Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler SS 26

IS – Reichweite ionisierender Strahlung in Materie

Gruppen:	21, 26
Betreuer:	Werner, Elia
Verfasser:	[redacted]
Versuchsdatum:	23.07.2026
Abgabedatum:	21.08.2026
Abgabe:	2

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung und Zielstellung 3

2. Versuchsaufbau und Durchführung 3

3. Auswertung

3.1 Aufgabe 1 4

3.2 Aufgabe 2 6

3.3 Aufgabe 3 7

4. Fazit 9

5. Anhang 10

1. Einführung und Zielstellung

In dem heutigen Versuch beschäftigen wir uns mit dem Thema Abschirmung von Strahlung. Atome zerfallen immer zufällig und geben dabei spontan Strahlung ab. Dies spielt auch in unserem alltäglichen Leben eine Rolle, wie zum Beispiel beim Röntgen.

Genauer beschäftigen wir uns mit dem Abschirmverhalten von Aluminium und Blei, wir untersuchen die Abschwächung von β- und γ-Strahlung sowie deren Eindringtiefe in Materie.

2. Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Geiger-Müller-Zählrohr, an welches eine 500V Spannung angelegt wird. Dieses Rohr ist mit einem Edelgas gefüllt. Nun geben wir nacheinander für jedes Metall jeweils zehn verschiedene Proben in das Rohr und warten bei Aluminium jeweils 60, bei Blei 120 Sekunden. Das Messergebnis wird dabei von einem sogenannten GAMMA-Counter angezeigt.

3. Auswertung

3.1 Aufgabe 1

Zunächst wollen wir die Eindringtiefe der β-Strahlung und die Abschwächung von γ-Strahlung von Aluminium bestimmen.

a) Nun sollen wir die Zählrate n_{mess} (IS.10)berechnen und diese laut IS.10 zu n_{korr} (IS.10) korrigieren. Die Totzeit ist dabei als $\tau_0 = 230\ \mu s$ angegeben.

$$n_{mess} = \frac{N_{mess}}{t}$$

$$n_{korr} = \frac{n_{mess}}{1 - n_{mess} \cdot \tau_0}$$

Tabelle 1: Übersicht der Messwerte von Aluminium. Gerundet auf 2 Nachkommastellen zur Vereinfachung. Es wird mit den ungerundeten Werten gerechnet.

Element	Dicke x [mm]	Zeit t [s]	Nmess	n_{mess} [s^{-1}]	n_{korr} [s]
Al	0,1	60	16292	271,53	289,62
Al	0,3	60	5225	87,08	88,86
Al	0,5	60	2657	44,28	44,74
Al	0,8	60	655	10,92	10,94
Al	1,0	60	551	9,18	9,2
Al	2,0	60	543	9,05	9,07
Al	3,0	60	486	8,1	8,12
Al	4,0	60	466	7,77	7,78
Al	8,0	60	395	6,58	6,59
Al	16,0	60	344	5,73	5,74

b) Nun sollen wir ein Diagramm erstellen das $\ln(\frac{n_i}{n_1})$ gegen die Aluminiumdicke x aufzeigt. n_1 ist die korrigierte Zählerrate mit x = 0,1 mm.

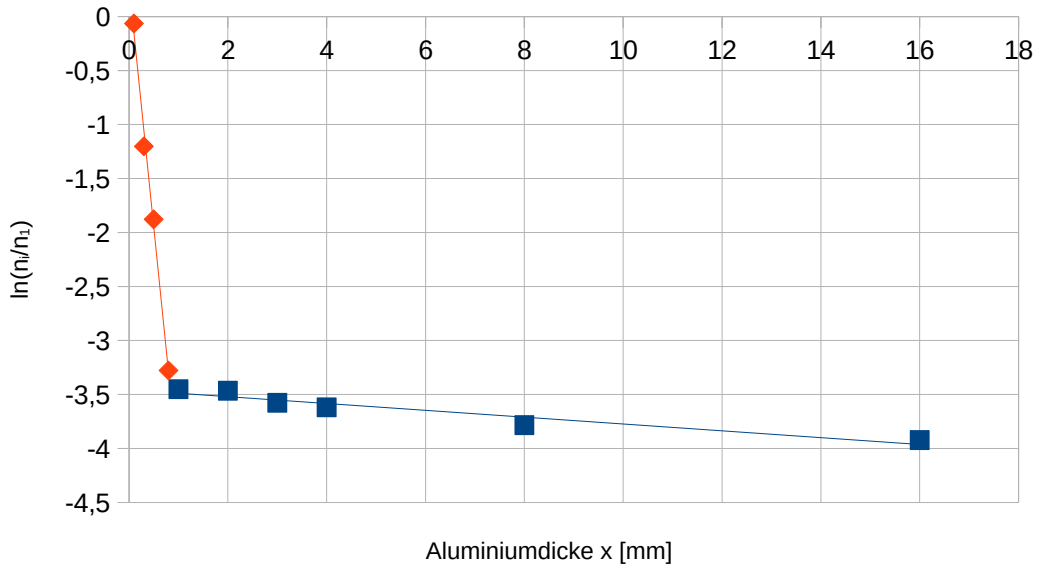


Schaubild 1: Zeigt die Abhängigkeit der Aluminiumdicke von $\ln(n_i/n_1)$

Es stellt sich jetzt die Frage wie man den Knick in dem Diagramm deuten kann. Der Knick entsteht bei einer Aluminiumdicke von knapp 1mm. Dies liegt an der Absorbtionsfähigkeit von Aluminium. Ab einer Dicke von 1mm wird die β-Strahlung, die die orangene Gerade darstellt, absorbiert. Jetzt kann nur noch die *y*-Strahlung, die blaue Ausgleichsgerade, das Material weiter durchdringen. Diese wird folglich viel weniger absorbiert, als die β-Strahlung, was man an dem weiteren Verlauf der Gerade sieht.

c) Es soll in dieser Aufgabe $d_{\beta,max}$, die Schichtdicke oder hier maximale Eindringungstiefe , durch Interpolation bei $y = \ln(\frac{1}{50})$ bestimmt werden. Üblicherweise haben bei der Maximalen Schichtdicke 98% der Teilchen ihre Energie verloren.

Hierfür verwenden wir die aus der Anleitung entnommenen Formel IS. 6, die lautet:

$$n(d_{\beta,max}) = \frac{1}{50} n_0$$

Wir verwenden im weiteren Verlauf die Geradengleichung der orangenen Geraden. Diese lautet:

$$y = -4{,}48236\,x + 0{,}29939$$

Wir setzen nun die Geradengleichung gleich $\ln(\frac{1}{50})$:

$$\ln(\frac{1}{50}) = -4{,}48236\,x + 0{,}29939$$

Und stellen die Gleichung nach x um:

$$x = \frac{\ln(\frac{1}{50}) - 0{,}29939}{-4{,}48236} \approx 0{,}93955 \ \text{mm}$$

Das Ergebnis zeigt, dass unsere Messungen ergeben, dass 98% der β-Teilchen, wenn sie durch eine Aluminiumdicke von 0,93955 mm geschickt werden, ihre Energie verloren haben.

d) Nun sollen wir die Massenschwächekoeffizienten $\frac{\mu}{\rho}$ von Aluminium für die 0,66 MeV- *y*-Strahlung ermitteln ($\rho_{Al} = 2{,}7\,\text{g}\,\text{cm}^{-3}$). Für die Steigung der flachen Gerade gilt: m = -μ.

Der Schwächungskoeffizient μ ergibt sich aus der Steigung der flachen blauen Gerade, er lautet demnach: $\mu = 0{,}03163 \ \text{mm}^{-1} = 0{,}3163 \ \text{cm}^{-1}$. Es lässt sich nun mithilfe der Dichte ρ_{Al} der Massenschwächungskoeffizient herleiten:

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{0{,}3163 \ \text{cm}^{-1}}{2{,}7 \ \text{g}\,\text{cm}^{-3}} \approx 0{,}11715 \ \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Somit beträgt der Massenschwächungskoeffizient $0{,}11715 \ \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$.

3.2 Aufgabe 2

In der zweiten Aufgabe soll man mit dem y-Achsenabschnitt (der blauen Gerade) die maximale Zählrate $n_{y,max}$ für *y*-Photonen ermittelt werden. Anschließend wird die Nachweiswahrscheinlichkeit des Zählrohrs für *y*-Quanten berechnet und das Ergebnis bewertet. Wir gehen davon aus, dass jeder Zerfall eines β-Teilchens eines Cäsiumatoms, ein „Gammaübergang“ folgt.

