

Praktikum Klassische Physik Teil 2 (P2)

Absorption radioaktiver Strahlung

Simon Fromme, Philipp Laur

30. April 2013

1 Geiger-Mer-Zrohr Eigenschaften

1.1 Einsatzspannung und Plateau-Anstieg des Zrohrs

Zur Aufnahme der Zrohr-Kennlinie wird ein Sr-90/Y-90-Betaprrat in konstantem Abstand zum Zrohr fixiert. Bei vererten Werten der Zrohrspannung U wird jeweils die Zrate am Zrohr aufgenommen. Die Intervallzeit wird zu $\Delta t = 1,2\text{s}$, die Laufzeit zu $T = 120\text{s}$ gewt. Im Messintervall von $U \in (52,64\text{ V} \dots 519,06\text{ V})$ werden insgesamt 31 Messreihen aufgenommen.

Die Mittelwerte fdie gemessene Zrohrspannung und Zrate jeder Messreihe sind folgender Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 1: Messergebnisse: Einsatzspannung und Plateau-Anstieg des Zrohrs

Messreihe	\bar{U} in V	\bar{n}	Messreihe	\bar{U} in V	\bar{n}	Messreihe	\bar{U} in V	\bar{n}
1	52,64	0,00	12	314,10	259,40	22	394,99	270,56
2	100,46	0,00	13	321,32	262,64	23	404,75	278,20
3	150,30	0,00	14	329,24	262,52	24	417,18	282,50
4	199,72	0,00	15	341,62	266,48	25	440,03	276,10
5	249,48	0,00	16	348,94	263,60	26	450,48	268,10
6	278,40	0,00	17	362,90	270,00	27	450,53	275,60
7	290,94	0,00	18	374,34	272,40	28	461,31	275,10
8	294,72	0,00	19	374,92	273,52	29	491,18	282,69
9	299,32	0,00	20	374,64	274,51	30	507,46	277,65
10	291,48	192,64	21	382,04	275,75	31	519,06	282,40
11	309,06	251,56						

Tr man die Zrate n gegen die Einsatzspannung U in einem Diagramm ab, erkennt man gut den Plateaubereich, in welchem sich n in Abhigkeit von U kaum ert. Um den Plateau-Anstieg zu bestimmen, wird durch diese Punkte eine Regressionsgerade gelegt.

Abbildung 1: Zrohr-Kennlinie

Die Gleichung der Regressionsgerade durch die Punkte im Plateaubereich (Messpunkte 12-31) wird mit Hilfe von OriginPro 8.6G zu

$$n = 0,10277 \cdot U + 230,52553$$

bestimmt. Der Standardfehler der Steigung betr $\sigma_c = 0,01758$, der Standardfehler des Y-Achsenabschnitts $\sigma_Y = 7,09161$. Hierbei wurde jedoch vernachlässigt, dass die Datenpunkte für die Regression (Mittelwerte der einzelnen Messreihen) bereits fehlerbehaftet sind.

Für den Arbeitspunkt des Zrohrs empfiehlt es sich, einen Punkt in der Mitte des Plateaubereichs zu wählen. Als guter empirischer Wert hat sich $U_A = U_1 + 50 \text{ V}$ herausgestellt, wobei U_1 die Einsatzspannung (ermittelt $U_1 \approx 301 \text{ V}$) ist. In Absprache mit der Praktikumsbetreuerin wird für die nachfolgenden Versuche die etwaige Einsatzspannung

$$U_A = 400 \text{ V}$$

festgelegt.

1.2 Untergrundrate (Nulleffekt)

Für die Bestimmung des Nulleffekts wurden alle radioaktiven Quellen vom Zrohr entfernt (Bleiburg). Insgesamt 160 mal wurde die Zrate in Intervallen von jeweils $\Delta t = 5 \text{ s}$ gemessen, wobei sich folgende Histogrammverteilung ergab:

Abbildung 2: Verteilung der Zraten nach Entfernung aller Strahlungsquellen

Dabei ergibt sich der Mittelwert der Zrate zu

$$\bar{n}_{NE} = 0,3125 \text{ s}^{-1}$$

und die Standardabweichung zu

$$s_{NE} = 0,5162 \text{ s}^{-1}$$

1.3 Totzeit des Zrohrs nach der Zwei-Prorate-Methode

Zur Bestimmung der Totzeit des Zrohrs wird in einem Zeitintervall von $T = 120 \text{ s}$ die Anzahl der Ereignisse N_i für folgende Proben bestimmt:

1. Sr-90/Y-90 (18 Bq) und Sr-90/Y-90 (37 Bq)
2. Sr-90/Y-90 (37 Bq)
3. Sr-90/Y-90 (18 Bq)

Tabelle 2: Messergebnisse: Totzeit des Zrohrs

Probe Nr.	Ereignisanzahl N
1	26774
2	23863
3	16627

(a) Abstand - mittlere Zrate

(b) Abstand - Standardabweichung Zrate

Abbildung 3: rprng Abstandsgesetz

Aus der Beziehung (siehe Vorbereitung)

$$\tau = \frac{T}{N_{12}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(N_1 + N_2 - N_{12}) \cdot N_{12}}{N_1 \cdot N_2}} \right) \quad (1)$$

folgt die Totzeit

$$\tau = 3,259 \text{ ms}$$

In den folgenden Aufgaben wird nun die gemessene Zrate n' jeweils um Totzeit des Zrohrs τ und die Nullrate n_{NE} korrigiert¹. Es gilt dann die (wahre) Zrate

$$n = \frac{n'}{1 - \tau \cdot n'} - n_{NE}$$

bzw.

$$n = \frac{n'}{1 - 3,259 \text{ ms} \cdot n'} - 0,3125 \text{ s}^{-1}$$

1.4 Güte des Abstandsgesetzes

Zur Prüfung des Abstandsgesetzes ($n = k \cdot R^{-2}$, mit einer Konstante k) wird im Abstand² R der Quelle vom Zrohr jeweils 100 mal die Zrate $\Delta t = 2 \text{ s}$ gemessen. Im Bereich von $R \in (3,4 \text{ mm} \dots 15,4 \text{ mm})$ wird nun der Abstand R variiert und aus der jeweiligen Messreihe der Mittelwert und die Standardabweichung der Zrate berechnet.

Tr man diese Werte in einem doppellogarithmischen Graphen auf, so kann man einen linearen Zusammenhang erkennen.

¹In den nachfolgenden Tabellen sind die Zraten jeweils schon korrigiert

²Der gemessene Abstand zwischen Vorderkante Prät und Vorderkante Zrohr wurde noch um die Entfernung Prät - Vorderkante Zrohr $d = 4 \text{ mm}$ korrigiert

Tabelle 3: (korrigierte) Messergebnisse: rprng Abstandsgesetz

R in cm	\bar{n} in s^{-1}	s_n in s^{-1}
3,4	16,03	5,03
4,4	9,93	2,83
5,4	6,87	2,27
6,4	5,03	2,52
7,4	4,36	2,35
8,4	3,03	2,05
9,4	2,73	1,64
10,4	2,32	1,43
15,4	1,31	1,15

Legt man eine Regressionsgerade der Form $y = m \cdot x + c$ durch beide Messreihen, so erh man³:

- **Abstand R - Mittelwert \bar{n} :**

$$m_1 = -1,85749 \quad c_1 = 5,05672$$

- **Abstand R - Standardabweichung s_n :**

$$m_2 = -0,9469 \quad c_2 = 2,67826$$

Aus der Gleichung der Regressiongerade

$$\ln(y) = m \cdot \ln(x) + c \Rightarrow y = e^{m \cdot \ln(x) + c} \Rightarrow y = e^c \cdot x^m$$

erh man dann folgende Schungen fdie funktionale Abhigkeit von \bar{n} bzw. s_n von R :

- **Abstand R - Mittelwert \bar{n} :**

$$\bar{n} = 157,07 \cdot R^{-1,85749}$$

- **Abstand R - Standardabweichung s_n :**

$$s_n = 14,56 \cdot R^{-0,9469}$$

Dies stimmt ungef mit dem Abstandsgesetz rein, auch wenn ein relativ gro Fehler im Exponenten auftritt.

