

Protokoll Gammadosisleistung

Fuch, Gutman, Kosb, Kowa, Seindorf, Fäker

18. Dezember 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzbeschreibung des Versuches	1
2	Messwerttabelle ohne Abschirmung	2
3	Graphische Darstellung von P_x in Abhängigkeit vom Abstand r	2
4	Berechnung von P_x aus gegebener Aktivität und Vergleich mit den Messwerten	3
4.1	Berechnung	3
4.2	Vergleich	4
5	Eignung der drei Detektoren und Ursachen der Abweichungen	4
6	Berechnung der linearen Schwächungskoeffizienten	5
7	Halbwertsdicke und Massenschwächungskoeffizient	7
8	Berechnung der erforderlichen Schutzschichtdicke	7
9	Einfluss des Abschirmmaterials auf die Strahlenschutzeinrichtungen	8

1 Kurzbeschreibung des Versuches

- Die Messgeräte werden gemäß Praktikumsanleitung in Betrieb genommen.
- Bei geschlossenem Behälter wird die Dosisleistung der Quelle gemessen.
- Die Quelle wird im Versuchsaufbau fixiert.
- Mit den drei Messgeräten wird nacheinander in verschiedenen Abständen die Dosisleistung gemessen.
- Anschließend werden Abschirmmaterialien (Leichtbeton, Schwerbeton und Blei) vor der Quelle angebracht und die Messungen erneut durchgeführt.

2 Messwerttabelle ohne Abschirmung

Abstand [m]	$P_{x;LB133}$ [$\mu Sv/h$]	$P_{x;RGD27091}$ [$\mu Sv/h$]	$P_{x;FH40G}$ [$\mu Sv/h$]	$\overline{P_x}$ [$\mu Sv/h$]
0.02	4500.00	1580.00	4600.00	3560.00
0.07	1600.00	840.00	1150.00	1196.67
0.12	750.00	445.00	535.00	576.67
0.22	250.00	182.00	185.00	205.67
0.32	140.00	100.00	101.00	113.67
0.42	80.00	65.00	63.30	69.43
0.52	50.00	40.00	41.30	43.77
0.62	45.00	32.00	29.60	35.53
0.82	30.00	19.00	19.20	22.73
1.02	17.00	11.00	12.00	13.33
1.22	10.00	8.80	8.42	9.07
1.52	7.50	6.50	6.90	6.97
2.02	4.50	3.05	3.58	3.71
2.52	3.50	2.00	2.75	2.75
3.02	2.25	1.40	1.80	1.82

Tabelle 1: Messwerttabelle ohne Abschirmung

3 Graphische Darstellung von P_x in Abhängigkeit vom Abstand r

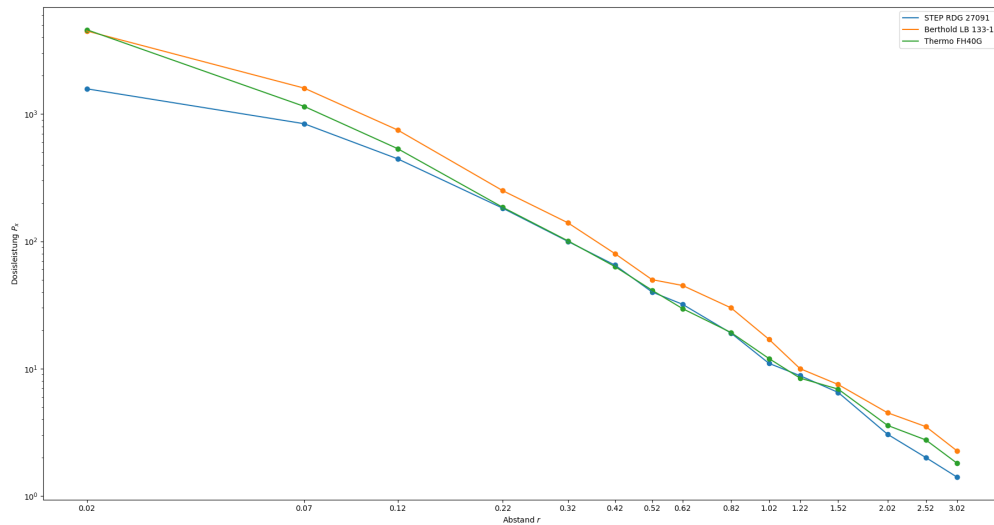


Abbildung 1: P_x in Abhängigkeit vom Abstand zur Quelle

4 Berechnung von P_x aus gegebener Aktivität und Vergleich mit den Messwerten

4.1 Berechnung

Zunächst berechnet sich die Aktivität aus:

$$\begin{aligned}A(t) &= A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \\&= A_0 \cdot e^{-t \cdot \frac{\ln(2)}{T_{1/2}}} \\A_0 &= 0,26 \cdot 10^9 Bq \text{ (Aktivität zum Zeitpunkt 0 - Febr. 1993)} \\T_{1/2} &= 30a\end{aligned}$$

Damit beträgt die Aktivität zum jetzigen Zeitpunkt (Dezember 2022 - $t \approx 29,75a$):

$$\begin{aligned}A(29,75a) &= A_0 \cdot e^{-29,75a \cdot \frac{0,693}{30a}} \\&= A_0 \cdot e^{-0,6874} \\&= 0,1308 GBq\end{aligned}$$

P_x berechnet sich im Anschluss durch:

$$\begin{aligned}P_x &= K \cdot \frac{A}{r^2} \\K &= 0,0925 mSv \cdot m^2 / (h \cdot GBq)\end{aligned}$$

wobei A die soeben berechnete Aktivität der Strahlenquelle, K die Dosiskonstante und r den Abstand des Messgeräts von der Quelle beschreibt.

4.2 Vergleich

Abstand [m]	$P_{x;\text{berechnet}}$ [$\mu Sv/h$]	$\bar{P}_{x;\text{gemessen}}$ [$\mu Sv/h$]
0.02	30236.65	3560.00
0.07	2468.30	1196.67
0.12	839.91	576.67
0.22	249.89	205.67
0.32	118.11	113.67
0.42	68.56	69.43
0.52	44.73	43.77
0.62	31.46	35.53
0.82	17.99	22.73
1.02	11.63	13.33
1.22	8.13	9.07
1.52	5.23	6.97
2.02	2.96	3.71
2.52	1.90	2.75
3.02	1.33	1.82

Tabelle 2: Dosisleistungen aus der gegebenen Aktivität der Cs-137-Quelle

5 Eignung der drei Detektoren und Ursachen der Abweichungen

Es ist zu sehen, dass für kleine Abstände der theoretisch berechnete Wert deutlich über den gemessenen Werten liegt.

Diese Abweichungen ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass keines der Messgeräte für die Messung mit einem derart kleinen Abstand zur Strahlenquelle konzipiert ist.

Messungenauigkeiten können sich bspw. durch das ungleiche Größenverhältnis zwischen dem Messgerät und der Strahlungsquelle, sowie verfälschte Abstandszuordnungen bedingt durch den Messgeräts-Aufbau ergeben.

Ab 32 cm entsprechen die gemessenen Dosisleistungen annähernd den berechneten Werten, wobei sich der maximale Fehler auf ca. $\pm 8,1\%$ beläuft.

Die Abweichungen der Messgeräte untereinander sind höchstwahrscheinlich auf unterschiedliche Sensorgrößen zurückzuführen.

Der auftretende Größenunterschied führt damit insbesondere bei kleinen Abständen zu veränderten Aufnahmewinkeln für Strahlung und damit für sehr deutlich sichtbare Abweichungen.

6 Berechnung der linearen Schwächungskoeffizienten

d [m]	$P_{x;Leichtbeton} [\mu Sv/h]$			$P_{x;Schwerbeton} [\mu Sv/h]$			$P_{x;Blei} [\mu Sv/h]$		
	LB 133	RGD 27091	FH 40G	LB 133	RGD 27091	FH 40G	LB 133	RGD 27091	FH 40G
0,07	—	—	—	—	—	—	2,40	6,00	8,00
0,12	—	—	—	—	—	—	1,20	3,39	3,50
0,22	—	—	—	—	—	—	0,30	0,75	1,40
0,32	60,00	65,80	80,00	4,35	4,84	7,50	0,20	0,69	0,70
0,42	36,00	37,70	45,00	3,00	3,40	3,50	—	0,59	0,55
0,52	24,00	26,00	35,00	2,50	2,74	2,50	—	0,43	0,30
0,62	17,50	18,80	20,00	1,00	1,85	1,80	—	—	—
1,02	6,40	7,38	8,00	0,50	1,00	1,00	—	0,36	0,20
1,52	3,50	3,70	3,50	0,30	0,35	0,55	—	—	—

Tabelle 3: Messwerttabelle mit Abschirmung

Die linearen Schwächungskoeffizienten μ lassen sich folgendermaßen berechnen:

$$\begin{aligned}
 P_x &= B_D \cdot P_{x0} \cdot e^{-\mu x} \\
 P_x &= P_{x0} \cdot e^{-\mu x} \\
 \frac{P_x}{P_{x0}} &= e^{-\mu x} \\
 \ln \left(\frac{P_x}{P_{x0}} \right) &= -\mu x \\
 \mu &= -\frac{\ln \left(\frac{P_x}{P_{x0}} \right)}{x}
 \end{aligned}$$

wobei P_x die Dosisleistung mit Abschwächung, P_{x0} die Dosisleistung ohne Abschwächung und x die Dicke der Abschirmung bezeichnet.

In diesem Versuch kann der Dosiszuwachs faktor B_D vernachlässigt werden, da er durch die Steuerung der Comptonquanten annähernd 1 beträgt.

Abstand	$\mu_{\text{RDG}} [1/m]$	$\mu_{\text{FH40}} [1/m]$	$\mu_{\text{LB133}} [1/m]$	$\bar{\mu} [1/m]$
0,32	2,55	2,14	2,80	2,50
0,42	2,95	2,59	2,88	2,81
0,52	2,55	2,31	1,78	2,22
0,62	3,02	2,27	4,05	3,11
1,02	2,71	2,43	3,77	2,97
1,52	3,10	3,12	3,81	3,34
\emptyset	2,81	2,48	3,18	2,82

Tabelle 4: Lineare Schwächungskoeffizienten für Leichtbeton

Abstand	$\mu_{\text{RDG}} [1/m]$	$\mu_{\text{FH40}} [1/m]$	$\mu_{\text{LB133}} [1/m]$	$\bar{\mu} [1/m]$
0,32	15,67	15,19	14,63	15,17
0,42	15,38	14,62	15,65	15,22
0,52	13,86	13,56	14,98	14,14
0,62	17,33	13,86	16,09	15,76
1,02	15,46	12,42	14,17	14,02
1,52	15,38	14,91	13,06	14,45
\emptyset	15,51	14,10	14,76	14,79

Tabelle 5: Lineare Schwächungskoeffizienten für Schwerbeton

Abstand	$\mu_{\text{RDG}} [1/m]$	$\mu_{\text{FH40}} [1/m]$	$\mu_{\text{LB133}} [1/m]$	$\bar{\mu} [1/m]$
0,07	117,16	105,12	105,97	109,41
0,12	118,32	101,23	107,35	108,96
0,22	128,16	110,16	103,70	114,01
0,32	124,29	99,72	105,97	109,99
0,42	—	93,51	99,60	96,56
0,52	—	91,30	102,32	96,81
1,02	—	70,13	88,85	79,49
\emptyset	121,98	95,88	101,96	101,75

Tabelle 6: Lineare Schwächungskoeffizienten für Blei

7 Halbwertsdicke und Massenschwächungskoeffizient

Die Halbwertsdicke $x_{1/2}$ sowie die Massenschwächungskoeffizienten μ' berechnet sich durch:

$$x_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\mu}$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\rho}$$

wobei μ den linearen Schwächungskoeffizienten sowie ρ die Dichte des jeweiligen Materials bezeichnet.

Material	$x_{1/2} [cm]$	$\mu' [cm^2/g]$
<i>Leichtbeton</i>	24,5	0,047
<i>Schwerbeton</i>	4,6	0,059
<i>Blei</i>	0,68	0,087

Tabelle 7: Halbwertsdicken und Massenschwächungskoeffizienten

8 Berechnung der erforderlichen Schutzschichtdicke

$$P_0 = K \cdot \frac{A}{r^2}$$

$$= 0,0925 \cdot \frac{0,1308}{0,5^2}$$

$$= 48,39 \mu SV/h$$

$$P = 25 \mu SV/h$$

$$\mu_{\text{Luft}} = 0,01 \frac{1}{m}$$

$$\mu_{\text{Blei}} = 101,75 \frac{1}{m}$$

$$d_{\text{Luft}} + d_{\text{Blei}} = 0,5m$$

$$P = P_0 \cdot e^{-\mu_{\text{Luft}} \cdot d_{\text{Luft}}} \cdot e^{-\mu_{\text{Blei}} \cdot d_{\text{Blei}}}$$

$$\frac{P}{P_0} = e^{-\mu_{\text{Luft}} \cdot d_{\text{Luft}}} \cdot e^{-\mu_{\text{Blei}} \cdot d_{\text{Blei}}}$$

$$\frac{P}{P_0} = e^{-\mu_{\text{Luft}} \cdot d_{\text{Luft}} - \mu_{\text{Blei}} \cdot d_{\text{Blei}}}$$

$$\ln \left(\frac{P}{P_0} \right) = -\mu_{\text{Luft}} \cdot d_{\text{Luft}} - \mu_{\text{Blei}} \cdot d_{\text{Blei}}$$

$$\ln \left(\frac{P}{P_0} \right) = -\mu_{\text{Luft}} \cdot (0,5 \text{ m} - d_{\text{Blei}}) - \mu_{\text{Blei}} \cdot d_{\text{Blei}}$$

$$\ln \left(\frac{P}{P_0} \right) = -\mu_{\text{Luft}} \cdot 0,5 \text{ m} + \mu_{\text{Luft}} \cdot d_{\text{Blei}} - \mu_{\text{Blei}} \cdot d_{\text{Blei}}$$

$$\ln \left(\frac{P}{P_0} \right) + \mu_{\text{Luft}} \cdot 0,5 \text{ m} = \mu_{\text{Luft}} \cdot d_{\text{Blei}} - \mu_{\text{Blei}} \cdot d_{\text{Blei}}$$

$$\ln \left(\frac{P}{P_0} \right) + \mu_{\text{Luft}} \cdot 0,5 \text{ m} = (\mu_{\text{Luft}} - \mu_{\text{Blei}}) \cdot d_{\text{Blei}}$$

$$d_{\text{Blei}} = \frac{\ln \left(\frac{P}{P_0} \right) + \mu_{\text{Luft}} \cdot 0,5 \text{ m}}{\mu_{\text{Luft}} - \mu_{\text{Blei}}}$$

$$d_{\text{Blei}} = \frac{\ln \left(\frac{25 \mu\text{SV/h}}{48,39 \mu\text{SV/h}} \right) + 0,01 \frac{1}{\text{m}} \cdot 0,5 \text{ m}}{0,01 \frac{1}{\text{m}} - 101,75 \frac{1}{\text{m}}}$$

$$d_{\text{Blei}} = 0,64 \text{ cm}$$

9 Einfluss des Abschirmmaterials auf die Strahlenschutzrichtungen