

Ionisierende Strahlung - IS

Gruppe:	4
Betreuer:	Ludwig Müller
Verfasser:	Adrian Eisenhardt Nils von Schaper
Versuchsdatum:	09.03.2021
Abgabedatum:	17.03.2021
Abgabe:	Nr. 2

Inhaltsverzeichnis

1. THEORIE	3
2. VERSUCHSAUFBAU	3
3. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	4
4. AUSWERTUNG	4
4.1 BESTIMMUNG DER EINDRINGTIEFE VON B-STRAHLUNG UND ABSCHWÄCHUNG VON γ -STRAHLUNG IN ALUMINIUM	4
(a).....	4
(b).....	5
(c).....	5
(d).....	5
4.2 VERGLEICH DER NACHWEISWAHRSCHEINLICHKEIT DES ZÄHLROHRS.....	6
4.3 BESTIMMUNG DER ABSCHWÄCHUNG VON γ -STRAHLUNG IN BLEI.....	6
(a).....	6
(c).....	7
5. FAZIT.....	8
6. ANHANG	9

1.Theorie

Atome bestehen aus Protonen Neutronen und Elektronen. Dabei bilden die Protonen und Neutronen den Atomkern während der Elektronen auf Bahnen darum kreisen. Die starke Kernkraft hält den Atomkern zusammen. Atomkerne, die zu schwer sind – das heißt zu viele Protonen und Neutronen enthalten – können nicht mehr zusammengehalten werden und zerfallen unter Energieabgabe in Form von α -, β - und γ -Strahlung. Dabei handelt es sich bei α -Strahlung um Heliumkerne, bei β -Strahlen um Positronen oder Elektronen und bei γ -Strahlung um elektromagnetische Wellen. Das bedeutet, dass der Kern Material abgibt, also die Menge des strahlenden Materials abnimmt. Die Zeit, nach der die Hälfte des Stoffes zerfallen ist, nennt man Halbwertszeit. Ihre Funktion ist exponentiell fallend.

Da diese Strahlung sehr hochenergetisch ist, kann sie Atome ionisieren, also Material dauerhaft schädigen.

Um die Gefahr, die von der Strahlung ausgeht zu minimieren ist eine Abschirmung notwendig welche mit unterschiedlichen Materialien vorgenommen werden kann und die die Strahlungen nur bedingt durchdringen können. Dabei werden die unterschiedlichen Strahlungsarten unterschiedlich stark abgeschirmt. Wenn eine Strahlung komplett abgeschirmt wird kann sie den Stoff nicht durchdringen?

Im Nachfolgenden Versuch soll untersucht werden wie stark die Strahlungen von Cäsium 137 Abschirmungen unterschiedlicher Dicke und Materialien durchdringen können.

2. Versuchsaufbau

Eine Strahlungsquelle aus Cäsium 137 ist in einem Bleikasten eingehaust in den Abschirmungen unterschiedlicher Dicken eingeschoben werden können. Nachdem die Strahlung die Schirmung durchdrungen hat kann sie mittels eines Geiger-Müller-Zählrohrs erfasst werden. Das Geiger-Müller-Zählrohr wird an einen GAMMA-COUNTER angeschlossen, welcher das Zählrohr mit Hochspannung versorgt und über definierte Zeiträume die Strahlungsereignisse ausliest.

Es werden Abschirmungen aus Aluminium (0,1mm bis 16mm Dicke) und Blei (1mm bis 30mm Dicke) verwendet.

3. Versuchsdurchführung

Die zu untersuchende Abschirmung wird in den Strahlengang geschoben. Dann wird die Messung am GAMMA-COUNTER gestartet und läuft nach einstellen der Messzeit von 60 Sekunden bei Aluminium und 120 Sekunden bei Blei automatisch ab.

4. Auswertung

4.1 Bestimmung der Eindringtiefe von β -Strahlung und Abschwächung von γ -Strahlung in Aluminium

(a)

Es soll die Zählrate n_{mess} ermittelt und eine korrigierte Zählrate n_{kor} mit einer Totzeit von $\tau_0 = 230\mu s$ berechnet werden. Die ermittelten Werte sind in der folgenden Tabelle aufgeführt wobei n_{mess} berechnet wird über $\frac{N_{mess}}{t}$ und n_{kor} über $\frac{n_{mess}}{1 - n_{mess} * \tau_0}$.