Dieser kte u.a. durch die Absorption eines Teils der Gammastrahlung durch die Luftmolek verursacht sein.

³Auf die Verwendung von Einheiten wird nachfolgend verzichtet, es sei R stets in cm, n in s^{-1} gegeben

2 α -Absorption

Dieser Versuchsteil wird aus Zeitgren von der Praktikumsgruppe 38 (Carl Degitz, Fabio Bertucco) durchgeführt. Als Prrat wird Am-241 verwendet. Da mit einem anderen Zrohr gemessen wurde, müssen zuerst Totzeit und Nullrate neu bestimmt werden.

2.1 Totzeit

Mit der bekannten Beziehung wird die Totzeit zu

$$\tau = 0,037 \text{ ms}$$

bestimmt.

Tabelle 4: Messergebnisse: Totzeit des Zrohrs (Praktikumsgruppe 38)

Probe	Ereignisanzahl N
1	30898
2	22775
3	8239

2.2 Nulleffekt

Nach den Messungen zur Bestimmung des Nulleffekts ergibt sich folgende Histogrammverteilung

Tabelle 5: Messergebnisse: Nulleffekt des Zrohrs (Praktikumsgruppe 38)

Zrate n	Ereignisse
0	122
1	31
2	8

Daraus ergibt sich die Nullrate als Mittelwert der Zrate ohne Strahlungsquellen zu

$$n_{NE} = 0,2919 \text{ s}^{-1}$$

2.3 Korrektur Gammastrahlung

Da am Prrat sowohl Alpha-, als auch Gammastrahlung abgestrahlt wird, müssen die Messwerte um die Zrate der Gammastrahlung korrigiert werden. Hierzu werden zusätzlich neun Messreihen ($T = 60 \text{ s}$, $\Delta t = 1,2 \text{ s}$) aufgenommen, wobei das Prrat durch eine Kappe verdeckt wird. Durch diese Maßnahme wird dort alle Alphastrahlung absorbiert, so dass nur Gammastrahlung am Detektor gemessen wird.

Die Absorption von Gammastrahlung durch Luft ist sehr gering. Deswegen wird angenommen, dass der Beitrag der Gammastrahlung n_γ zur gemessenen Zrate nicht vom Abstand R abht. Deswegen wird zur n_γ durch den Mittelwert der gemessenen Zraten⁴ n_i $i \in \{1 \dots 9\}$ abgescht.

Mit der Korrektur um Totzeit, Nulleffekt und Gammastrahlung wird die (wahre) Zrate n der Alphastrahlung durch das Zrohr im Abstand R von der Quelle zu

$$n = \frac{n'}{1 - \tau \cdot n'} - n_{NE} - n_\gamma$$

berechnet.

2.4 Raumwinkelkorrektur

Unter der Annahme, dass die Strahlung vom Prrat gleichmg in den ganzen Raumwinkel 4π abgestrahlt wird, misst man durch den Versuchsaufbau in grer Entfernung (auch im Vakuum) immer nur den Anteil der Strahlung, der dem Verhnis der Zrohrfensterfle zu einer gedachten Kugel mit Radius R um die Probe entspricht.

Um die gesamte Zrate zu berechnen, die im Abstand R vom Prrat (Annahme: Prrat punktfmig) auftritt, muss folglich noch zuslich um den Faktor⁵

$$k_{RW} = \frac{4\pi R^2}{A_{Fenster}} = \frac{4R^2}{r^2}$$

korrigiert werden, wobei $r = 4,5 \text{ mm}$ der Radius des Zrohrfensters ist.

Bersichtigt man alle Effekte, muss die am Zrohr gemessene Zrate n' also auf

$$\begin{aligned} n &= \frac{4R^2}{r^2} \left(\frac{n'}{1 - \tau \cdot n'} - n_{NE} - n_\gamma \right) \\ &= \frac{4R^2}{(4,5 \text{ mm})^2} \left(\frac{n'}{1 - 3,7 \times 10^{-5} \text{ s} \cdot n'} - 0,2919 \text{ s}^{-1} - 0,5437 \text{ s}^{-1} \right) \end{aligned}$$

korrigiert werden.

2.5 Absorptionskurve

Korrigiert man die gemessene Entfernung R' von Prrat zu Zrohr noch um den Abstand Prrat - Quellenrand $d_1 = 7 \text{ mm}$ und um den Materialeinfluss des Zrohrfensters (entspricht

⁴Zuvor werden die Zraten um Totzeit und Nulleffekt korrigiert

⁵Da die Fensterfle des Zrohrs eben und nicht gekrt ist und dadurch die Heliumkerne in der Mitte dieser Fle einen geringeren Weg, als die am Rand zurgelegt haben, ist die Korrektur nicht ganz genau. Wird r im Vergleich zu R grotritt ein grer Korrekturf Fehler auf.

$d_2 = 1 \text{ mm}$ Luftweg) so erh man

$$\begin{aligned} R &= R' + d_1 + d_2 \\ &= R' + 7 \text{ mm} + 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Die Raumwinkelkorrektur ist jedoch nur mit

$$\begin{aligned} R_{RW} &= R' + d_1 \\ &= R' + 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

durchzufen, da hier nur der geometrische Abstand von der Strahlungsquelle entscheidend ist.

Insgesamt erh man folgende (korrigierte) Messwerte:

Tabelle 6: Absorption der α -Strahlung von Am-241 in Luft

R in mm	Zrate n in s^{-1}				
	ohne Korr.	Totzeitkorr.	Nulleffektkorr.	Gammakorr.	Raumwinkelkorr.
9	191,88	193,25	192,96	192,42	2432,52
10	186,50	187,80	187,50	186,96	2991,36
11	159,28	160,22	159,93	159,39	3148,42
12	136,74	137,44	137,14	136,60	3264,90
13	115,42	115,92	115,62	115,08	3273,37
14	101,98	102,37	102,07	101,53	3389,37
15	89,54	89,84	89,55	89,00	3445,81
16	84,06	84,32	84,03	83,49	3710,52
17	71,02	71,21	70,92	70,37	3558,54
18	62,59	62,73	62,44	61,90	3533,53
19	56,14	56,26	55,96	55,42	3546,96
20	50,14	50,23	49,94	49,40	3522,48
21	47,22	47,30	47,01	46,47	3671,47
22	41,94	42,01	41,71	41,17	3586,33
23	37,20	37,25	36,96	36,42	3481,52
24	33,50	33,54	33,25	32,71	3417,57
25	15,82	15,83	15,54	14,99	1705,95
26	4,14	4,14	3,85	3,30	407,69
27	0,94	0,94	0,65	0,10	13,95
28	0,82	0,82	0,53	-0,02	-2,24
33	0,48	0,48	0,19	-0,36	-71,92
38	0,48	0,48	0,19	-0,36	-96,15

Da der tatschlich auftretende Nulleffekt und die ermittelte Zrate der Gamma-Strahlung um den jeweiligen Mittelwert streut, kann es durch die Korrektur bei geringen Zraten

zu negativen Werten kommen). Diese liegen aber in der statistischen Schwankungsbreite der beiden Korrektur Terme.

Tr man n gegen R ab, so ergibt sich die Absorptionskurve von Am-241.

Abbildung 4: Absorptionskurve Am-241

Auffig ist, dass die Zrate bei $R = 24 \text{ mm}$ relativ abrupt abft. Das lt sich dadurch erklrn, dass Am-241 α -Strahlung nur in der diskreten Energie $E = 5,5 \text{ MeV}$ abstrahlt. Dies ist bei Ra-226 anders, wo α -Strahlung bei mehreren diskreten Energien auftritt und der Sprung deswegen weniger abrupt ist. Dass die Kurve zunst ansteigt ist theoretisch verwunderlich, lt sich aber durch die fehlerhafte Raumwinkelkorrektur erklrn. Fkleine R macht sich die Tatsache bemerkbar, dass das Zrohrfenster in Wirklichkeit nicht eben ist.

3 β -Absorption

Dieser Versuchsteile ist aus Zeitgren von der Praktikumsgruppe 12 (Marie Weiel, Woo-Jeong Baek) durchgeft wurden. Die Totzeit und der Nulleffekt (Verwendung von anderem Zrohr) werden von dieser Gruppe zu

$$\tau = 4,013 \text{ ms}$$

und

$$n_{NE} = 0,38 \text{ s}^{-1}$$

bestimmt.

3.1 Absorptionskurve

Der Versuch wird wie in der Vorbereitung beschrieben durchgeft. Bei jeweils gleicher Geometrie Strahler-Absorber-Blende-Zrohr wird die Absorberdicke im Intervall von $d' \in (0 \dots 1990 \text{ } \mu\text{m})$ variiert und jeweils die Anzahl der Ereignisse am Zrohr N gemessen. Die Messung erfolgt jeweils in einer Zeitspanne $T_{\text{max}} = 300 \text{ s}$ bzw. bis N die Grenze $N_{\text{max}} = 10000$ rschreitet.

Da beim Beta-Zerfall von Sr-90/Yi-90 keine Gamma-Strahlung emmitiert wird, kann auf eine γ -Korrektur im Folgenden verzichtet werden. Die Luftabsorption und die Absorption des Zrohrfensters wird durch die Korrektur

$$d = d' + 12 \text{ mm}$$

bersichtigt.

Die Korrektur um Totzeit und Nulleffekt erfolgt wie bisher, allerdings wird die unterschiedliche Totzeit und der unterschiedliche Nulleffekt der anderen Versuchsanordnung bersichtigt.

Folgende (bereits korrigierte) Daten werden gemessen:

Tabelle 7: Zrate in Abhängigkeit der Absorberdicke

d in mm	n in s^{-1}
12,0	113,65
22,0	106,96
24,5	107,50
37,0	98,94
62,0	88,77
112,0	69,19
212,0	47,72
322,0	46,28
537,0	33,20
992,0	17,52
1472,0	8,10
2002,0	3,12

Um das Abstandsgesetz

$$n(d) = n_0 \cdot e^{-\mu d} \Leftrightarrow \ln(n) = \ln(n_{NE}) - \mu d$$

zu repräsentiert man die logarithmische Zrate gegen die Absorberdicke auf und erhält aus einer Regressionsgeraden der Form

$$\ln(n) = m \cdot d + c$$

die Parameter

$$\mu = -m$$

$$n_0 = e^c$$

3.2 Y-90 Zerfall (höherenergetisch)

Da eine exponentielle Abhängigkeit der Zrate nur für Absorberdicken hinreichend gut ist, bei denen die Abschwächung unter 50 % liegt, wurden die letzten beiden Messpunkte bei der Regression vernachlässigt. Da sich im Bereich vor $d \approx 200$ mm zudem beide Zerfallsarten überlagern (und die exponentielle Näherung nur für eine einzelne Zerfallsart zulässig ist) wurden diese Punkte ebenfalls nicht betrachtet.

Abbildung 5: Bestimmung der Absorptionskurve von Y-90

Durch lineare Regression wurde die Abhängigkeit

$$\ln(n) = -0,00144 \cdot d + 4,29044$$

ermittelt, woraus folgt

$$\begin{aligned}\mu &= 0,001\,44\,\mu\text{m}^{-1} = 1440\,\text{m}^{-1} \\ n_0 &= 72,998\,58\,\text{s}^{-1}\end{aligned}$$

Damit hat die Absorptionskurve im betrachteten Bereich die Form

$$n(d) = 72,998\,58\,\text{s}^{-1} \cdot e^{-1440\,\text{m}^{-1} \cdot d}$$

und fden **Absorptionskoeffizienten** folgt

$$\mu = 1440\,\text{m}^{-1}$$

Der **Massenabsorptionskoeffizient** κ ist als Quotient von Absorptionskoeffizient μ und Dichte des Absorbermaterials Aluminium $\rho = 2700\,\text{kg m}^{-3}$ definiert.

$$\begin{aligned}\kappa &= \frac{\mu}{\rho} \\ &= 0,533\,\text{m}^2\text{kg}^{-1}\end{aligned}$$

Um die **Reichweite** der Strahlung abzuschätzen wird die Annahme gemacht, dass diese Absorptionskurve auch für große Absorberdicken zutreffend ist⁶. Dann ist die Reichweite gleich der Absorberdicke d_{max} für die Zrate (aus der bestimmten Absorptionskurve) gleich der Nullrate $n_{NE} = 0,38\,\text{s}^{-1}$ ist.