Die „Gamma-Gerade“ liegt bei: y = -0,03163x -3,4572

Wir wissen außerdem, dass die maximale Zählerrate bei x = 0 liegt. Denn hier haben wir keine Abschirmung durch das Material. Es folgt:

Der y-Achsenabschnitt ist y(0) = -3,4572 = c

$$\ln\left(\frac{n_{\gamma,max}}{n_1}\right) = mx + c$$

Da wir bei x = 0 suchen, lautet die Gleichung weiter:

$$\ln\left(\frac{n_{\gamma,max}}{n_1}\right) = c$$

$$\frac{n_{\gamma,max}}{n_1} = e^{c}$$

$$n_{\gamma,max} = e^{c} \cdot n_1$$

$$n_{\gamma,max} = e^{-3,4572} \cdot 289,62... \approx 9,12824 \ \frac{1}{s}$$

Da wir das Verhältnis der Zählrate der beiden Strahlungen suchen, benötigen wir noch die Beta-Zählrate $n_{\beta,max}$. Diese ergibt sich aus der Differenz von der gesamten Zählrate minus die Gamma-Zählrate (maximal). Es gilt also zunächst:

Der y-Achsenabschnitt der orangenen β-Geraden ist: y(0) = 0,29939 = c_1

$$n_{gesamt} = e^{c_1} \cdot n_1 \approx 390,70896 \ \frac{1}{s}$$

Im Anschluss berechnen wir das Verhältnis aus:

$$\frac{n_{\gamma,max}}{n_{gesamt}} \approx 0,0234 = 2,34\,\%$$

Die Nachweiswahrscheinlichkeit des Geiger-Müller-Zählrohrs beträgt also 2,34%. Dieses Ergebnis zeigt, dass im Gegensatz zur β-Strahlung nur sehr wenig von der vorhandenen *y*-Strahlung aufgezeichnet wird. Das Messverfahren ist somit sehr ungenau für *y*-Strahlung, es empfiehlt sich eine alternative Messmethode zu verwenden, wenn man genaue Ergebnisse möchte.

3.3 Aufgabe 3

In der dritten Aufgabe soll es um die Abschwächung von *y*-Strahlung in Blei gehen.

a) Zunächst stellen wir unsere Messergebnisse analog zur Tabelle 1, für Blei dar:

Tabelle 2: Übersicht der Messwerte von Blei. Gerundet auf 2 NKS. Es wird mit ungerundeten Werten weiter gerechnet.

Element	Dicke x [mm]	Zeit t [s]	N_{mess}	n_{mess} [s^{-1}]
PB	1	120	1301	10,84
PB	2	120	1051	8,76
PB	3	120	944	7,87
PB	4	120	882	7,35
PB	6	120	683	5,69
PB	8	120	596	4,97
PB	10	120	487	4,06
PB	15	120	363	3,03
PB	20	120	236	1,97
PB	30	120	147	1,23

Aus den Ergebnissen wird folgendes Diagramm erstellt:

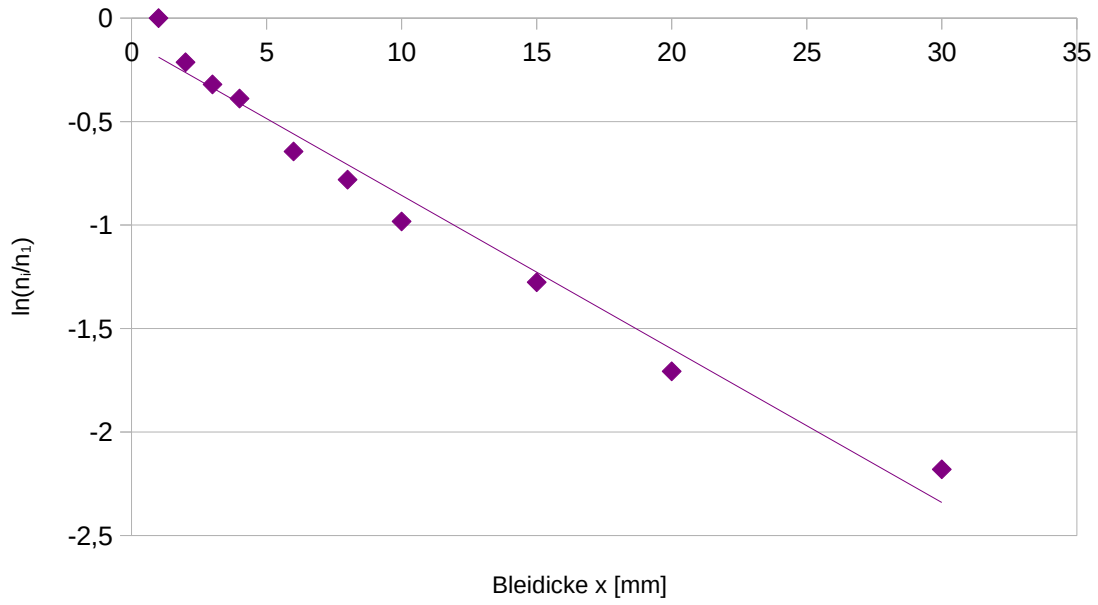


Schaubild 2: Zeigt die Abhängigkeit der Bleidicke von $\ln(n_i/n_1)$

b) Es soll nun die Halbwertsdicke $d_{\frac{1}{2}}$ für $y = \ln(\frac{1}{2})$ interpoliert werden.

