

V16

Rutherford Streuexperiment

Marius Hötting
Marius.Hoetting@udo.edu

Hubertus Kaiser
Hubertus.Kaiser@udo.edu

Durchführung: 04.02.2019

Abgabe: 14.03.2019

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
1.1	Zielsetzung	3
1.2	Aktivität	3
1.3	Wechselwirkung mit Materie	3
2	Fehlerrechnung	4
3	Versuchsaufbau	5
4	Durchführung	6
5	Vorbereitung	7
6	Auswertung	9
6.1	Verstärkung durch den Amplifier	9
6.2	Aktivität	9
6.3	Foliendicke	10
6.4	Differentieller Wirkungsquerschnitt	12
6.5	Mehrfachstreuung	12
6.6	Ordnungzahl-Abhängigkeit	13
7	Diskussion	15
7.1	Aktivität	15
7.2	Foliendicke	15
7.3	Differentieller Wirkungsquerschnitt	15
7.4	Mehrfachstreuung	15
7.5	Z-Abhängigkeit	16
	Literatur	17

1 Theorie

1.1 Zielsetzung

Ziel des Versuchs ist es, die Streuung von α -Teilchen, in Abhängigkeit des Winkels und der Ordnungszahl, an einer dünnen Goldfolie zu untersuchen.

1.2 Aktivität

Die Aktivität A beschreibt die Anzahl der Kernzerfällen eines aktiven Mediums pro Zeitintervall. Diese nimmt im Laufe der Zeit exponentiell ab und wird durch die Zerfallskonstante λ charakterisiert. Die Aktivität kann wie folgt bestimmt werden:

$$A(t) = \frac{dN(t)}{dt} = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

1.3 Wechselwirkung mit Materie

Die Wechselwirkung von α -Teilchen mit Materie wird maßgeblich durch die Wechselwirkung des α -Teilchens mit einem Hüllenelektron oder den Kern gekennzeichnet. Der Energieverlust des Teilchens kann durch die Bethe-Bloch Formel beschrieben werden. Die allgemeine Bethe-Bloch Formel

$$\left\langle \frac{dE}{dx} \right\rangle = \frac{4\pi}{m_e c^2} \cdot \frac{n z^2 Z N}{\beta^2} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \cdot \ln \left(\frac{2m_e c^2 \beta^2}{I \cdot (1 - \beta^2)} \right) - \beta^2 \quad (1)$$

gibt den Energieverlust pro Strecke für relativistisch Teilchen an. Wobei $\beta = v/c$, v die momentane Geschwindigkeit des Teilchens, c die Lichtgeschwindigkeit, z die Ladungszahl des Teilchens, n die Elektronendichte des Teilchens und I die mittlere Anregungsenergie des Materials beschreibt. Für niedrige Energien der Teilchen, bzw. kleine Teilchengeschwindigkeiten, geht $\beta = v/c \rightarrow 0$ und die Bethe-Bloch Formel lässt sich reduzieren auf

$$\left\langle \frac{dE}{dx} \right\rangle = \frac{4\pi n z^2 Z N}{m_e v^2} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \cdot \ln \left(\frac{2m_e v^2}{I} \right) . \quad (2)$$

Die Wechselwirkung des α -Teilchens mit einem Hüllenelektron hat keine großen Winkelabweichungen zufolge und ist nicht messbar. Bei Wechselwirkungen von α -Teilchen den Atomkernen kommt es jedoch zu großen Winkeländerungen. Die verursachte Streuung lässt sich mittels der Rutherford'schen Streuformel beschreiben. Diese bestimmt den differentiellen Wirkungsquerschnitt in Abhängigkeit der Ordnungszahl Z , der Energie der α -Teilchen E_α und des Streuwinkels θ .

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta) = \frac{1}{(4\pi\epsilon_0)^2} \left(\frac{z Z e^2}{4E_\alpha} \right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}} \quad (3)$$

2 Fehlerrechnung

Dieses Kapitel listet kurz und bündig die benötigten und aus den Methoden der Statistik bekannten Formeln für die Fehlerrechnung auf. Die Schätzung der Standardabweichung ist

$$\Delta X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} . \quad (4)$$

Der Mittelwert ist

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (5)$$

Der Fehler des Mittelwertes ist

$$\Delta \bar{X} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} . \quad (6)$$

Für fehlerbehaftete Größen, die auch in folgenden Formeln verwendet werden, muss die Fehlerfortpflanzung nach Gauß berücksichtigt werden.

$$\Delta f = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \right)^2 \cdot (\Delta X_i)^2} \quad (7)$$

Bei der linearen Regressionsrechnung sind die Parameter m und b der Ausgleichsgerade $y = mx + b$ wie folgt gegeben:

$$m = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad b = \bar{y} - m\bar{x} . \quad (8)$$

Dabei sind x_i und y_i linear abhängige Messgrößen. Der Fehler dieser Parameter wiederum errechnet sich aus

$$\sigma_m^2 = \frac{\sigma^2}{n(\overline{x^2} - \bar{x}^2)} \quad \sigma_b^2 = \frac{\sigma^2 \bar{x}^2}{n(\overline{x^2} - \bar{x}^2)} . \quad (9)$$

Relative Abweichungen einer Messgröße x gegenüber Literaturwerten x_{Lit} werden nach der Vorschrift

$$R_x = \frac{x - x_{\text{Lit}}}{x_{\text{Lit}}} \quad (10)$$

berechnet.

3 Versuchsaufbau

In Abbildung 1 ist eine schematische Skizze des Aufbaus dargestellt. Die für den Versuch verwendete Quelle ist ein ^{241}Am -Präparat. Zwischen Quelle und Gold-Folie befindet sich ein Kollimator zur Bündelung des Teilchenstrahls. Als Detektor wird ein Halbleiterdetektor (Surface-Barrier Detektor) verwendet, welcher die gestreuten α -Teilchen detektiert. Um im späteren Verlauf winkelabhängige Messungen vornehmen zu können, ist der Detektor im Aufbau drehbar gelagert. Außerhalb des Messaufbaus kann der Winkel nach einer vorherigen Justage an einer Apparatur während des Messvorgangs variiert werden. Aufgrund der geringen Reichweite der

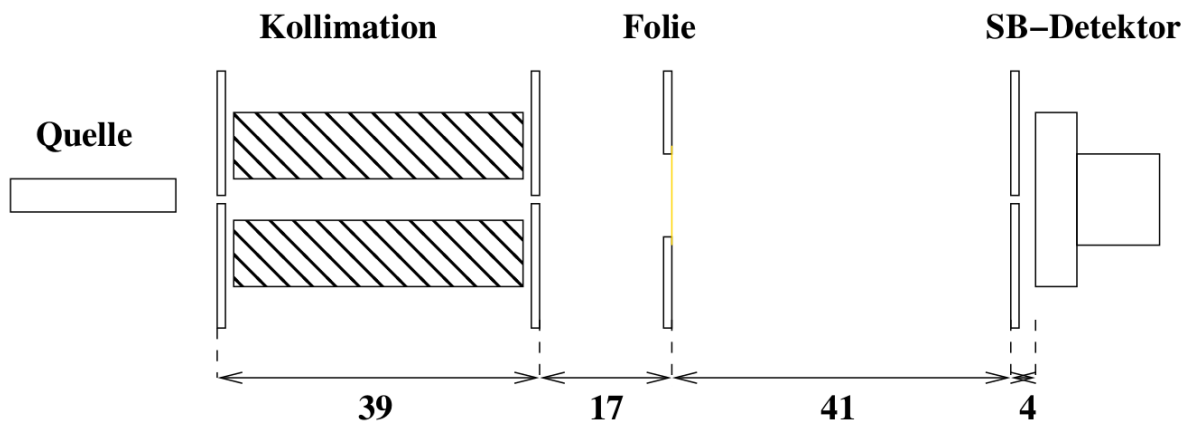


Abbildung 1: Schematischer Versuchsaufbau. Alle Abmessungen sind in der Einheit mm angegeben.[5]

α -Teilchen befindet sich die ganze Apparatur im Vakuum. Zur Auslese des Detektors wird ein Verstärker und ein Speicheroszilloskop verwendet.

4 Durchführung

- Die Vakuumpumpe wird zur Evakuation eingeschaltet und eine Spannung von $U_{\text{det}} = 12 \text{ V}$ am Detektor eingestellt.
- Die elektronischen Pulse, die durch den Einfall von α -Teilchen verursacht werden, werden nach jeder elektronischen Komponente dokumentiert.
- Um die Foliendicke experimentell zu bestimmen, wird die Pulshöhe in Abhängigkeit des Kammerdrucks mit und ohne Goldfolie gemessen.
- Zur Bestimmung des differentiellen Wirkungsquerschnitts wird die Zählrate in Abhängigkeit des eingestellten Winkels zwischen Folie und Blende bestimmt.
- Der Einfluss der Mehrfachstreuung wird untersucht, in dem die Zählrate für zwei verschieden dicke Folien bei gleichem Winkel aufgenommen wird.
- Zur Bestimmung der Ordnungszahlabhängigkeit sind Messwerte zur Verfügung gestellt worden, da die benötigten Folie nicht zur Verfügung standen.

5 Vorbereitung

In diesem Versuch wird $^{241}_{95}\text{Am}$ als α -Quelle verwendet. Aufgrund des Massendefektes zwischen Mutter- und Tochterkern, besteht eine definierte Energie für das entstehende α -Teilchen. Bei der betrachteten Zerfallskette



entstehen somit α -Teilchen mit einer Energie von $E_\alpha = 5,486 \text{ MeV}$. Zur weiteren Überprüfung der Reichweite d dieser Teilchen an Luft, wird die Bethe-Formel 6.3 über alle auftretenden Energien integriert:

$$d = \int_0^{E_\alpha} \left(\frac{-dE}{dx} \right)^{-1} dE_\alpha = \frac{4\pi m_0 v^2 \epsilon_0^2}{e^4 z^2 Z N} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{2m_0 v^2}{I}\right)} \quad (12)$$

Mit den spezifischen Parametern nach [3]

$$m_0 = 6,645 \cdot 10^{-27} \text{ kg},$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_\alpha}{m_0}} = 16,3 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1},$$

$$z = 2,$$

$$Z = 7,$$

$$I = 14,53 \text{ eV und}$$

$$N = \frac{\rho}{M} = 5,37 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$$

ergibt sich eine Reichweite von $d = 4,3 \text{ cm}$. Hierfür wurde angenommen, dass die Luft sich lediglich aus Stickstoff zusammensetzt. Mit dem Ansatz eines idealen Gases, kann der Druck über die Zustandsgleichung

$$\rho_N = \frac{p}{R_N \cdot T} \quad (13)$$

beschrieben werden. Somit ist die Teilchenzahldichte N druckabhängig, wodurch sich, eingesetzt in Gleichung 12, ebenfalls eine druckabhängige Reichweite der α -Teilchen ergibt (siehe Abbildung 2).

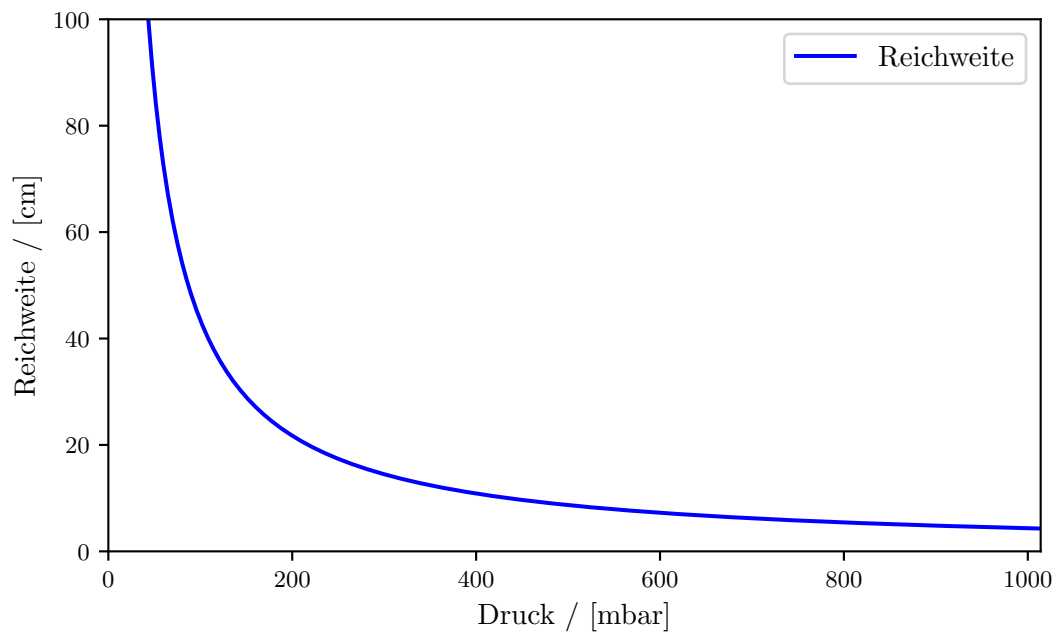


Abbildung 2: Druckabhängige Bethe-Bloch-Formel.

An der Abbildung ist zu erkennen, dass ab etwa einem Druck von 100 mbar die Teilchen nur noch minimal in ihrer Reichweite beschränkt werden.

6 Auswertung

Sämtliche im Folgenden durchgeführten Ausgleichsrechnungen werden mit der *curve fit* Funktion aus dem für *Python* geschriebenen package *NumPy*[1] durchgeführt. Fehlerrechnungen werden mit dem für *Python* geschriebenen package *Uncertainties*[2] ausgeführt.

6.1 Verstärkung durch den Amplifier

Die Pulshöhe des gemessenen Signals des Surface-Barrier-Detektors ist in Abbildung 3a zunächst ohne Verstärkung und in Abbildung 3b mit Verstärkung durch eine Amplifier dargestellt.

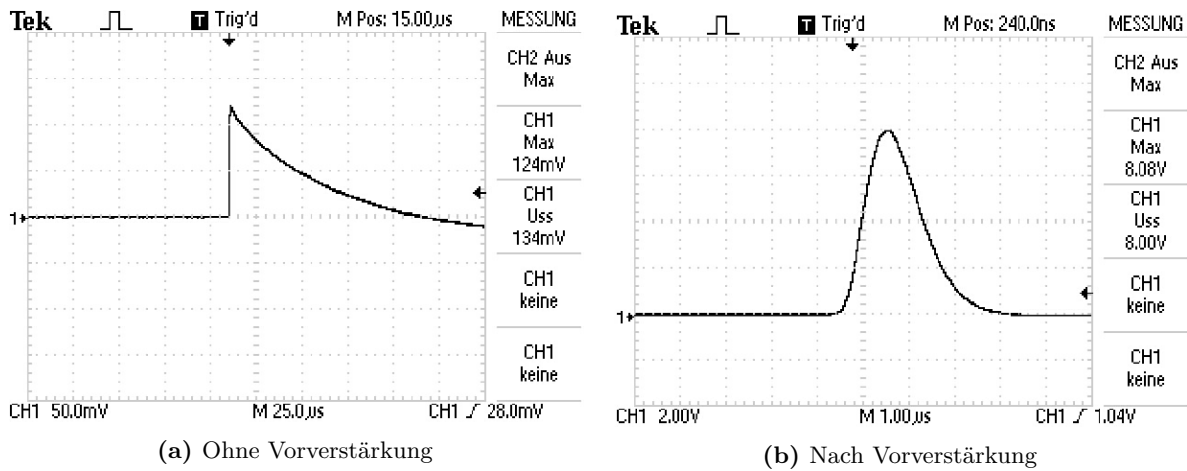


Abbildung 3: Messsignal vor und nach der Verstärkung.

Die aus den Abbildungen entnommenen Impulshöhen und Anstiegszeiten sind im Folgenden aufgelistet:

$$U_{\text{ohne}} = 120 \text{ mV} \quad (14)$$

$$U_{\text{mit}} = 8 \text{ V} \quad (15)$$

$$(16)$$

$$t_{\text{ohne}} = 1 \text{ µs} \quad (17)$$

$$t_{\text{mit}} = 1 \text{ µs} \quad (18)$$

Da diese Werte nur abgelesen worden sind, sind sie als Richtwert anstatt als Messergebnisse zu interpretieren. Jedoch kann abgeschätzt werden, dass der Amplifier eine Verstärkung der Spannung um Faktor 68 verursacht. Im Gegensatz dazu bleibt die Anstiegszeit unverändert.

6.2 Aktivität

Zunächst wird die Aktivität der $^{241}_{95}\text{Am}$ -Probe bestimmt. Hierfür wird der Winkel $\theta = 0^\circ$ eingestellt und die Folie entfernt. Bei angelegtem Vakuum werden 5608 Counts in einem Zeitraum von $\Delta t = 300 \text{ s}$ detektiert. Daraus ergibt sich eine Aktivität von $A_{^{241}_{95}\text{Am}} = 18,7 \text{ Bq}$

In der Versuchsanleitung [5] ist eine Aktivität von $A = 330 \text{ kBq}$ für den Oktober 1994 angegeben.

Mit der Halbwertszeit $T_{1/2} = 432.2$ Jahren ergibt sich mit der bis zum Versuchstag vergangenen Zeit t eine aktuelle Aktivität von

$$A_{02.2018} = A_{10.1994} \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 317,5 \text{ kBq} . \quad (19)$$

Dieser Wert bezieht sich dabei auf die komplett Kugeloberfläche mit dem Radius $r = 10,1 \text{ cm}$. Skaliert auf die Blendenfläche besteht eine theoretische Aktivität von $A_{\text{skaliert}} = 5,0 \text{ Bq}$.

6.3 Foliendicke

In diesem Kapitel soll die verwendete Foliendicke bestimmt werden. Hierzu ist die Pulshöhe in Abhängigkeit des Drucks mit und ohne Folie vermessen worden. Die resultierenden Messwerte sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

Druck in mbar	U_{max} in V	U_{min} in V	U in V
0.026	5.00	3.52	4.26 ± 0.74
20.2	4.64	3.44	4.04 ± 0.59
41.0	4.40	3.16	3.78 ± 0.62
60.2	4.32	2.72	3.52 ± 0.80
86.1	4.00	2.52	3.62 ± 0.74
101.0	3.88	2.40	3.14 ± 0.71
123.4	3.64	2.16	2.90 ± 0.74
141.7	3.28	1.80	2.54 ± 0.73
167.0	2.92	1.48	2.20 ± 0.72
178.5	2.80	1.44	2.12 ± 0.68
203.0	2.48	1.12	1.80 ± 0.68
235.0	1.80	0.88	1.34 ± 0.46
265.0	1.30	0.68	0.99 ± 0.34

Tabelle 1: Messwerte der Pulshöhe U bei verschiedenen Drücken ohne Folie

Druck in mbar	U_{max} in V	U_{min} in V	U in V
0.026	4.32	2.12	3.22 ± 1.10
19.5	3.88	1.76	2.82 ± 1.06
39.0	3.60	1.72	2.66 ± 0.94
60.3	3.32	1.24	2.28 ± 1.04
79.5	3.32	0.88	2.10 ± 1.22
99.5	2.60	0.88	1.74 ± 0.86
123.4	2.48	0.88	1.68 ± 0.79
142.0	2.16	0.68	1.42 ± 0.74
162.6	1.72	0.68	1.20 ± 0.52
182.2	1.72	0.68	1.20 ± 0.52
203.0	0.96	0.00	0.48 ± 0.48

Tabelle 2: Messwerte der Pulshöhe U bei verschiedenen Drücken mit $2 \mu\text{m}$ Goldfolie.