Also

$$\begin{aligned}d_{max} &= \frac{1}{\mu} \cdot \ln\left(\frac{n_0}{n_{NE}}\right) \\ &= 3651,41\,\mu\text{m}\end{aligned}$$

Die Berechnung der **Grenzenergie** erfolgt nach der empirischen Flammersfeld-Beziehung W in MeV, d_{max} in cm, ρ in gcm^{-3})

$$\begin{aligned}W &= 1,92 \cdot \sqrt{d_{max}^2 \rho^2 + 0,22 \cdot d_{max} \rho} \\ &= 2,09\,\text{MeV}\end{aligned}$$

Diese stimmt mit dem Literaturwert von $W = 2,284\,\text{MeV}$ recht gut rein.

⁶Dies ist allerdings im Widerspruch zur Aussage in der Aufgabenstellung

3.3 Sr-90 Zerfall (niederenergetisch)

Im Diagramm stellt man einen Knick bei $d \approx 200 \text{ mm}$ fest. Dieser kann dadurch erklärt werden, dass im Prrat Sr-90 zuerst zu Yi-90 und Yi-90 anschließend zu stabilem Zr-90 zerfällt. Beide β -Zerfälle haben unterschiedliche Energiespektren, wobei Y-90 eine wesentlich höhere Zerfallsenergie hat. Die Elektronen, die beim Zerfall von Sr-90 emittiert werden, haben durch ihre geringere kinetische Energie also eine geringere Reichweite.

$$d_{\max} \approx 200 \text{ } \mu\text{m}$$

Um die (niederenergetische) Absorptionskurve von Sr-90 zu bestimmen, müssen die Messwerte im Bereich $d < 200 \text{ } \mu\text{m}$ noch um den Beitrag der höherenergetischen Betastrahlung von Y-90 korrigiert werden. Mit der bereits bestimmten Absorptionskurve erfolgt die Korrektur durch

$$n_{\text{Sr-90}} = n - 72,998\,58 \text{ s}^{-1} \cdot e^{-1440 \text{ m}^{-1} \cdot d}$$

womit sich folgende Messpunkte ergeben

Tabelle 8: Zraten (korrigiert um den Einfluss der höherenergetischen Beta-Strahlung)

d in μm	$n_{\text{Sr-90}}$ in s^{-1}
12,0	41,90
22,0	36,24
24,5	37,03
37,0	29,73
62,0	22,01
112,0	7,07

Analog zur Bestimmung der Absorptionskurve bei höherenergetischer Betastrahlung wird wieder $\ln(n_{\text{Sr-90}})$ gegen d abgetragen.

Abbildung 6: Bestimmung der Absorptionskurve von Sr-90

Durch lineare Regression wurde die Abhängigkeit

$$\ln(n) = -0,01771 \cdot d + 4,02477$$

ermittelt, woraus folgt

$$\begin{aligned} \mu &= 0,01771 \text{ } \mu\text{m}^{-1} = 17\,710 \text{ m}^{-1} \\ n_0 &= 55,967 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

Damit hat die Absorptionskurve im betrachteten Bereich die Form

$$n(d) = 55,967 \text{ s}^{-1} \cdot e^{-17\,710 \text{ m}^{-1} \cdot d}$$

und fden **Absorptionskoeffizienten** folgt

$$\mu = 17\,710 \text{ m}^{-1}$$

Analog zur Rechnung im letzten Abschnitt werden die verbliebenen Kenngrn berechnet:
Massenabsorptionskoeffizient κ

$$\begin{aligned}\kappa &= \frac{\mu}{\rho} \\ &= 6,559 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}\end{aligned}$$

Grenzenergie nach empirischer Flammersfeld-Beziehung W in MeV, d_{max} in cm, ρ in gcm^{-3})

$$\begin{aligned}W &= 1,92 \cdot \sqrt{d_{max}^2 \rho^2 + 0,22 \cdot d_{max} \rho} \\ &= 0,234 \text{ MeV}\end{aligned}$$

Diese weicht jedoch relativ stark vom Literaturwert $W = 0,54 \text{ MeV}$ ab, was darauf hindeutet, dass die Reichweite der niederenergetischen Beta-Strahlung sehr ungenau bestimmt worden ist.

4 γ -Absorbtion

4.1 Absorptionskurve fBlei von Co-60

Der Versuch wurde wie in der Ausgabenstellung beschrieben durchgef. Die Intervallzeit wird zu $\Delta t = 100 \text{ ms}$, die Laufzeit zu $T = 300 \text{ s}$ gewt. FAbsorderdicken bis 250 mm werden insgesamt acht Messreihen aufgenommen.

Die Messergebnisse wurden um den Nulleffekt und die Totzeit korrigiert.

Abbildung 7: Co-60 Zrate(logarithmisch) r Dicke

Durch die Messwerte wurde eine Regressionsgerade der Form

$$n(d) = m \cdot d + c$$

gelegt.

Tabelle 9: (korrigierte) Messergebnisse: Absorptionsverhalten der Co-60 γ -Quelle bei verschiedenen Bleidicken

Dicke d in mm	0	10	20	50	100	150	200	250
mittlere Zrate n' in s^{-1}	6,24	5,43	5,09	4,29	3,60	2,80	2,11	1,75
korrr. mittlere Zrate n in s^{-1}	5,92	5,12	4,78	4,00	3,30	2,50	1,81	1,45
$\ln(n)$	1,78	1,63	1,56	1,38	1,20	0,92	1,60	0,37

Abbildung 8: Cs-137 Zrate(logarithmisch) r Dicke

Fdie Co-60 Quelle ergibt sich

$$m = 0,05473 \text{ mm}^{-1}$$

betr die Steigung der Ausgleichsgraden , der Massenkoeffizient $k = 0,0474 \text{ cmg}^{-1}$, woraus sich die Halbwertsdicke $d_{0,5} = 12,66 \text{ mm}$ ergibt. FCs-137 betr die Steigung der Ausgleichsgraden $0,10356 \text{ mm}^{-1}$, der Massenkoeffizient $k=0,0112 \text{ cmg}^{-1}$, woraus sich die Halbwertsdicke $d_{0,5} = 6,70 \text{ mm}$ ergibt. Der deutliche Unterschied lt sich nur auf eine Unterschiedliche Energie der Photonen zurufen, welche beim Co-60 Prarat deutlich hr sein muss. Dieser Befund wird auch durch die Angaben auf dem Arbeitsblatt bestgt, dargestellt in einem sogenannten Zerfallsschema. Messfehler sind natich nicht ausgeschlossen, es wurde aber auf eine bestmiche Vergleichbarkeit geachtet.

Abbildung 9: Zerfallsdiagramm Co-60

Abbildung 10: Zerfallsdiagramm Cs-137

4.2 4.3

Fdiesen Versuch wurden verschiedene Materialien hinsichtlich ihrer Abschirmfgkeit untersucht. Der Nulleffekt $N = 0,38 \text{ s}^{-1}$ und die Totzeit $4,013 \text{ ms}$ wurden von der Gruppe-38 rnommen. Die Zrate fkein Absorber wurde extrapoliert auf $R_0 = 4,41079 \text{ s}^{-1}$, da hierzu keine Messergebnisse vorlagen. Aus den Diagrammen erkennt man den linearen Zusammenhang zwischen Absorption und Dichte.

Abbildung 11: Zrate r Dichte

Tabelle 10: Absorptionsvermögen unterschiedlicher Materialien

Material	Dicke d in mm	Dichte ρ in gcm^{-2}	Zerfallskonstante λ	Absorption $A = 1 - \frac{n}{n_0}$
Eisen	25,0	7,8	1,88	0,573
Plexiglas	25,0	1,18	4,04	0,083
Beton	25,0	2,14	3,50	0,207
Hartholz	25,0	0,68	4,38	0,007
Blei	25,0	11,35	0,81	0,820

Abbildung 12: Absorptionsvermögen in Abhängigkeit von der Dichte