Man setzt die Geradengleichung der Geraden aus 3.3 a) y= -0,0742x – 0,115 für y in die Formel $y = \ln(\frac{1}{2})$ ein und erhält dann:

$$x = \frac{\ln(\frac{1}{2}) + 0{,}115}{-0{,}0742} \approx 7{,}79174\,\text{mm}$$

Dabei entspricht x unserer gesuchten Größe $d_{\frac{1}{2}}$

Es wird eine Bleidicke von etwa 7,8 mm benötigt, um die Intensität der γ-Strahlung auf die Hälfte zu reduzieren.

c) In der letzten Teilaufgabe soll es um den Schwächungskoeffizienten μ und den Massenschwächungskoeffizienten $\frac{\mu}{\rho}$ von Blei gehen.
Wir gehen analog zu Aufgabe 3.1 d) vor.

Für die Steigung der flachen Gerade gilt: $m = -\mu$

Der Schwächungskoeffizient μ ergibt sich aus der Steigung der purpurfarbene Gerade aus Abb. 2. Die Steigung lautet demnach: $\mu = 0{,}0742\ \frac{1}{\text{mm}} = 0{,}742\ \frac{1}{\text{cm}}$. Es lässt sich nun mithilfe der Dichte $\rho_{Pb} = 11{,}34\ \text{g}\,\text{cm}^{-3}$ (entnommen aus der Anleitung) der Massenschwächekoeffizient herleiten:

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{0{,}742\ \frac{1}{\text{cm}}}{11{,}34\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \approx 0{,}06543\ \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Somit beträgt der Massenschwächungskoeffizient $0{,}06543\ \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$.

4. Fazit

Insgesamt muss man bei dem Versuch darauf hinweisen, dass der Zerfall von Atomen des Cäsium Gases rein zufällig ist. Somit ist es schwierig valide Messwerte zu bekommen, da zusätzlich auch Wechselwirkungen und andere „spontane“ Prozesse auftreten können. Auch die *γ*-Strahlung zum Beispiel wird nur zu knapp 2,4% überhaupt detektiert und ist somit ein kritischer Punkt bei der Messung, da in der Realität natürlich viel mehr Strahlung vorhanden ist, als aufgezeichnet wird. Die Methode ist somit nicht zum Aufzeichnen von *γ*-Strahlung geeignet

Die experimentell bestimmten Werte stimmen trotz der statistischen Schwankungen insgesamt gut mit den theoretischen Erwartungen überein.

5 Anhang

Messwerte - Versuch Ionisierende Strahlung

Datum des Versuchstags: 23.07.26

Gruppennummer: 21 & 26 Nummer GAMMA COUNTER: 4

Teilnehmer: [redacted] Nummer Messkammer: 2

[redacted] mmer Abschirmungen: 3

26 → [redacted]

Unterschrift Assistent/-in: [redacted]

2. Aufgabe: Abschirmung von Aluminium

6x

Element	x/mm	t/s	N_{mess}	n_{mess}/s^{-1}	n_{korr}/s^{-1}
Al	0,1	60	16292	271,53	289,620...
Al	0,3	60	5225	87,083	88,8628
Al	0,5	60	2657	44,283	44,73806
Al	0,8	60	655	10,9166	10,94407
Al	1,0	60	551	9,1833	9,202737
Al	2,0	60	543	9,05	9,06887
Al	3,0	60	486	8,1	8,115118
Al	4,0	60	466	7,7666	7,78049
Al	8,0	60	395	6,5833	6,593283
Al	16,0	60	344	5,7333	5,74087

$n_{mess} = \frac{N}{t}$

$n_{korr} = \frac{n_{mess}}{1 - n_{mess} \cdot \tau_0}$

$\tau_0 = 230\,\mu s = 0{,}00023$

3. Aufgabe: Abschirmung von Blei

Element	x/mm	t/s	N_{mess}	n_{mess}/s^{-1}
Pb	1,0	120	1301	10,84166
Pb	2,0	120	1051	8,75833
Pb	3,0	120	944	7,86666
Pb	4,0	120	882	7,35
Pb	6,0	120	683	5,691666
Pb	8,0	120	596	4,96666
Pb	10,0	120	487	4,05833
Pb	15,0	120	363	3,025
Pb	20,0	120	236	1,966666
Pb	30,0	120	147	1,225

Raum für Notizen: