

Auswertung des Versuches
P2-82
Absorption von Beta- und Gammastrahlung

Markus Engelhardt

Manuel Schmidberger

2005-06-13

Datum der Versuchsdurchführung: 2005-06-06

Inhaltsverzeichnis

1	Geiger-Müller-Zählrohr und Absorption von Betastrahlung	3
1.1	Abhängigkeit der Zählrate von der Betriebsspannung	3
1.2	Totzeit des Zählrohres mit Hilfe eines Oszilloskopes	4
1.3	Bestimmung der Totzeit des Zählrohres aus Zählergebnissen .	4
1.4	Absorptionskurve von Aluminium	6
1.5	Aktivität der Co-60-Quelle	7
1.6	Zeitintervall-Verteilungen	8
2	Gammaabsorption	10
2.1	Massenabsorptionskoeffizient von Blei	10
2.2	Absorptionsvermögen verschiedener Absorbermaterialien . . .	12

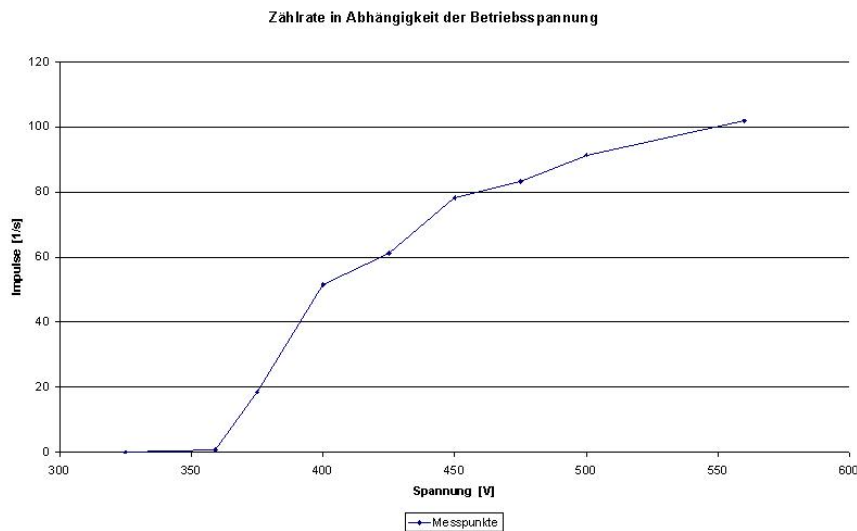
1 Geiger-Müller-Zählrohr und Absorption von Betastrahlung

1.1 Abhängigkeit der Zählrate von der Betriebsspannung

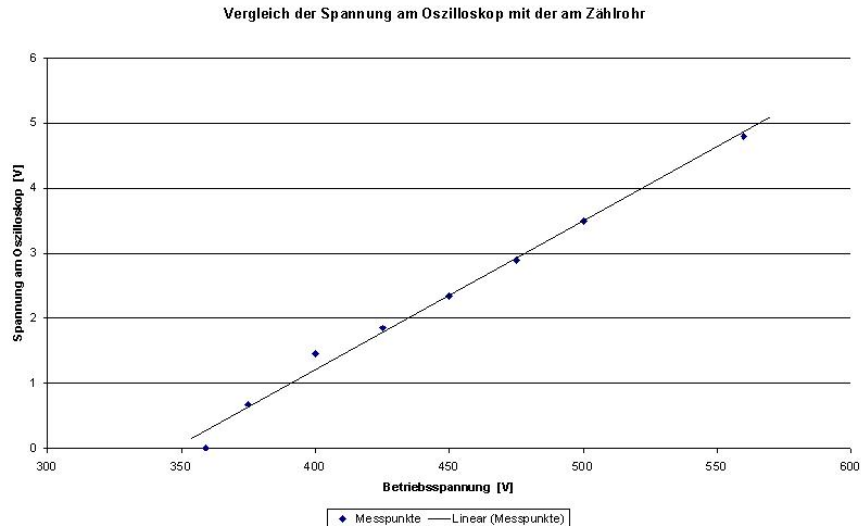
In diesem Versuch wird die Zählrohrcharakteristik des Geiger-Müller-Zählrohrs bestimmt.

Die radioaktive (Sr-90-) Quelle wird in die dafür vorgesehene Halterung vor dem Geiger-Müller-Zählrohr positioniert. Anschließend wird die Betriebsspannung des Zählrohrs langsam hochgeregt, bis am Oszilloskop ein Ausschlag sichtbar wird.

Die im Zählrohr entstehenden Impulse werden mittels eines Computers gezählt. Es ergibt sich ein sprunghafter Anstieg bei ca. 375 V, anschließend steigt die Zählrate deutlich langsamer:



Des Weiteren wird die Spannung am angeschlossenen Oszilloskop dargestellt. Es ist ein eindeutig linearer Zusammenhang mit der Betriebsspannung zu erkennen:



1.2 Totzeit des Zählrohres mit Hilfe eines Oszilloskopes

Zur Bestimmung der Totzeit des Zählrohres wird die Spannung am Oszilloskop fest auf 425 V eingestellt. Anschließend wird an dessen Bildschirm das Hauptmaximum eingestellt. Neben diesem können weitere Detektionen des Zählrohres beobachtet werden, wobei der Abstand zum Hauptmaximum eine gewisse Länge nicht unterschreitet. Diese Länge resultiert aus der Totzeit des Zählrohres.

Diese ergibt sich zu:

$$\tau = 1 \text{ cm} \cdot 50 \frac{\mu\text{s}}{\text{cm}} = \underline{50 \mu\text{s}}$$

1.3 Bestimmung der Totzeit des Zählrohres aus Zählergebnissen

Es werden zwei Messreihen mit Sr-90 und Co-60 aufgenommen. Dabei werden jeweils beide Proben sowohl getrennt als auch zusammen als Quelle verwendet. Bei der ersten Messreihe wird der Abstand $d = 4,3 \text{ cm}$ gewählt, um bei einer Zählrate von ca. $150 \frac{1}{\text{s}}$ zu messen, bei der zweiten Messreihe wird der Abstand auf $d = 3,5 \text{ cm}$ verkleinert, um eine möglichst hohe Zählrate zu erreichen, die in diesem Fall bei $230 \frac{1}{\text{s}}$ liegt.

Die erste Messreihe wird einer Spannung von $U = 424 \text{ V}$ durchgeführt.
Es ergibt sich folgendes Ergebnis (Mittelwert nach 5 Messungen):

$$\begin{array}{ll} Sr - 90 : & 130 \frac{1}{s} \\ Co - 60 : & 11,1 \frac{1}{s} \\ Sr - 90 \text{ u. } Co - 60 & 140 \frac{1}{s} \end{array}$$

Hieraus ergibt sich:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{10 \text{ s}}{1400 \frac{1}{s}} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(1300 \frac{1}{s} + 111 \frac{1}{s} - 1400 \frac{1}{s} \right) \cdot \frac{1400 \frac{1}{s}}{1300 \frac{1}{s} \cdot 111 \frac{1}{s}}} \right] \\ &= \underline{392 \mu s} \end{aligned}$$

Die zweite Messreihe wird mit einer Spannung von $U = 560 \text{ V}$ durchgeführt.
Es ergibt sich folgendes Ergebnis (Mittelwert nach 5 Messungen):

$$\begin{array}{ll} Sr - 90 : & 202 \frac{1}{s} \\ Co - 60 : & 24 \frac{1}{s} \\ Sr - 90 \text{ u. } Co - 60 & 225 \frac{1}{s} \end{array}$$

Hieraus ergibt sich:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{10 \text{ s}}{2250 \frac{1}{s}} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(2020 \frac{1}{s} + 240 \frac{1}{s} - 2250 \frac{1}{s} \right) \cdot \frac{2250 \frac{1}{s}}{2020 \frac{1}{s} \cdot 224 \frac{1}{s}}} \right] \\ &= \underline{112 \mu s} \end{aligned}$$

Die Ergebnisse liegen in einer erwarteten Größenordnung von 10^{-4} s .

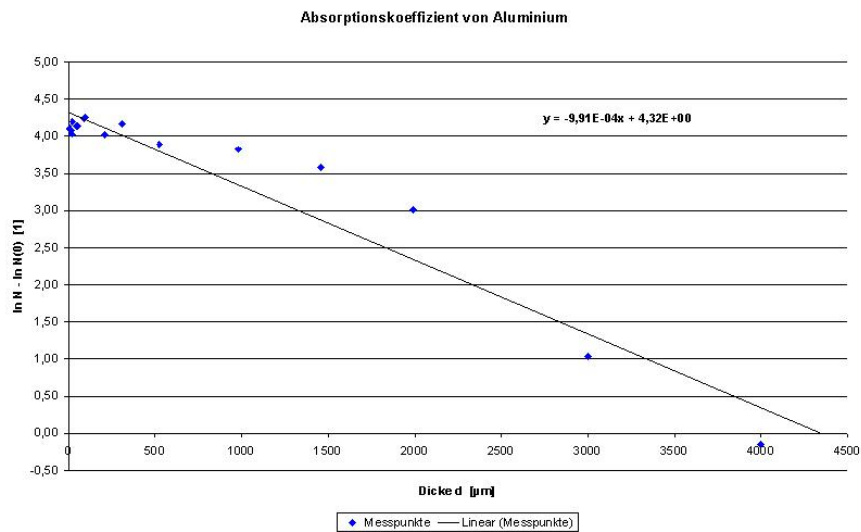
1.4 Absorptionskurve von Aluminium

In diesem Versuch wird die Absorptionskurve (Zählrate in Abhängigkeit der Absorberdicke) für Aluminium bestimmt.

Zu Beginn wird die Hintergrundstrahlung gemessen, um dessen Wert die folgenden Messungen korrigiert werden.

Die Hintergrundstrahlung wird zu $18 \frac{1}{\text{min}}$ bestimmt.

Der Wert für $N(0)$ (ohne Aluminiumplatte) wird zu $N(0) = 163 \frac{1}{s}$ bestimmt.



Mit Hilfe der in der Vorbereitung angegebenen Formel ergibt sich der Absorptionskoeffizient μ von Aluminium aus der Geradensteigung zu:

$$\mu = 991 \frac{1}{m}$$

Mit Hilfe der Dichte von Aluminium ($\rho = 2710 \frac{kg}{m^3}$) lässt sich der Massenabsorptionskoeffizient k berechnen.

Es gilt:

$$k = \frac{\mu}{\rho} = \frac{991 \frac{1}{m}}{2710 \frac{kg}{m^3}} = 0,37 \frac{m^2}{kg}$$

Des Weiteren lässt sich die maximale Reichweite der Beta-Strahlung aus dem Schnittpunkt mit der x-Achse bestimmen:

Es gilt: $R = 4359 \mu m$

Für die Gesamtenergie W gilt:

$$\begin{aligned} W &= 1,92 \cdot \sqrt{(0,00436 \text{ m})^2 \cdot (2710 \frac{kg}{m^3})^2 + 0,22 \cdot 2710 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,00436 \text{ m}} \\ &= \underline{2,29 \text{ MeV}} \end{aligned}$$

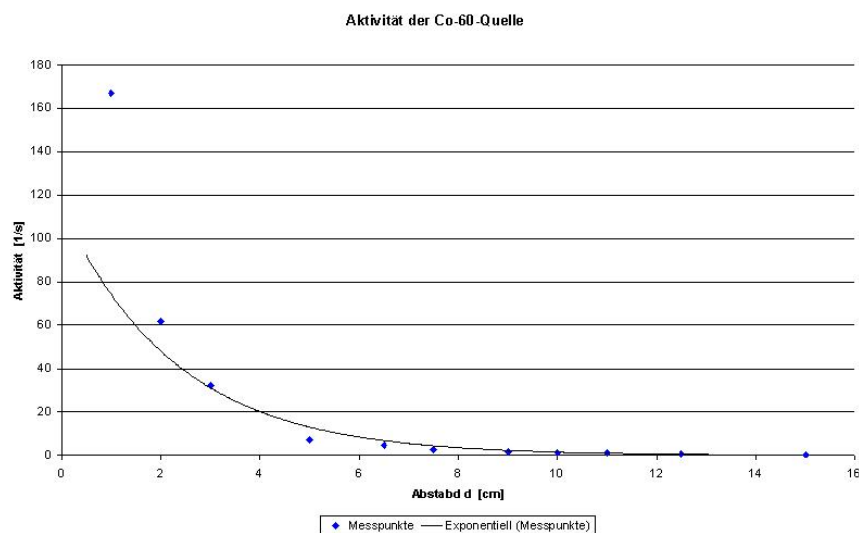
1.5 Aktivität der Co-60-Quelle

In diesem Versuch wird die Aktivität einer Cobalt-Quelle bestimmt.

Es wird dazu die Co-60-Quelle vor dem Geiger-Müller-Zählrohr positioniert.

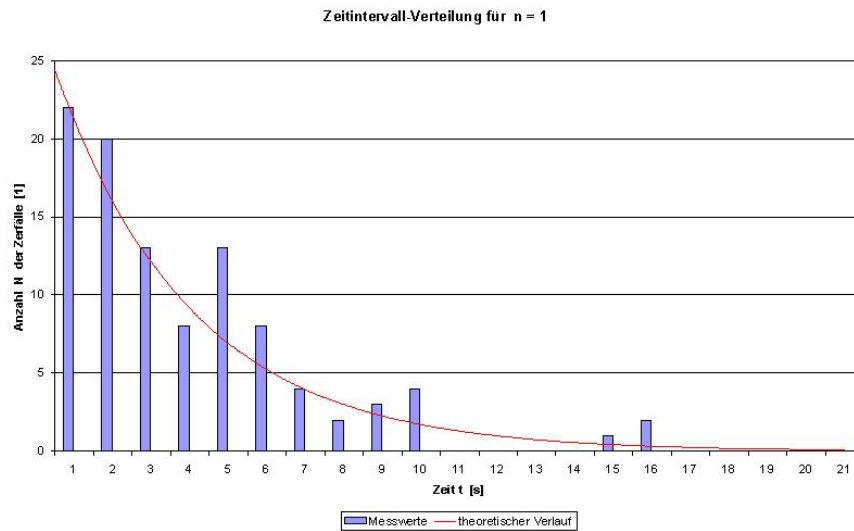
In verschiedenen Abständen werden über einen Zeitraum von $T = 20 \text{ s}$ die registrierten Impulse aufgezeichnet.

Unter der Berücksichtigung des Korrekturfaktors in Abhängigkeit des Abstandes ergibt sich ein exponentiell abfallender Verlauf der Aktivität mit dem Abstand:



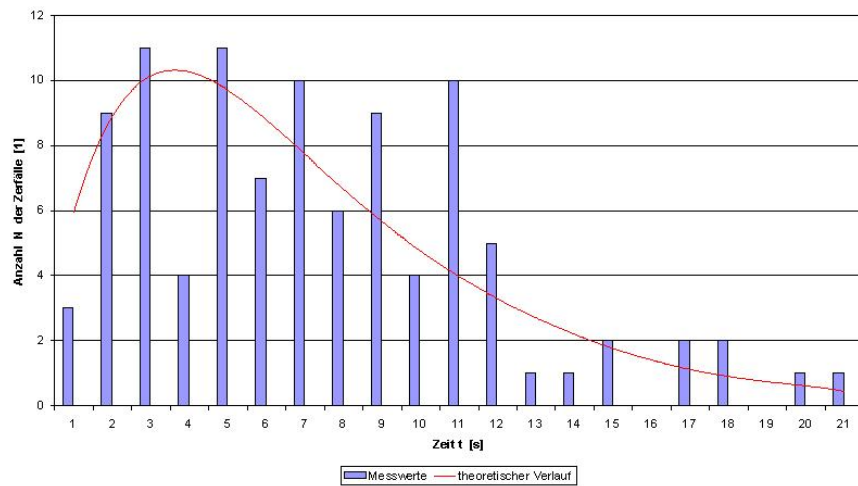
1.6 Zeitintervall-Verteilungen

Zur Bestimmung der Zeitintervall-Verteilungen wird mittels eines Computers die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Zerfällen aufgezeichnet. Für $n = 1$ ergibt sich dabei folgende Verteilung:

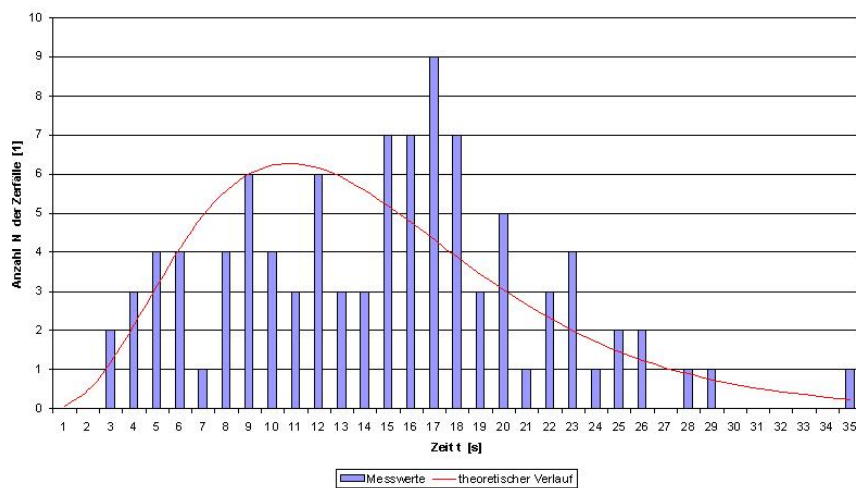


Für $n = 2$ und $n = 4$ erhält man etwas größere Abweichungen vom theoretischen Verlauf, die aber im Rahmen statistischer Effekte liegen:

Zeitintervall-Verteilung für $n = 2$



Zeitintervall-Verteilung für $n = 4$

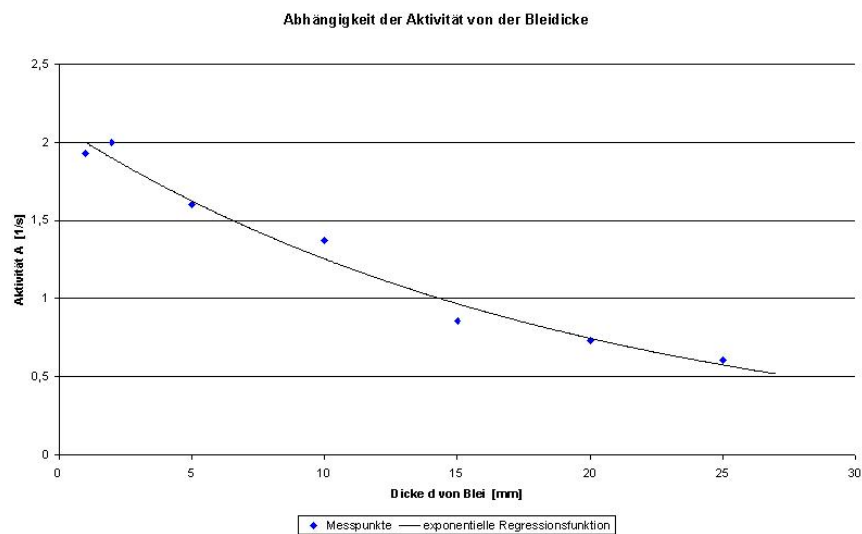


2 Gammaabsorption

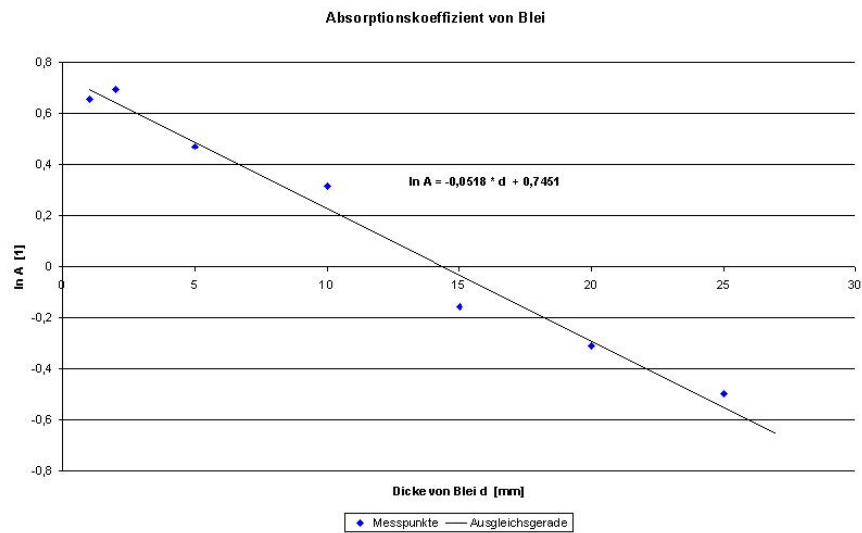
2.1 Massenabsorptionskoeffizient von Blei

In dieser Aufgabe wird der Massenabsorptionskoeffizient von Blei bestimmt. Dazu wird erneut das Co-60-Präparat als Quelle verwendet und die Aktivität der Gamma-Strahlung in Abhängigkeit der Bleidicke zwischen Quelle und Zählrohr gemessen. Dabei wird vor dem Zählrohr eine Aluminiumkappe montiert, um die Beta-Strahlung zu absorbieren.

Es ergibt sich ein annähernd exponentiell abfallender Verlauf der Aktivität:



Zur Bestimmung des Absorptionskoeffizienten wird der Logarithmus der Aktivität über die Dicke des betreffenden Materials aufgetragen und die Ausgleichsgerade ermittelt:



Nun ergibt der Betrag der Geradensteigung den Absorptionskoeffizienten von Blei.

Es gilt:

$$\mu = - \frac{\ln A}{d} = 0,0518 \frac{1}{mm} = 51,8 \frac{1}{m}$$

Die Halbwertsdicke beträgt somit:

$$d_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\mu} = 0,0134 \, m = \underline{\underline{1,34 \, cm}}$$

2.2 Absorptionsvermögen verschiedener Absorbermaterialien

Anstelle von Blei werden nun verschiedene Materialien gleicher Dicke ($d = 20 \text{ mm}$) auf deren Absorptionsvermögen untersucht.

Hierbei ergibt sich folgendes Ergebnis:

Material	Dichte (in $\frac{g}{cm^3}$)	Aktivität (in $\frac{1}{100 \text{ s}}$)
Holz	0,68	153
Plexiglas	1,18	138
Trovidur	1,38	130
Beton	2,14	140
Aluminium	2,71	108
Eisen	7,8	90
Messing	8,4	82

Wie erwartet nimmt das Absorptionsvermögen der Materialien mit zunehmender Dichte zu, da die Wahrscheinlichkeit, dass ein γ - Teilchen von einem Material absorbiert wird mit dessen Dichte zunimmt.