Um eine Aussage über die mittlere Pulshöhe treffen zu können, wird für jeden Druck der Mittelwert aus der minimalen und der maximalen Pulshöhe berechnet. In Abbildung 4 ist der Puls in Abhängigkeit des Druck dargestellt. Mit einer Ausgleichsrechnung der Form

$$U(p) = a \cdot p + b \quad (20)$$

ergeben sich die folgenden Parameter:

$$a_{\text{ohne Folie}} = (-0,0124 \pm 0,0002) \text{ V mbar}^{-1} \quad (21)$$

$$a_{\text{mit Folie}} = (-0,0119 \pm 0,0007) \text{ V mbar}^{-1} \quad (22)$$

$$b_{\text{ohne Folie}} = (4,31 \pm 0,03) \text{ V} \quad (23)$$

$$b_{\text{mit Folie}} = (3,09 \pm 0,08) \text{ V}. \quad (24)$$

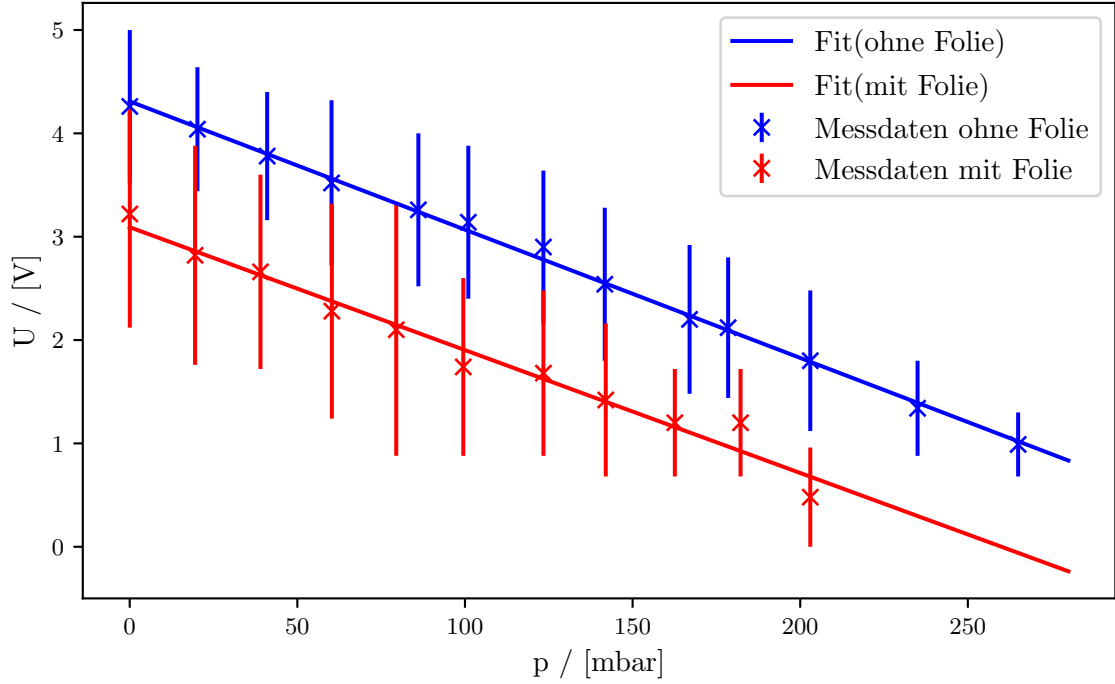


Abbildung 4: Gemessene Pulshöhe in Abhängigkeit des Druckes mit und ohne Folie, sowie Ausgleichsgeraden.

Zur Bestimmung der Foliendicke wird die Bethe-Bloch-Gleichung verwendet. Die Dicke der Folie entspricht der Strecke Δx und der Energieverlust

$$\Delta E = E_{\alpha} \left(1 - \frac{b_{\text{Folie}}}{b_{\text{ohne Folie}}}\right) \quad (25)$$

der Differenz der Offsetspannungen. Die Geschwindigkeit wird aus der mittleren Energie wie folgt entnommen:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{E_{\alpha} \left(1 + \frac{b_{\text{mit}}}{b_{\text{ohne}}}\right)}{m_0}}. \quad (26)$$

Mit den für Gold spezifischen Parametern nach [3] und [4]

$$N_{\text{Gold}} = 5,9 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-2}$$

$$Z_{\text{Gold}} = 79 \text{ und}$$

$$I_{\text{Gold}} = 790 \text{ eV}$$

ergibt sich somit eine Foliendicke von $d_{\text{Folie}} = (3,5 \pm 0,2) \mu\text{m}$.

6.4 Differentieller Wirkungsquerschnitt

In Tabelle 3 sind die detektierten Counts in Abhängigkeit des Winkels θ unter Verwendung einer 2 μm Goldfolie aufgelistet.

Tabelle 3: Messdaten.

<i>Winkel</i> / °	<i>Counts</i>	Δt / s	σ / 10^{-22}m^2
0,0	11,5 \pm 0,2	300,0	5,32 \pm 0,09
0,5	11,7 \pm 0,2	300,0	5,40 \pm 0,09
1,0	11,9 \pm 0,2	300,0	5,52 \pm 0,09
1,5	11,7 \pm 0,2	300,0	5,42 \pm 0,09
2,0	11,1 \pm 0,2	300,0	5,14 \pm 0,09
2,5	10,5 \pm 0,2	300,0	4,85 \pm 0,09
3,0	9,5 \pm 0,2	300,0	4,40 \pm 0,08
3,5	8,7 \pm 0,2	300,0	4,04 \pm 0,08
4,1	8,2 \pm 0,2	300,0	3,79 \pm 0,08
4,5	7,3 \pm 0,2	300,0	3,37 \pm 0,07
5,0	6,3 \pm 0,1	300,0	2,93 \pm 0,07
6,0	4,7 \pm 0,1	300,0	2,17 \pm 0,06
7,0	3,2 \pm 0,1	300,0	1,49 \pm 0,05
8,0	2,35 \pm 0,07	450,0	1,08 \pm 0,03
9,1	1,37 \pm 0,06	450,0	0,63 \pm 0,03
11,1	0,56 \pm 0,03	600,0	0,26 \pm 0,01
13,9	0,22 \pm 0,02	600,0	0,102 \pm 0,009
16,8	0,08 \pm 0,01	600,0	0,037 \pm 0,005
20,0	0,06 \pm 0,01	600,0	0,025 \pm 0,004

Zunächst wird der Wirkungsquerschnitt

$$\sigma = \frac{N_{\text{Counts}} F}{A_{^{241}\text{Am}} N_T} \quad (27)$$

nach [6] bestimmt. Hierbei beschreibt N_{Counts} die Anzahl der gemessenen Counts, $F = 20,0 \text{ mm}^2$ die getroffene Detektorfläche, $A_{^{241}\text{Am}}$ die Aktivität der ^{241}Am -Probe und $N_T = 2,36 \cdot 10^{18}$ die Anzahl der Goldatome die sich im getroffenen Folienvolumen befinden. Zusätzlich wird mit der Oosterom-und-Strackee-Formel

$$\Omega = 4 \arctan \left(\frac{x \cdot y}{2z \cdot \sqrt{4z^2 + x^2 + y^2}} \right) \quad (28)$$

der durch die Folie eingenommene Raumwinkel bestimmt. Dabei bezeichnen $x = 2,0 \text{ mm}$ und $y = 10,0 \text{ mm}$ die Abmessungen der verwendeten Blende und $z = 45,0 \text{ mm}$ den Abstand von der Blende bis zur Folie. Somit ergibt sich ein Raumwinkel von $\Omega = 0,01 \text{ sr}$. Anschließend wird der Wirkungsquerschnitt durch den Raumwinkel geteilt und in Abbildung 5 dargestellt. Zusätzlich ist der theoretische Wirkungsquerschnitt, bestimmt durch Gleichung 3, eingezeichnet.

6.5 Mehrfachstreuung

Zur Untersuchung der Mehrfachstreuung sind für die Foliendicken 2 μm und 4 μm bei einem festen Winkel von $\theta = 5^\circ$ die detektierten Counts gemessen worden. Die Messwerte sowie der

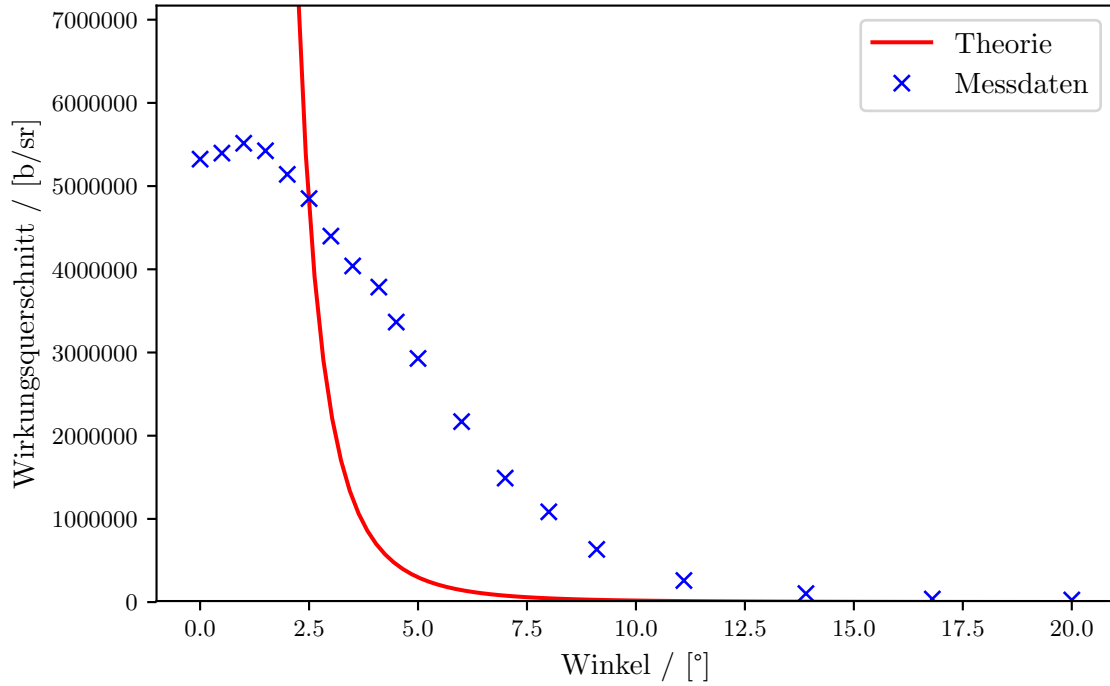


Abbildung 5: Experimenteller und theoretischer Wirkungsquerschnitt in Abhängigkeit des Winkels.

differenzielle Wirkungsquerschnitt sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Messung der Counts für zwei verschiedene Foliendicken des gleichen Materials

Foliendicke / μm	Counts	Δt / s	σ / 10^{-22}m^2
2,0	$6,3 \pm 0,1$	300,0	$2,93 \pm 0,07$
4,0	$4,3 \pm 0,1$	300,0	$0,98 \pm 0,03$

6.6 Ordnungzahl-Abhängigkeit

Als letztes wird in diesem Kapitel die Z-Abhängigkeit der Rutherfordschen Streuformel 3 nachgewiesen. Hierzu sind die Counts für drei verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen Foliendicken, bei einem Winkel von $\theta = 10^\circ$ vermessen worden. Die Messergebnisse sind in Tabelle 5 aufgelistet.

Ordnungszahl	Zählrate in s^{-1}	Dicke in μm
79	2.85 ± 0.03	2
83	0.35 ± 0.05	1
13	0.68 ± 0.06	3

Tabelle 5: Gemessene Counts verschiedener Materialien bei einem Winkel von 10°

Die Intensität

$$I = \frac{N_{\text{Counts}}}{n \cdot d} \quad (29)$$

wird für die folgende Darstellung auf die Foliendicke d und die Anzahl n , der in der Folie enthaltenen Atome, normiert. Mit den Konstanten in Tabelle 6 wird die jeweilige Anzahl der Atome mit der Gleichung

$$n = \frac{\rho \cdot F \cdot d}{M} \quad (30)$$

bestimmt, dabei beschreibt ρ die Dichte des Materials, F die Fläche der Blende, d die Dicke der Folie und M die atomare Masse des Materials.

Material	Dichte in g cm^{-3}	Dicke in μm	Atommasse in u
Gold	19.3	2	196.97
Bismut	9.78	1	208.98
Gold	2.7	3	26.98

Tabelle 6: Verwendete Konstanten für die verschiedenen Materialien.

In Abbildung 6 ist abschließend die normierte Intensität gegen die Ordnungszahl Z aufgetragen. Zusätzlich, zur Verdeutlichung des mathematischen Zusammenhangs, ist eine lineare Ausgleichsrechnung eingezeichnet.