Tabelle 1: Messwerte Strahlung durch Aluminium

Material	Dicke/mm	t/s	N_{mess}	n_{mess}/s^{-1}	n_{kor}/s^{-1}
Al	0,1	60	17003	283,38..	303,14..
Al	0,3	60	5531	92,18..	94,18..
Al	0,5	60	2790	46,5	47,00..
Al	0,8	60	691	11,51..	11,54..
Al	1	60	659	10,98..	11,01..
Al	2	60	569	9,48..	9,50..
Al	3	60	604	10,06..	10,09..
Al	4	60	527	8,78..	8,80..
Al	8	60	460	7,66..	7,68..
Al	16	60	378	6,3	6,30..

(b)

Es soll in einem Diagramm das Verhältnis zwischen Schirmdicke und Zählrate

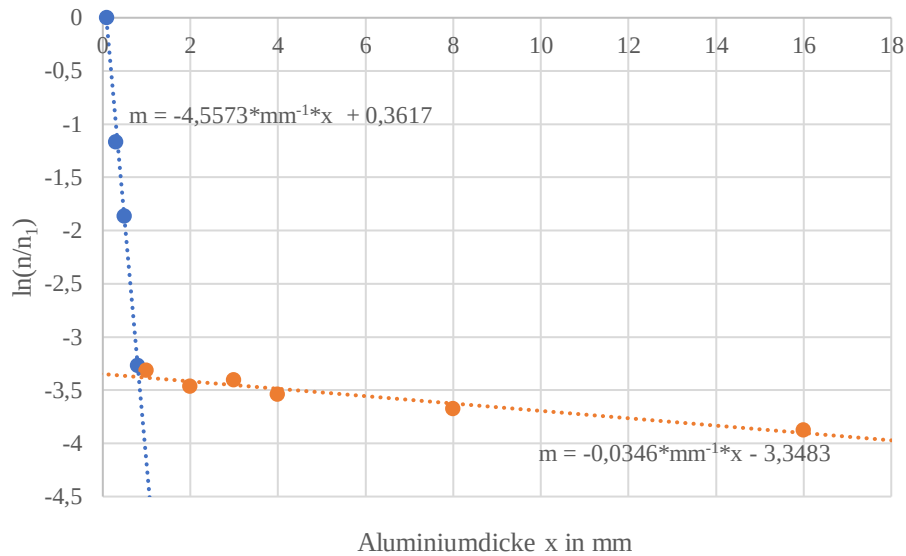


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Aluminiumschirmdicke und $\ln(n/n_1)$

Zu beobachten ist ein deutlicher Knick ab einer Schirmdicke von etwa 1mm. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei geringer Dicke des Abschirmmaterials sowohl γ - als auch β -Strahlen den Schirm passieren können und detektiert werden. Ab einer bestimmten Dicke des Materials ist es den β -Strahlen nicht mehr möglich dieses zu durchdringen und es wird nur noch γ -Strahlung detektiert.

(c)

Es soll die maximale Eindringtiefe der β -Strahlung $d_{\beta,max}$ bestimmt werden. Dazu wird mittels Interpolation der Gerade mit großer Steigung der Wert der Aluminiumdicke x ermittelt bei dem die β -Strahlung auf 98% der ursprünglichen Strahlung beträgt. Es wird wie folgt vorgegangen:

$$d_{\beta,max} = \frac{\ln\left(\frac{1}{50}\right) - 0,3617..}{-4,5573.. \text{ mm}^{-1}} = 0,93.. \text{ mm}$$

Bei einer Schichtdicke von über 0,93mm wird also mehr als 98% der β -Strahlung absorbiert.

(d)

Der Massenschwächungskoeffizient für Aluminium ergibt sich laut Anleitung zu $\frac{\mu}{\rho}$ mit $m = -\mu$ und $\rho_{Al} = 2,7 \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ und ist in diesem Fall $0,13 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$

4.2 Vergleich der Nachweiswahrscheinlichkeit des Zählrohrs

Es soll die Wahrscheinlichkeit für den Nachweis eines γ -Zerfalls ermittelt werden.

Im ersten Schritt wird hierfür $n_{\gamma,max}$ anhand des y-Achsenabschnitts der Gerade mit geringer Steigung bestimmt. Es ergibt sich $n_{\gamma,max} = 10,65 \cdot s^{-1}$. Nachfolgend muss $n_{\beta,\gamma,max}$ bestimmt werden analog zum vorigen Schritt aus dem y-Achsenabschnitt der Gerade mit großer Steigung. Es ergibt sich $n_{\beta,\gamma,max} = 435,23 \cdot s^{-1}$.

Nun kann $n_{\beta,max}$ aus der Differenz der beiden zuvor berechneten Werte bestimmt werden:

$$n_{\beta,max} = n_{\beta,\gamma,max} - n_{\gamma,max} = 424,57 \cdot s^{-1}$$

Um die Wahrscheinlichkeit der detektierten γ -Strahlung zu berechnen bestimmt wird das Verhältnis von $n_{\beta,max}$ zu $n_{\gamma,max}$ bestimmt. Es ergibt sich hier:

$$\frac{10,65 \cdot \frac{1}{s}}{424,57 \cdot \frac{1}{s}} \approx 0,025 = 2,5\%$$

Nur 2,5% der vorhandenen γ -Strahlung wird detektiert. Somit ist dieses Messverfahren nicht geeignet, um γ -Strahlung zu detektieren.

4.3 Bestimmung der Abschwächung von γ -Strahlung in Blei

(a)

Es werden die folgenden Werte ermittelt, wobei n_{mess}/s^{-1} analog zu 4.1(a) berechnet wird

Tabelle 2: Messwerte Strahlung durch Blei

Material	Dicke/ mm	t/s	N_{mess}	n_{mess}/s^{-1}
Pb	1	120	1331	11,09..
Pb	2	120	1211	10,09..
Pb	3	120	1092	9,1
Pb	4	120	914	7,61..
Pb	6	120	771	6,42..
Pb	8	120	655	5,45..
Pb	10	120	572	4,76..
Pb	15	120	391	3,25..
Pb	20	120	293	2,44..
Pb	30	120	145	1,20..

Nachfolgend soll $\ln\left(\frac{n_i}{n_1}\right)$ gegen die Schichtdicke x in einem Diagramm aufgetragen werden. Dies geschieht im nachfolgenden:

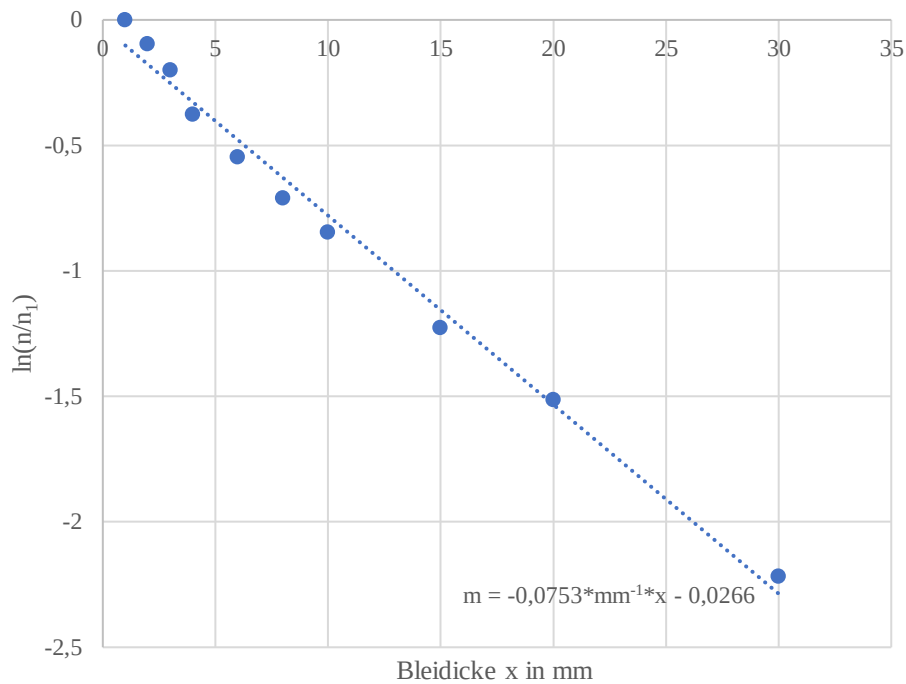


Abbildung 2: *Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Bleischirmdicke und $\ln(n/n_1)$*

(b)

Es soll die Halbwertsdicke $d_{1/2}$ bei der die Hälfte der Strahlung absorbiert wird ermittelt werden. Dies geschieht mit Hilfe der folgenden Formel:

$$d_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln\left(\frac{1}{2}\right) - 0,0266..}{-0,0753.. \text{ mm}^{-1}} = 8,848... \text{ mm}$$

Die Halbwertsdicke beträgt also ungefähr 8,85mm.

(c)

Es soll der Massenschwächungskoeffizient von Blei ermittelt werden. Hier wird analog zu 4.1(d) vorgegangen wobei $\rho_{\text{Blei}} = 11,34 \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ist.

Somit ergibt sich $\frac{\mu}{\rho} \approx 0,07 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$

5. Fazit

Im vorliegenden Versuch wurde die Eignung des Messverfahrens für das Messen von γ -Strahlung untersucht. Außerdem wurde der Massenschwächungskoeffizient von Aluminium und Blei bestimmt sowie die Halbwertsdicke für Blei von Cäsium 137 Strahlung ermittelt. Obwohl der menschliche Faktor durch den GAMMA-COUNTER größtenteils eliminiert werden konnte sind verschiedene Fehlerquellen und Unsicherheiten kritisch zu betrachten. Wichtig ist, dass der Zerfall des Cäsium 137 nicht kontinuierlich ist, sondern zufällig. Somit kann nicht sichergestellt werden, dass bei der Messung der Abschirmungen dieselbe Menge an Strahlung emittiert wurde. Ebenso zufällig ist, ob die emittierte Strahlung des Cäsium 137 tatsächlich die Probe durchdringt und ob sie in Wechselwirkung mit den Atomen des Edelgases im Geiger-Müller-Zähler in Wechselwirkung geht und so erkannt wird. Da nicht bekannt ist wie genau, beziehungsweise wie gut kalibriert der GAMMA-COUNTER ist, kann nur schwer eine Aussage bezüglich der Verlässlichkeit der erhaltenen Messwerte getroffen werden.

Des Weiteren fällt auf, dass nur 2,5% der emittierten γ -Strahlung detektiert wird, also diese Messmethode nicht für γ -Strahlung geeignet ist.

6. Anhang

Messwerte - Versuch Ionisierende Strahlung

Datum des Versuchstags: 9.03.2021
 Gruppennummer: 4 Nummer GAMMA COUNTER: 1
 Teilnehmer: Adrian Eisenhardt Nummer Messkammer: 6
Nils von Schaper Nummer Abschirmungen: 1
 Unterschrift Assistent/-in: [Signature]

2. Aufgabe: Abschirmung von Aluminium

Element	x/mm	t/s	N _{mess}	n _{mess} /s ⁻¹	n _{korrt} /s ⁻¹
Al	0,1	60	17003		
Al	0,3	60	5531		
Al	0,5	60	2790		
Al	0,8	60	691		
Al	1,0	60	653		
Al	2,0	60	569		
Al	3,0	60	604		
Al	4,0	60	527		
Al	8,0	60	460		
Al	16,0	60	378		

3. Aufgabe: Abschirmung von Blei

Element	x/mm	t/s	N _{mess}	n _{mess} /s ⁻¹
Pb	1,0	120	1331	
Pb	2,0	120	1211	
Pb	3,0	120	1092	
Pb	4,0	120	914	
Pb	6,0	120	771	
Pb	8,0	120	655	
Pb	10,0	120	572	
Pb	15,0	120	391	
Pb	20,0	120	253	
Pb	30,0	120	145	

Raum für Notizen: