

K10a - Abschwächung von γ -Strahlen

Protokoll zum Versuch des Physikalischen Praktikums I
von

Maxim Gilsendegen & David Flemming

Universität Stuttgart

Verfasser: Maxim Gilsendegen (Chemie),
3650577

David Flemming (Chemie),
3650295

Gruppennummer: C-004

Versuchsdatum: 31.07.2023

Betreuer: Sebastian Rentschler

Stuttgart, den 31.07.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsziel	1
2	Messprinzip	1
3	Formeln	1
4	Messwerte	2
5	Auswertung	3
5.1	Bestimmung des Schwächungskoeffizienten α	3
5.2	Berechnung der Halbwertsdicke $x_{\frac{1}{2}}$	5
5.3	Aktivität des ^{60}Co -Präperats	6
6	Fehlerrechnung	6
7	Zusammenfassung	8
8	Literatur	8
9	Anhang	9

1 Versuchsziel und Versuchsmethode

In diesem Versuch soll die Halbwertsdicke von Aluminium und Blei durch ein ^{60}Co -Präparat ermittelt werden. Dazu muss zunächst die Nullrate bestimmt werden, gefolgt von mehreren Messungen der Impulse pro Minute bei verschiedenen Dicken der Aluminium- und Bleizylinder.

2 Messprinzip

Um die Nullrate zu bestimmen zeigt das Zählrohr gegen eine Wand und steht mindestens 20 cm entfernt vom ^{60}Co -Präparat entfernt. Nach 15 Minuten an Messung werden die Impulse pro Minute notiert. Bevor Aluminium- oder Bleizylinder für die Messung verwendet werden, werden die unveränderten Impulse pro Minute gemessen. Hierfür wird ein Holzträger zwischen Präparat und Messgerät gestellt um eine feste Entfernung zu definieren und einmal ohne Zylinder auf diesem gemessen. Die Aluminium- und Bleizylinder werden in allen möglichen Konfigurationen gemessen, hierbei geht es nur um die Dicke, nicht um die Abfolge der Zylinder. Bis auf die letzten 4 Messungen, bei denen 5 Minuten lang gemessen wird, werden jeweils nur 2 Minuten lang die Impulse pro Minute gemessen.

3 Formeln

Das allgemeine Zerfallsgesetz für den Zerfall eines Radioaktiven Atoms wird als $n(t)$ beschrieben.

$$n(t) = n_0 e^{-\lambda t} \quad (3.1)$$

Hierbei ist t der Zeitpunkt, $n(t)$ die Anzahl an Kernen des Atoms zum Zeitpunkt t , n_0 die Anzahl der Kerne des radioaktiven Atoms zum Zeitpunkt $t = 0$ und λ die Zerfallskonstante.

Die Impulse in einer Zeiteinheit (hier pro Minute) Z nach durchlaufen eines Abschwächers (hier Aluminium oder Blei) wird durch Gleichung 3.2 beschrieben.

$$Z = Z_0 e^{-\alpha x} \quad (3.2)$$

Hierbei ist Z_0 die Zählrate, Impulse pro Zeiteinheit, vor Durchlaufen eines Abschwächers mit der Dicke x und α dessen Schwächungskoeffizient.

Für die Halbwärtsdicke x_0 gilt:

$$\frac{Z_0}{2} = Z_0 e^{-\alpha x_{\frac{1}{2}}} \quad (3.3)$$

Durch Umformung gilt somit:

$$x_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\alpha} \quad (3.4)$$

4 Messwerte

In Tabelle 1 sind die Messwerte für die Nullrate aufgelistet.

Tabelle 1: Impulse pro Minute bei Messung der Nullrate und deren Mittelwert.

Minute	Impulse pro Minute $[\frac{1}{\text{min}}]$
1	44
2	67
3	62
4	48
5	64
6	72
7	67
8	65
9	56
10	63
11	62
12	57
13	63
14	57
15	68
Mittelwert	61

In Tabelle 2 sind die Messwerte ohne Abschwächer und mit verschiedenen Dicken an Aluminium, so wie Blei festgehalten. Nullratenbereinigt heißt hier, dass der Mittelwert der Nullrate von dem jeweiligen Mittelwert abgezogen wurde.

Tabelle 2: Impulse pro Minute bei Messung ohne und mit verschiedenen Dicken an Aluminium/Blei, deren Mittelwerte (\emptyset) und Nullratenbereinigte Mittelwerte (o. Null.)

