton-Wellenlänge	9
6	Diskussion	13
	Literatur	14

1 Zielsetzung

Bei dem Versuch V603 wird mithilfe von Röntgenstrahlung die Compton-Wellenlänge eines Elektrons bestimmt werden.

2 Theorie

2.1 Allgemeines zur Compton-Streuung

Der Compton-Effekt ist ein Phänomen bei dem eine Verschiebung der Wellenlängen von Elektronen stattfindet, wenn diese gestreut werden. In diesem Versuch wird diese Compton-Wellenlänge durch eine sogenannte indirekte Methode bestimmt. Indirekt weil Röntgenstrahlen zur Hilfe benutzt werden. Diese Röntgenstrahlen werden auf beispielsweise auf ein Plexiglasquader gestreut, und durch das Transmissionsverhalten die Compton-Wellenlänge bestimmt. Wichtig hierbei ist, dass die Streuung der Röntgenstrahlen auf zwei verschiedene Weisen stattfinden kann, und zwar kohärent und inkohärent. Die kohärente Streuung, auch Compton-Effekt genannt, ist eine klassisch inelastische Streuung und die inkohärente Streuung eine elastische Frequenzverschobene Streuung. Bei dem Compton-Effekt wird ein Photon auf ein Elektron geschossen, wobei das Photon ein Teil seiner Energie an das Elektron abgibt, dadurch seine Wellenlänge zu einer längeren verschoben wird und um den Winkel θ verschoben wird. Die Berechnung der Verschiebung wird durch

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos(\theta)) \quad (1)$$

veranschaulicht. Der erste Teil mit $\frac{h}{m_e c}$ ist die Konstante λ_c , bzw. die Compton-Wellenlänge des Elektrons. Dabei fällt auf je kleiner die Energie des Photons ist, desto länger ist die Wellenlänge. Veranschaulicht wird der Compton-Effekt in Abbildung 1.

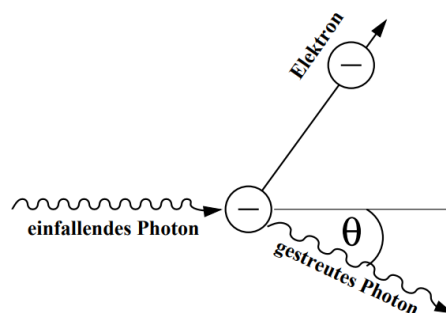


Abbildung 1: Der Compton-Effekt verbildlicht [1].

Die Wellenlängenverschiebung ist minimal bei $\theta = 0^\circ$, also $\Delta\lambda = 0$ und maximal bei 180° , also $\Delta\lambda = 2 \cdot \lambda_c$

2.2 Das Erzeugen von Röntgenstrahlung

Um Röntgenstrahlung zu erzeugen werden in einer evakuierten Röhre über eine Glühkathode, Elektronen ausgeschossen. Durch die anliegende Spannung zwischen Glühkathode und Anode wird das Elektron auf die Anode hin beschleunigt. Beim Auftreffen des Elektrons auf der Anode entsteht dann die Röntgenstrahlung. Dies setzt sich aus dem Bremspektrum und der charakteristischen Röntgenstrahlung des Anodenmaterials zusammen. Beim Auftreffen des Elektrons auf der Anode, wird es im Coulombfeld des Atoms abgebremst, wodurch ein Photon ausgesendet wird, mit der Energie die das Elektron im Abbremsvorgang verloren hat. Ebenfalls kann auch die gesamte kinetische Energie an das Photon abgegeben werden. Beide Vorgänge werden dem Bremspektrum zugeordnet und es handelt sich dabei um ein kontinuierliches Spektrum. Bei den Übergängen von Energieniveaus der Elektronenschalen entsteht die charakteristische Röntgenstrahlung. Durch Ionisierung des Anodenmaterials können Elektronen aus einer äußeren Schale in eine innere Schale zurückfallen, wenn es von einem Photon getroffen wird. Dadurch, dass die Energie des Photons gleich der Energiedifferenz der beiden Energieniveaus ist, besteht das charakteristische Spektrum aus scharfen Linien.

2.3 Bestimmung der Compton-Wellenlänge

Durch die Transmission und Absorption von Röntgenstrahlung durch Aluminium, kann die Compton-Wellenlänge gut bestimmt werden. Transmission hängt von der Wellenlänge ab und wird mit zunehmender Wellenlänge kleiner. Deswegen ist die Transmission der verschobenen Welle auch kleiner als die der einfallende Welle. Die Intensität der durch Materie absorbierten Photonen wird gemäß dem Delamber'schen Gesetz um

$$I = I_0 e^{-\mu d} \quad (2)$$

geschwächt. Der Parameter d steht dabei für die Dicke der Materie und das μ für den Absorptionskoeffizient. Der Absorptionskoeffizient setzt sich aus dem der Paarbildung, dem des Photoeffekts und dem des Comptoneffektes zusammen

$$\mu = \mu_{\text{Paar}} + \mu_{\text{Photo}} + \mu_{\text{Com}}.$$

2.4 Die Braggsche Reflexion

Eine Möglichkeit die Wellenlänge bzw die Energie der Röntgenstrahlung zu bestimmen, ist durch die Bragg'sche Reflexion. Bei der Bragg'schen Reflexion wird ein dreidimensionales Gitter betrachtet in welches Röntgenlicht einfällt. Dabei werden die Photonen an jedem Atom des Gitters gebeugt. Bei dem Glanzwinkel α kommt es zu konstruktiven Interferenz und dieser Winkel kann mit der Bragg'schen Bedingung bestimmt werden.

$$2d \sin(\alpha) = n \lambda. \quad (3)$$

Dabei steht n für den Beugungsgrad.

3 Vorbereitungsaufgabe

Als erste Vorbereitungsaufgabe für diesen Versuch sollen die Energien für Kupfer K_α und K_β Linien recherchiert werden, und dann die dazugehörige Wellenlänge und den Winkel α für eine LiF-Kristall ($d_{\text{LiF}} = 201.4 \text{ pm}$) mit $n = 1$ bestimmt werden. Danach sollen die dazugehörigen Compton-Wellenlängen berechnet werden.

Die Energien der K_α und K_β Linien sind: [2]

$$E_{K_\alpha} = 8010 \text{ eV}$$

$$E_{K_\beta} = 8862 \text{ eV}$$

durch die Formel für die Photonenenergie

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

lässt sich, nach Umstellung nach λ , die zugehörige Wellenlänge berechnen

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E}$$

$$\lambda_\alpha = 154.78 \text{ pm}$$

$$\lambda_\beta = 139.90 \text{ pm}.$$

Durch die Gleichung (3) folgt der Winkel

$$\alpha_\alpha = 23.12^\circ$$

$$\alpha_\beta = 20.98^\circ.$$

Die Compton-Wellenlänge wird mit

$$\lambda_c = \frac{h}{m_e c}$$

berechnet und ergibt

$$\lambda_c = (2.4263 \cdot 10^{-12}) \text{ m}.$$

4 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Der Aufbau des Versuchs, zu sehen in Abbildung 2, besteht aus einem Kupfer-Röntgenrohr, einem LiF-Kristall oder einem Plexiglas-Streuer und einem Geiger-Müller-Zählrohr. Gesteuert kann die Elektronik des Geräts Manuell oder digital über einem Computer werden. Bei der Steuerung über den Computer muss erst das Programm *measure* gestartet werden und unter dem Menüpunkt *Messgeräte*, *Röntgengerät* ausgewählt. Dort können dann die Feineinstellungen wie die *Messart*, der *Drehmodus*, den *Kristallwinkel* und die Integrationszeit vorgenommen werden. Wenn die Röntgenröhre manuell bedient werden soll, wird zunächst das *RS232-Kabel* abgezogen und das Gerät auf manuell umgestellt. Danach wird über den Einstellknopf *neun* der Kristallwinkel oder die Messzeit eingestellt und mit *Enter* bestätigt. Auf der oberen Anzeigeleiste werden die gemessenen Zählraten letztendlich angezeigt. Die Beschleunigungsspannung beläuft sich bei diesem Versuch auf 35 kV mit einem dazugehörigen Emissionsstrom von 1 mA.