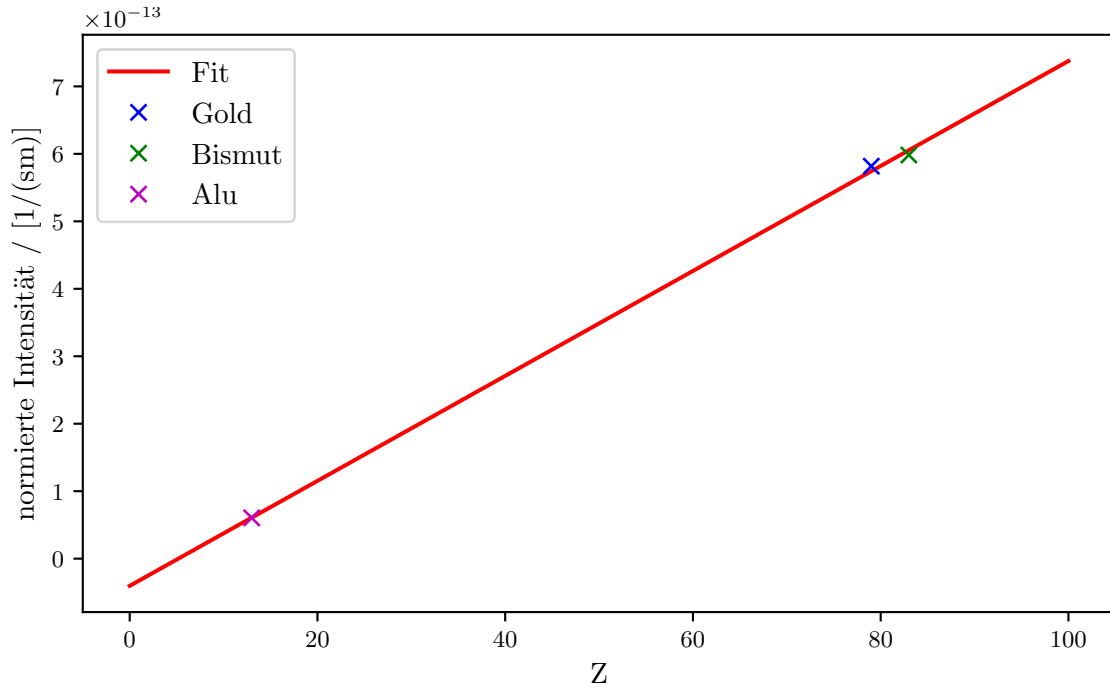


Abbildung 6: Normierte Intensität in Abhängigkeit der Ordnungszahl mit zusätzlicher linearer Ausgleichsrechnung.

7 Diskussion

7.1 Aktivität

Der Vergleich des experimentell bestimmten Werts mit dem theoretischen Wert aus der Versuchsanleitung [5] ergibt eine Abweichung von 273,6 %. Die hohe Abweichung zum theoretischen Wert ist nicht offensichtlich, da der Energieverlust bei dem verwendeten Druck und der betrachteten Strecke vernachlässigbar ist (siehe Kapitel 5).

7.2 Foliendicke

Die in dem Kapitel 6.3 berechnete Dicke der Folie beträgt $d_{\text{exp}} = (3,5 \pm 0,2) \mu\text{m}$. Somit weißt sie eine relative Abweichung von $(74 \pm 11) \%$ zum angegebenen Wert von $2 \mu\text{m}$ auf. Durch Betrachtung von Abbildung 4 wird nicht ersichtlich, woraus die große Abweichung resultiert, da der mathematische Zusammenhang, bis auf lokale Schwankungen, sehr gut durch die lineare Ausgleichsrechnung bestimmt werden kann. Die Steigung beider Ausgleichsrechnungen

$$a_{\text{ohne Folie}} = (-0,0124 \pm 0,0002) \text{ V mbar}^{-1} \quad (31)$$

$$a_{\text{mit Folie}} = (-0,0119 \pm 0,0007) \text{ V mbar}^{-1} \quad (32)$$

$$(33)$$

sind fast identisch, sodass ein Fehler beim Austausch der Folie ausgeschlossen werden kann.

7.3 Differentieller Wirkungsquerschnitt

In Abbildung 6 ist deutlich zu erkennen, dass sich das Maximum der experimentell bestimmten Werte nicht bei einem Winkel von 0° befindet. Dieser Umstand ist auf eine fehlerhafte Justage des Winkels der Folie zur Blende zurückzuführen. Unter Berücksichtigung dieses Umstands stimmt der theoretische Verlauf mit den experimentellen Werten grob überein. Für große Winkel geht die theoretische Wirkungsquerschnitt aufgrund der Sinus-Funktion gegen Null, welches sich auch in den Messwerten widerspiegelt. Ebenfalls der Verlauf bei 0° gegen ∞ entspricht dem Erreichen eines Maximums bei den experimentell ermittelten Werten.

7.4 Mehrfachstreuung

An den Messwerten aus Kapitel 6.5 ist der Effekt der Mehrfachstreuung gut ersichtlich. Unter Verwendung einer dicken Folie treten mehrfach Wechselwirkung mit den Kernen der Folie auf, welches zu einem größeren Energieverlust als bei einer dünneren Folie führt. Folglich sind unter Verwendung einer dickeren Folie weniger Counts zu erwarten.

7.5 Z-Abhängigkeit

Aufgrund der Rutherford'schen Streuformel 3 wird ein quadratischer Zusammenhang zur Ordnungszahl der Folie erwartet. Dieses Umstand kann durch die Messergebnisse nicht bestätigt werden. Die Messergebnisse zeigen einen, durch die Ausgleichsrechnung verdeutlichten, linearen Zusammenhang zwischen der normierten Intensitäten und der Ordnungszahl der verwendeten Folie. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Anzahl der Messwerte begrenzt sind und dadurch die quadratische Abhängigkeit nicht aufgetreten ist.

Literatur

- [1] Eric Jones, Travis E. Oliphant, Pearu Peterson u. a. *SciPy: Open source scientific tools for Python*. Version 0.16.0. URL: <http://www.scipy.org/>.
- [2] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. Version 2.4.6.1. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [3] *Lenntech - Water Treatment Solutions*. <https://www.lenntech.de/pse/pse.htm>. Apr. 2019.
- [4] *PDG - Atomic and nuclear properties of materials*. http://pdg.lbl.gov/2009/AtomicNuclearProperties/HTML_PAGES/079.html. Apr. 2019.
- [5] *TU Dortmund - Fachbereich Physik : Fortgeschrittenenpraktikum Anleitung zu Versuch Nr. 16*. http://129.217.224.2/HOMEPAGE/Anleitung_FPBSc.html. Mai 2017.
- [6] *Wirkungsquerschnitt*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Wirkungsquerschnitt>. Apr. 2019.