Materialdicke [m]	1 [$\frac{1}{\text{min}}$]	2 [$\frac{1}{\text{min}}$]	3 [$\frac{1}{\text{min}}$]	4 [$\frac{1}{\text{min}}$]	5 [$\frac{1}{\text{min}}$]	\emptyset [$\frac{1}{\text{min}}$]	o. Null. [$\frac{1}{\text{min}}$]
0	312	352	-	-	-	332	271
(Alu) 0,025	259	246	-	-	-	252,5	191,5
(Alu) 0,05	207	173	-	-	-	190	129
(Alu) 0,075	144	135	-	-	-	139,5	78,5
(Alu) 0,1	144	123	133	117	126	128,6	67,6
(Alu) 0,125	100	102	110	107	95	102,8	41,8
(Alu) 0,15	95	106	93	114	77	97	36
(Alu) 0,175	91	90	83	86	77	85,4	24,4
(Blei) 0,005	269	236	-	-	-	252,5	191,5
(Blei) 0,01	233	208	-	-	-	220,5	159,5
(Blei) 0,015	196	183	-	-	-	189,5	128,5
(Blei) 0,02	152	150	-	-	-	151	90
(Blei) 0,025	154	147	-	-	-	150,5	89,5
(Blei) 0,03	120	114	-	-	-	117	56
(Blei) 0,035	110	98	-	-	-	104	43
(Blei) 0,04	100	77	101	84	108	94	33
(Blei) 0,045	108	109	95	89	75	95,2	34,2
(Blei) 0,05	68	72	87	71	87	77	16
(Blei) 0,055	73	70	74	85	70	74,4	13,4

5 Auswertung

5.1 Bestimmung des Schwächungskoeffizienten α

Trägt man den \ln der Zählrate Z auf Gleichung 2 gegen die Dicke des Materials x auf, so erhält man den folgenden linearen Zusammenhang und für Aluminium die Abbildung 1, für Blei die Abbildung 2.

$$\ln Z = -\alpha x + \ln Z_0 \quad (5.1)$$

Verglichen mit der allgemeinen Geradengleichung $y = mx + a$, ist $\ln Z_0$ der y-Achsenabschnitt a und $-\alpha$ die Steigung m .

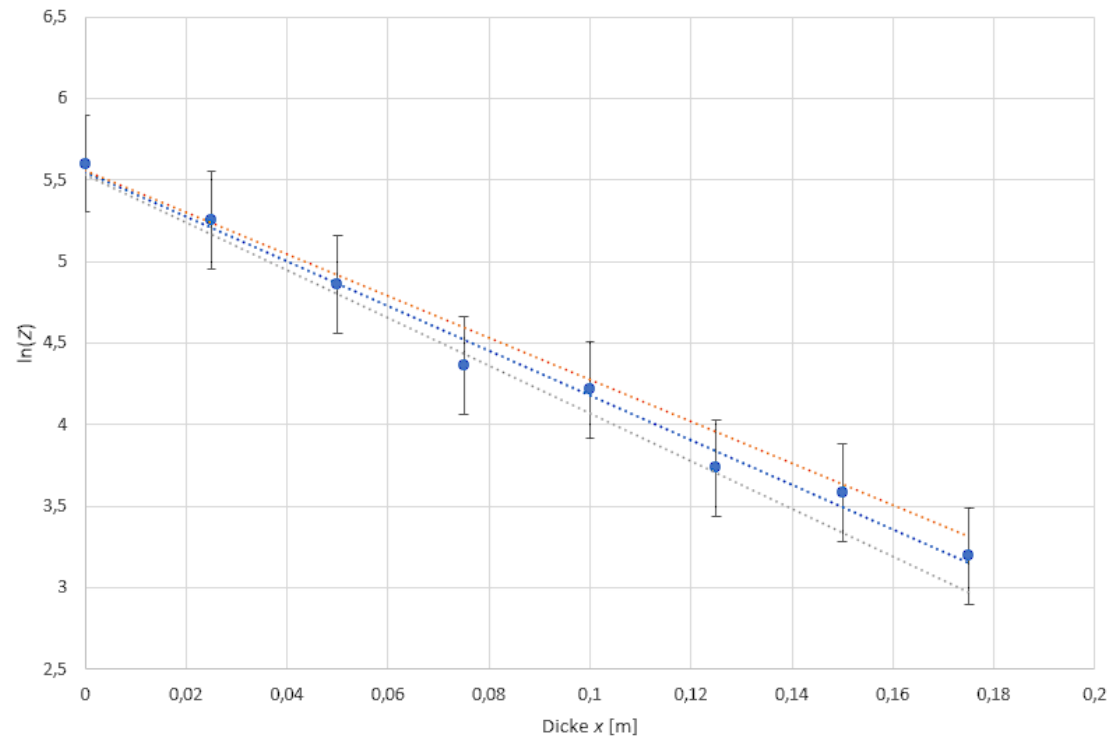


Abb.1: Aufgetragener natürlicher Logarithmus der Messwerte für Aluminium über der Dicke mit Fitgerade, den Fehlern und den maximalen Abweichungen.

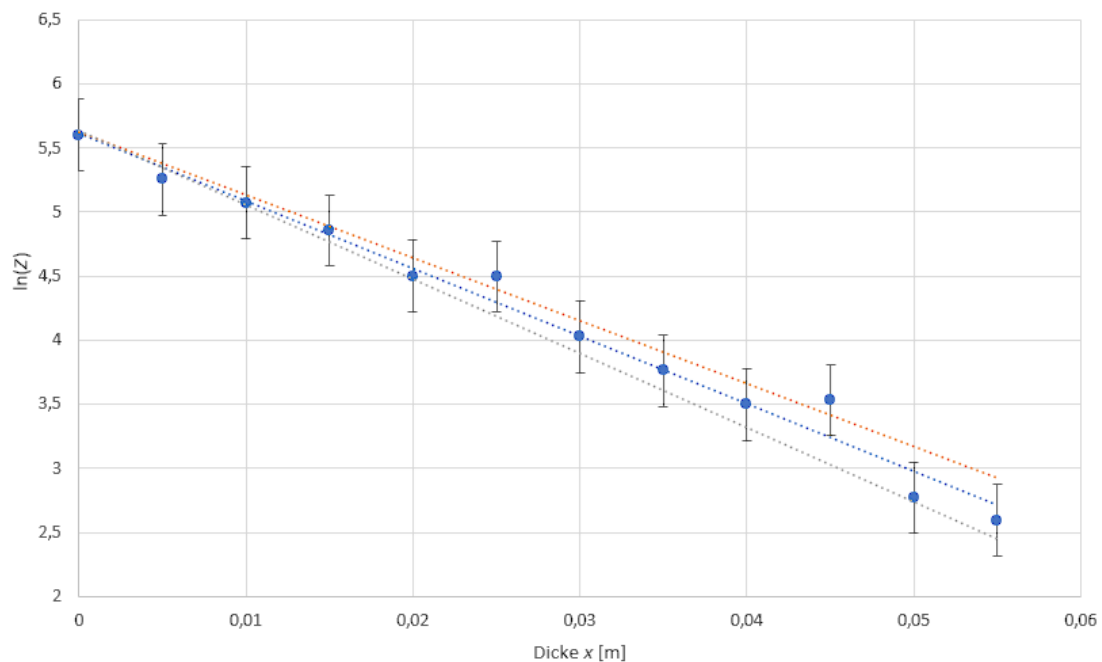


Abb.1: Aufgetragener natürlicher Logarithmus der Messwerte für Blei über der Dicke mit Fitgerade, den Fehlern und den maximalen Abweichungen.

Die jeweils blauen Fitgeraden werden durch die Geradengleichungen y_{Al} für Aluminium und y_{Pb} für Blei beschrieben.

$$y_{Al} = -13,686x + 5,5481$$

$$y_{Pb} = -52,92x + 5,6188$$

Dadurch ergibt sich für den Schwächungskoeffizienten für Aluminium $\alpha_{Al} = 13,686 \frac{1}{m}$ und für Blei $\alpha_{Pb} = 52,92 \frac{1}{m}$.

5.2 Berechnung der Halbwertsdicke $x_{\frac{1}{2}}$

Mithilfe von Formel 3.4 lässt sich die Halbwertsdicke berechnen. Damit ergibt sich folgende Halbwertsdicke für Aluminium:

$$x_{\frac{1}{2}}(Al) = \frac{\ln 2}{13,686 \frac{1}{m}} = 0,051 \text{ m}$$

Die Halbwertsdicke von Blei beträgt 0,013 m

5.3 Aktivität des ^{60}Co -Präperats

Die Aktivität lässt mithilfe von Gleichung 3.1 bestimmen. Der Zerfallsfaktor λ beträgt $= 4,170 \cdot 10^{-9} \text{s}^{-1}$ [2]. Da die letzte Aktivitätsmessung der Cobaltblocks am 01.01.2009 stattfand, liegen zwischen dem Versuchstag und der Aktivitätsmessung 14 Jahre und 210 Tage. Damit ergibt sich für die Aktivität:

$$A = 903 \text{ kBq} \cdot e^{-4,170 \cdot 10^{-9} \text{s}^{-1} \cdot 4,601 \cdot 10^8 \text{s}} = 132,569 \text{ kBq}$$

6 Fehlerrechnung

Die zerfallenen Kerne n_z in einem festen Zeitintervall t sind Poisson-Verteilt. Daher tritt bei der Messung der Null- als auch bei der Zählerreihe dieser Fehler auf. Der Fehler wird dabei über folgende Formel berechnet:

$$\Delta Z = \frac{\sqrt{\sum n_i}}{t}$$

Damit ergibt sich für die Nullrate N_0 folgender Fehler:

$$\Delta N_0 = \frac{\sqrt{915}}{15 \text{ min}} = 2,017 \frac{1}{\text{min}}.$$

Der Gesamtfehler ΔZ_{ges} ergibt sich über die Addition von dem Fehler der Nullrate sowie den Fehler der Zählrate:

$$\Delta Z_{\text{ges}} = \Delta Z + \Delta N_0.$$

In Tabelle 3 sind die Fehler der Zählrate von Blei und Aluminium sowie der Gesamtfehler festgehalten.

Tabelle 3: Fehler bei den Impulsen pro minute der verschiedenen Dicken der Elemente Aluminium und Blei.

Materialdicke [m]	ΔZ	ΔZ_{ges}
(Alu) 0,025	6,98	9,00
(Alu) 0,05	5,68	7,70
(Alu) 0,075	4,43	6,45
(Alu) 0,1	4,12	6,14
(Alu) 0,125	3,23	5,25
(Alu) 0,15	3,00	5,02
(Alu) 0,175	2,47	4,49
(Blei) 0,005	6,92	8,94
(Blei) 0,01	6,31	8,33
(Blei) 0,015	5,67	7,68
(Blei) 0,02	4,74	6,76
(Blei) 0,025	4,73	6,75
(Blei) 0,005	3,74	5,76
(Blei) 0,035	3,28	5,30
(Blei) 0,040	2,87	4,89
(Blei) 0,045	2,92	4,94
(Blei) 0,05	2,00	4,02
(Blei) 0,055	1,83	3,85

Die Fehler für die Schwächungskoeffizienten für Aluminium ist in Abb. 1 festgehalten und der Fehler für Blei in Abb. 2. Die Geradengleichungen für diese lauten:

$$y_{\text{Al-max}} = -12,856x + 5,5623$$

$$y_{\text{Al-min}} = -14,69x + 5,5377$$

$$y_{\text{Pb-max}} = -49,111x + 5,62$$

$$y_{\text{Pb-min}} = -57,969x + 5,6317$$

Der Größtfehler für den Schwächungskoeffizient von Blei beträgt dabei $\Delta\alpha = 5,04 \frac{1}{\text{m}}$, der Größtfehler von Aluminium beträgt $\Delta\alpha = 1,84 \frac{1}{\text{m}}$. Der Fehler der der

Halbwertsdicke lässt sich über folgende Formel berechnen:

$$\Delta x_{\frac{1}{2}} = \left| \frac{\delta x_{\frac{1}{2}}}{\delta \alpha} \right| \cdot \Delta \alpha = \left| - \frac{\ln(2)}{\alpha^2} \right| \cdot \Delta \alpha.$$

Somit ergibt sich folgender Fehler bei der Halbwertsdicke von Aluminium:

$$\Delta x_{\frac{1}{2}} = \left| - \frac{\ln(2)}{(13,686 \frac{1}{\text{m}})^2} \right| \cdot 1,84 \frac{1}{\text{m}} = 0,006 \text{ m}.$$

Somit ergibt sich folgender Fehler bei der Halbwertsdicke von Blei:

$$\Delta x_{\frac{1}{2}} = \left| - \frac{\ln(2)}{(52,92 \frac{1}{\text{m}})^2} \right| \cdot 5,04 \frac{1}{\text{m}} = 0,001 \text{ m}.$$

7 Zusammenfassung

Die Schwächungskoeffizienten von Aluminium und Blei konnten auf $\alpha_{\text{Al}} = 13,686 \pm 1,84 \frac{1}{\text{m}}$ und für Blei auf $\alpha_{\text{Pb}} = 52,92 \pm 5,04 \frac{1}{\text{m}}$ bestimmt werden. Die Halbwertsdicke wurde für Aluminium auf $x_{\frac{1}{2}}(\text{Al}) = 0,051 \pm 0,006 \text{ m}$ und für Blei auf $x_{\frac{1}{2}}(\text{Al}) = 0,013 \pm 0,001 \text{ m}$.

8 Literatur

- [1] Versuchsanleitung zu K10 (Zuletzt abgerufen am 01.08.2023)
- [2] <https://www.internetchemie.info/isotop.php?Kern=Co-60> (zuletzt aufgerufen am 01.08.2023)

9 Anhang