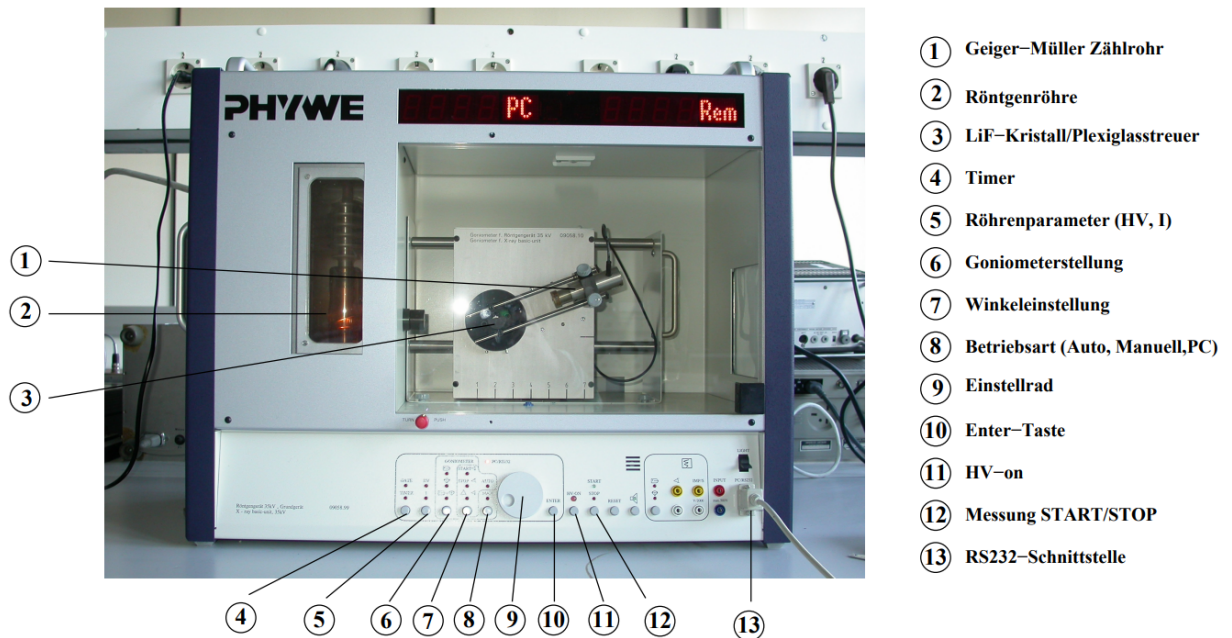


Abbildung 2: Die Abbildung einer Röntgenröhre [1].

4.1 Aufnahme des Emissionsspektrums

Um das Emissionsspektrums aufzunehmen, wird der LiF-Kristall in die Halterung der Röntgenröhre gesteckt und eine 2 mm Blende verwendet. Dabei wird die Integrationszeit auf $t = 10\text{s}$ gesetzt und in einem Winkelbereich von $8^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ$ in $\Delta\lambda = 0.1^\circ$ Schritten gemessen.

4.2 Bestimmung der Wellenlängenabhängigen Transmissionsfunktion

Als Nächstes wird die Zählrate der Röntgenstrahlung mit (N_{Al}) und ohne (N_0) Aluminium-Absorber auf $t = 200$ s gestellt. Hierbei geht der gemessene Winkelbereich von $8^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ$ in $\Delta\lambda = 0.1^\circ$ Schritten gemessen. Der Aluminium-Absorber wird dabei vor die 2 mm Blende gesetzt. Die Totzeitkorrektur der aufgenommenen Zählrate des Geiger-Müller-Zählrohrs beträgt hierbei $\eta = 90 \mu\text{s}$, wodurch sich im nachfolgenden die Wellenlängenabhängige Funktion der Transmission $T(\lambda)$ aufstellen lässt.

4.3 Bestimmung der Compton-Wellenlänge

Bei der Compton-Wellenlängen Bestimmung wird die 2 mm Blende durch eine 5 mm ersetzt und der LiF-Kristall durch ein Plexiglasstreuer ersetzt. Die vorher automatische Messung wird auf die manuelle Steuerung gewechselt und der Kristall in einem 45° und 90° Winkel auf das Geiger-Müller-Zählrohr gestellt und die Intensität I_0 der Kupferröhre gemessen. Um dann die Compton-Wellenlänge zu bestimmen, werden zwei unabhängige Messungen durchgeführt. Dabei beträgt die Integrationszeit $t = 300$ s. Für die Bestimmung der Transmission T_1 , also die nicht gestreuten Röntgenstrahlen, bestimmt. Danach wird der Aluminium-Absorber in den Strahlengang zwischen Streukörper und Geiger-Müller-Zählrohr platziert und die Transmission T_2 bestimmt. Diese Messungen werden fünf mal wiederholt.

5 Auswertung

5.1 Das Emissionsspektrum de Cu-Röntgenröhre

Im Folgenden wird das Kupfermissionsspektrum analysiert. Dazu wird ein Diagramm, Abbildung 3 erstellt, die aus den Wertepaaren der Tabelle 1 bestehen. Die Integrationszeit pro Winkel liegt bei $t = 10$ s und wird in 0.1° Schritten gemessen.

Tabelle 1: Wertepaare des Kupferemissionsspektrums

$\theta / ^\circ$	N	$\theta / ^\circ$	N	$\theta / ^\circ$	N	$\theta / ^\circ$	N
11.8	400.0	15.8	234.0	19.9	182.0	24.0	105.0
11.9	383.0	15.9	231.0	20.0	291.0	24.1	106.0
12.0	389.0	16.0	215.0	20.1	1127.0	24.2	107.0
12.1	382.0	16.1	217.0	20.2	1599.0	24.3	95.0
12.2	372.0	16.2	227.0	20.3	1533.0	24.4	94.0
12.3	376.0	16.3	214.0	20.4	1430.0	24.5	100.0
12.4	385.0	16.4	217.0	20.5	1267.0	24.6	91.0
12.5	384.0	16.5	210.0	20.6	425.0	24.7	85.0
12.6	382.0	16.6	211.0	20.7	241.0	24.8	88.0
12.7	373.0	16.7	206.0	20.8	225.0	24.9	83.0
12.8	376.0	16.8	205.0	20.9	192.0	25.0	85.0
12.9	373.0	16.9	198.0	21.0	188.0		
13.0	375.0	17.0	203.0	21.1	172.0		
13.1	366.0	17.1	199.0	21.2	168.0		
13.2	354.0	17.2	198.0	21.3	169.0		
13.3	341.0	17.3	191.0	21.4	166.0		
13.4	326.0	17.4	192.0	21.5	170.0		
13.5	318.0	17.5	184.0	21.6	174.0		
13.6	305.0	17.6	191.0	21.7	164.0		
13.7	296.0	17.7	188.0	21.8	180.0		
13.8	286.0	17.8	181.0	21.9	179.0		
13.9	285.0	17.9	185.0	22.0	191.0		
14.0	274.0	18.0	184.0	22.1	232.0		
14.1	264.0	18.1	179.0	22.2	300.0		
14.2	266.0	18.2	180.0	22.3	536.0		
14.3	270.0	18.3	166.0	22.4	4128.0		
14.4	255.0	18.4	173.0	22.5	5050.0		
14.5	255.0	18.5	167.0	22.6	4750.0		
14.6	260.0	18.6	169.0	22.7	4571.0		
14.7	251.0	18.7	160.0	22.8	4097.0		
14.8	250.0	18.8	159.0	22.9	901.0		
14.9	248.0	18.9	157.0	23.0	244.0		
15.0	253.0	19.0	149.0	23.1	179.0		
15.1	257.0	19.1	153.0	23.2	151.0		
15.2	248.0	19.2	150.0	23.3	145.0		
15.2	248.0	19.3	147.0	23.4	130.0		
15.3	242.0	19.4	150.0	23.5	121.0		
15.4	249.0	19.5	148.0	23.6	126.0		
15.5	246.0	19.6	149.0	23.7	117.0		
15.6	252.0	19.7	143.0	23.8	112.0		
15.7	236.0	19.8	153.0	23.9	110.0		

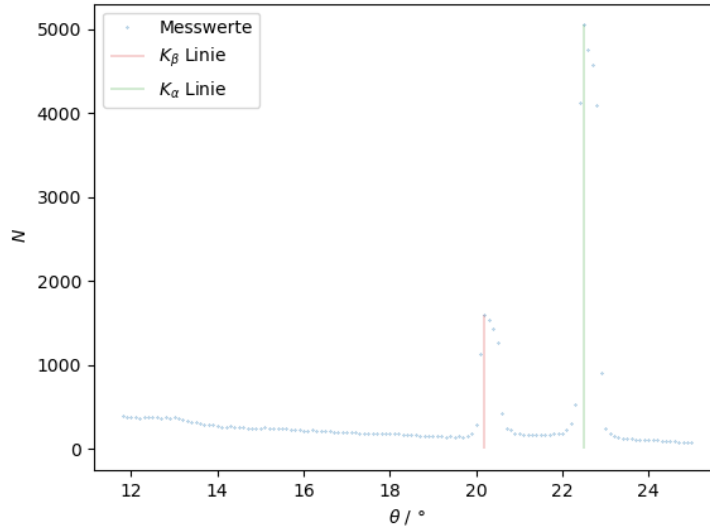


Abbildung 3: Die Abbildung des Kupferemissionsspektrums.

Die charakteristische Strahlung der K_α und K_β Linie sind bei $\theta = 22.5^\circ$ sowie $\theta = 20.2^\circ$ sichtbar. Die jeweiligen Energien werden durch die Formel

$$E = \frac{h \cdot c}{2 \cdot d \cdot \sin \theta} \quad (4)$$

berechnet. Dabei wird der Ablesefehler des Winkels auf $\Delta\theta = 0.1^\circ = 0.0017 \text{ rad}$ geschätzt. Daraus folgt für die Energien

$$E_{K_\alpha} = (7945.06 \pm 19.43) \text{ eV}$$

$$E_{K_\beta} = (8805.26 \pm 24.24) \text{ eV}.$$

5.2 Bestimmung Transmission und der dadurch folgenden Compton-Wellenlänge

Im zweiten Teil wurde die Zählrate der Röntgenstrahlung mit Aluminium-Absorber (N_{Al}) und ohne Aluminium-Absorber (N_0) in $\Delta\alpha = 0.1^\circ$ Schnitten gemessen. Die Integrationszeit pro Winkel beträgt dabei $t = 200 \text{ s}$. Die Anzahl der Röntgenquanten ergibt sich durch $N = N \cdot \Delta t$ sowie die Messunsicherheit $\Delta N = \sqrt{N}$.

Tabelle 2: Messdaten der Röntgenröhre mit und ohne Aluminiumabsorber

$\alpha / ^\circ$	λ / pm	$N_0 / \frac{\text{Imp}}{s}$	N_0^*	ΔN_0^*	$N_{\text{Al}} / \frac{\text{Imp}}{s}$	N_{Al}^*	ΔN_{Al}^*
7.0	49	226.0	45200	212.60	113.5	22700	150.67
7.1	50	232.0	46400	215.41	112.0	22400	149.67
7.2	50	240.5	48100	219.32	112.0	22400	149.67
7.3	51	248.0	49600	222.71	113.5	22700	150.67
7.4	52	255.0	51000	225.83	115.0	23000	151.66
7.5	53	262.0	52400	228.91	113.5	22700	150.67
7.6	53	269.0	53800	231.95	113.0	22600	150.33
7.7	54	276.0	55200	234.95	114.5	22900	151.33
7.8	55	281.0	56200	237.07	114.0	22800	151.00
7.9	55	289.0	57900	240.62	112.0	22400	149.67
8.0	56	295.0	59000	242.90	109.5	21900	147.99
8.1	57	300.0	60000	244.95	109.0	21800	147.65
8.2	57	308.5	61700	248.39	108.0	21600	146.97
8.3	58	311.0	62200	249.40	106.0	21200	145.60
8.4	59	317.0	63400	251.79	104.5	20900	144.57
8.5	60	324.0	64800	254.56	101.5	20300	142.48
8.6	60	328.5	65700	256.32	100.0	20000	141.42
8.7	61	332.5	66500	257.88	100.5	20100	141.77
8.8	62	337.0	67400	259.62	97.5	19500	139.64
8.9	62	340.5	68100	260.96	95.0	19000	137.84
9.0	63	348.0	69600	263.82	95.5	18500	136.01
9.1	64	350.0	70000	264.58	89.5	17900	133.79
9.2	64	353.0	70600	265.71	88.0	17600	132.66
9.3	65	356.5	71300	267.02	84.5	16900	130.00
9.4	66	359.0	71800	267.96	83.0	16900	128.84
9.5	66	363.5	72700	269.63	81.0	16200	127.28
9.6	67	367.0	73400	270.92	78.5	15700	125.30
9.7	68	369.0	73800	271.66	76.0	15200	123.29
9.8	69	370.5	74100	272.21	74.0	14800	121.66
9.9	69	375.0	75000	273.86	72.0	14400	120.00
10.0	70	375.5	75100	274.04	68.5	13700	117.05

Zudem wird eine Totzeitkorrektur nach der Gleichung [...] vorgenommen, unter der Beachtung von einer Totzeit von $\eta = 90 \mu\text{s}$. Dazu wird die Zählrate I und die Transmission T , welche sich durch $T = \frac{I_{\text{Al}}}{I_0}$ berechnen lässt, tabellarisch eingetragen und eine lineare Regression durchgeführt. Der Fehler der Transmission berechnet sich durch:

$$\Delta T = \sqrt{\frac{1}{I_0^2} (\Delta I_{\text{Al}})^2 + \left(-\frac{I_{\text{Al}}}{I_0^2}\right)^2 \cdot (\Delta I_0)^2}$$

Tabelle 3

$\alpha / ^\circ$	λ / pm	$I_0 / \frac{\text{Imp}}{\text{s}}$	ΔI_0	$I_{\text{Al}} / \frac{\text{Imp}}{\text{s}}$	ΔI_{Al}	T	ΔT
7.0	49	230.69	114.67	15.66	10.87	0.50	0.06
7.1	50	236.96	113.14	15.89	10.80	0.48	0.60
7.2	50	245.82	113.14	16.20	10.80	0.46	0.05
7.3	51	253.66	114.67	16.48	10.87	0.45	0.05
7.4	52	260.99	116.20	16.73	10.95	0.45	0.05
7.5	53	268.33	114.67	16.98	10.87	0.43	0.05
7.6	53	275.67	114.16	17.23	10.85	0.41	0.05
7.7	54	283.03	115.69	17.47	10.92	0.41	0.05
7.8	55	288.29	115.18	17.64	10.90	0.40	0.05
7.9	55	297.24	113.14	17.94	10.80	0.38	0.04
8.0	56	303.05	110.59	18.13	10.67	0.36	0.04
8.1	57	308.32	110.08	18.30	10.65	0.36	0.04
8.2	57	317.31	109.06	18.58	10.60	0.34	0.04
8.3	58	319.96	107.02	18.67	10.49	0.33	0.04
8.4	59	326.31	105.49	18.87	10.42	0.32	0.04
8.5	60	333.73	102.44	19.10	10.26	0.31	0.04
8.6	60	338.51	100.91	19.25	10.18	0.30	0.03
8.7	61	342.76	101.42	19.38	10.21	0.30	0.03
8.8	62	347.54	98.36	19.52	10.05	0.28	0.03
8.9	62	351.26	95.82	19.64	9.92	0.27	0.03
9.0	63	359.25	93.28	19.88	9.78	0.26	0.03
9.1	64	361.38	90.23	19.95	9.61	0.25	0.03
9.2	64	364.58	88.70	20.04	9.53	0.24	0.03
9.3	65	368.32	85.15	20.15	9.33	0.23	0.03
9.4	66	370.99	83.62	20.23	9.25	0.23	0.03
9.5	66	375.99	81.59	20.38	9.13	0.22	0.03
9.6	67	379.54	79.06	20.49	8.99	0.21	0.03
9.7	68	381.68	76.52	20.55	8.84	0.20	0.03
9.8	69	383.28	74.50	20.60	8.72	0.19	0.03
9.9	69	388.10	72.47	20.74	8.60	0.19	0.02
10.0	70	388.63	68.92	20.76	8.38	0.18	0.02

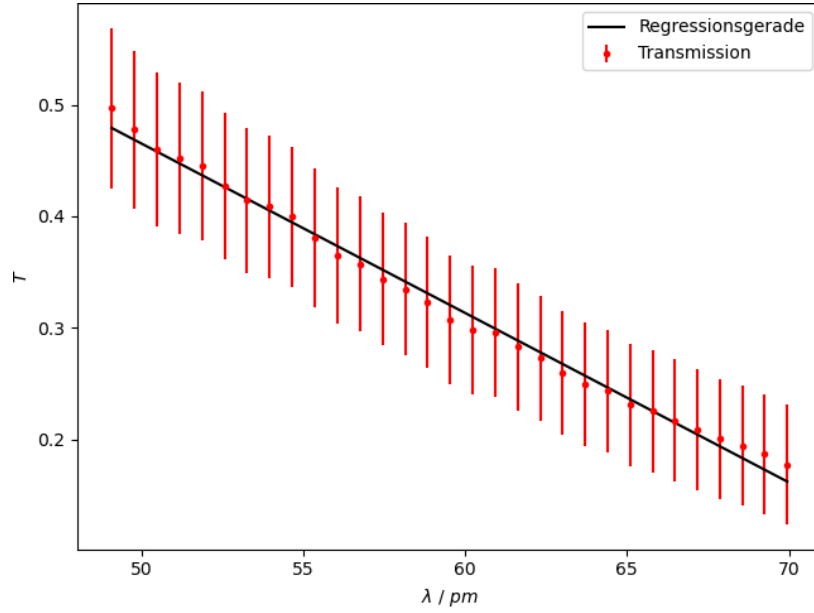


Abbildung 4: Lineare Regression der Transmission in Abhängigkeit der Wellenlänge.

Die folgende Ausgleichsgerade liefert die Parameter in Form der Funktion $T(\lambda) = m \cdot \lambda + b$

$$m = (-0.0151 \pm 0.0003) \frac{1}{\text{pm}}$$

$$b = (1.22 \pm 0.02) .$$

Somit erhält man für die Ausgleichsgerade die Form

$$T(\lambda) = -0.015 \frac{1}{\text{pm}} \cdot \lambda + 1.221 . \quad (5)$$

Um die Compton-Wellenlänge zu bestimmen, muss zunächst die Transmission $T_1 = \frac{I_1}{I_0}$ der ungestreuten Röntgenstrahlung, sowie die gestreuten Röntgenstrahlung $T_2 = \frac{I_2}{I_0}$ bestimmt werden. Die Totzeit beträgt hierbei nur $\tau = 90 \mu\text{s}$ und eine Totzeitkorrektur ist nicht nötig, da die Impulse nicht viel sind und in der Zeit weitere Impuls nicht viel sind und in der Zeit keine weiteren Impulse identifiziert werden. Die Integrationszeit beträgt $t = 300 \text{ s}$. Die dabei gemessene Impulse lauten

$$I_0 = 2731 \text{ Impulse}$$

$$I_1 = 1180 \text{ Impulse}$$

$$I_2 = 1024 \text{ Impulse}$$

Somit folgt für die Transmissionen

$$\begin{aligned} T_1 &= (0.432 \pm 0.004) \\ T_2 &= (0.374 \pm 0.003) . \end{aligned}$$

Anschließend werden die Wellenlängen λ_2 und λ_1 bestimmt, indem die Transmission in die Ausgleichsfunktion (5) eingesetzt und nach der Wellenlänge λ umgeformt wird:

$$\lambda_i = \frac{T_i - A}{B}$$

Die Compton Wellenlänge setzt sich aus der Differenz der beiden Wellenlänge λ_2 und λ_1 . Daraus ergibt

$$\lambda_c = (3.775 \pm 0.082) \text{ pm} .$$

6 Diskussion

Beim Vergleich der folgenden Energien der K_α und K_β Linien mit den jeweiligen Literaturwerten [2], stellt sich eine relative Abweichung von

$$E_{K_\alpha, \text{theo}} = 8010 \text{ eV} \quad E_{K_\alpha, \text{exp}} = (7945.06 \pm 19.43) \text{ eV}$$

$$\rightarrow \text{Abweichung} = 0.8\%$$

$$E_{K_\beta, \text{theo}} = 8862 \text{ eV} \quad E_{K_\beta, \text{exp}} = (8805.26 \pm 24.24) \text{ eV}$$

$$\rightarrow \text{Abweichung} = 0.6\%$$

dar. Die relative Abweichung ist sehr niedrig, was dazu führt, dass die experimentell bestimmten Energien sehr nah an den Literaturwerten liegen. Das Ergebnis war zu erwarten, da 170 Messpaare aufgenommen werden, die das Ergebnis genauer eingrenzen. Durch die sehr kleine Abweichung befinden sich die Ergebnisse im Toleranzbereich und der Versuch ist somit gut einsetzbar für die Bestimmung der Energien.

Die experimentell bestimmte Comptonwellenlänge verglichen mit dem Literaturwert [3], liefert folgende Abweichung:

$$\lambda_{exp} = (3.77 \pm 0.082) \text{ pm} \quad \lambda_{theo} = (2.43) \text{ pm}$$

$$\rightarrow \text{Abweichung} = 55.14\% .$$

Die Abweichung beträgt knapp über die Hälfte und befindet sich nicht im Fehlerbereich. Mögliche Fehlerquellen wäre eine falsche Einstellung der Messgeräte oder die falsche Kalibrierung der Röntgenröhre. Es ist zu beachten, dass der Versuch nicht selbstständig durchgeführt wurde und der Verdacht eher auf den Versuchsaufbau für den Fehler liegt.

Auf die Frage, warum der Compton-Effekt nicht im sichtbaren Bereich des Spektrums auftreten kann, lässt sich sagen, dass die Skala für den Menschen sichtbare Bereich höher ist (400 nm – 700 nm). Die maximale Wellenlängenverschiebung erfolgt bei $\theta = 180^\circ$, die sich durch die Formel $\Delta\lambda = 2 \cdot \lambda_c$ berechnen lässt. Trotz der maximalen Größe von $\Delta\lambda = 2 \cdot \lambda_c = (4,86) \text{ pm}$ ist sie nicht im sichtbaren Bereich. Die Compton-Wellenlänge ist somit mehrere Größenordnungen zu klein.

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Compton-Effekt*. 2022. URL: <https://moodle.tu-dortmund.de/mod/folder/view.php?id=1089071> (besucht am 21.01.2022).
- [2] PHYWE. *Charakteristische Röntgenstrahlung von Kupfer*. 2022. URL: http://www.phywe-ru.com/index.php/fuseaction/download/lrn_file/versuchsanleitungen/P2540101/d/p2540101d.pdf (besucht am 30.01.2022).
- [3] unkown. *3.2 Compton-Effekt*. 2022. URL: <http://www.ieap.uni-kiel.de/surface/ag-berndt/lehre/aprakt/teil-1/compton.pdf> (besucht am 30.01.2022).