

VERSUCHSBERICHT ZU

A3 - ABSORPTION VON BETA- UND
GAMMA-STRAHLUNG

Gruppe 14Mo

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 07.05.2018
betreut von
Johann Preuß

12. Mai 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Methoden	3
3	Ergebnisse und Diskussion	3
3.1	Beobachtung	3
3.1.1	Unsicherheiten	4
3.2	Datenanalyse	4
3.2.1	Untergrundpulse	4
3.2.2	Absorption von γ -Strahlung durch Blei	5
3.2.3	Absorption von β -Strahlung	6
3.3	Diskussion	7
4	Schlussfolgerung	8

1 Kurzfassung

In diesem Versuch wurde die Absorption von Beta- und Gammastrahlung untersucht. Dazu wurde der Zusammenhang zwischen Schichtdicke eines Absorbers, Art der Strahlung des Präparats und Impulsrate betrachtet.

2 Methoden

Der Versuchsaufbau bestand aus einem Geiger-Müller-Zählrohr, das an ein Betriebsgerät angeschlossen war. Vor das Glimmerfenster des Zählrohrs konnten nun verschiedene radioaktive Präparate installiert werden und unterschiedliche Absorber zwischen Präparat und Röhre gebracht werden.

Zunächst wurde die Zählrohrcharakteristik des Geiger-Müller-Zählrohres bestimmt, um die folgenden Untersuchungen im Plateaubereich der Zählrohrkennlinie durchführen zu können. Dazu wurde die Impulsrate des Zählrohrs mit β -Präparat bei steigender Zählrohrspannung bestimmt. Begonnen wurde hier unmittelbar unter der Einsatzspannung und die folgenden Messungen wurden bei ca. 100 V über der Einsatzspannung durchgeführt.

Dann wurde, um die mittlere Untergrundaktivität zu bestimmen, 200 mal die Zahl der Untergrundimpulse in 10 s gemessen. Anschließend wurde die Impulsrate des γ -Präparats mit zunehmender Schichtdicke des Blei-Absorbers gemessen und die Impulsrate des β -Präparats mit zunehmender Aluminium-Absorber-Dicke. Zuletzt wurde noch die Impulsrate des β -Präparats mit Plexiglas- und Gummiabsorber bei konstanter Schichtdicke bestimmt.

Hierbei wurden jeweils mindestens 1111 Impulse gemessen, um die relative Unsicherheit unter 3% zu halten. Die Betriebsspannung wurde vom Betriebsgerät abgelesen und nicht mit einem externen Voltmeter überprüft.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beobachtung

In Abb. 1 ist die Impulsrate gegen die Zählrohrspannung aufgetragen. bei ca. 313 V steigt die Impulsrate abrupt von 0 auf 9 Impulse pro Sekunde und ändert sich danach nur noch unwesentlich.

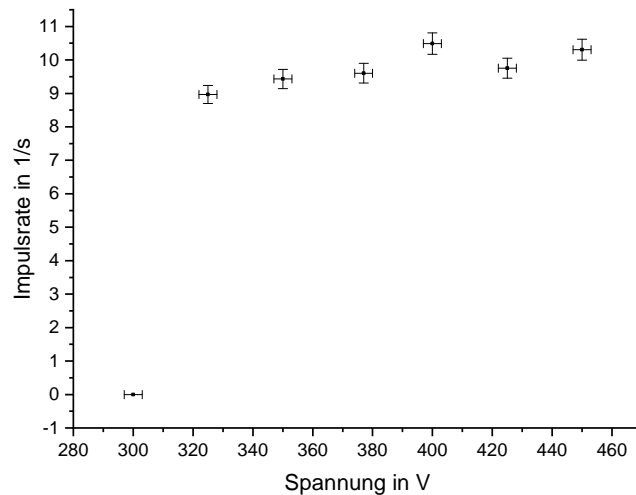


Abbildung 1: Aufgenommene Zählrohrcharakteristik unter Verwendung eines β -Präparat.

3.1.1 Unsicherheiten

Die Unsicherheit der Betriebsspannung des Geiger-Müller-Zählrohrs beträgt 3 V (Dreieckverteilung). Die Zählzeit wurde in Sekunden auf einer Digitalanzeige gestoppt wodurch sich eine Unsicherheit von 0,6 s ergibt (Rechteckverteilung). Wie in Abschnitt 2 beschrieben ist die relative Unsicherheit der Impulsmessungen kleiner 3%. Die Bestimmung der Breite eines Absorbers hat eine Unsicherheit von 0,12 mm, die zusammengesetzt ist aus der Genauigkeit des Messschiebers und dem Fehler durch die ungleichmäßige Oberfläche des Materials.

3.2 Datenanalyse

3.2.1 Untergrundpulse

Die Messung der Untergrundimpulse über 200 mal 10 Sekunden ergab einen Mittelwert von 2,685 Impulsen und eine Standardabweichung von 1,519. In Abb. 2 sind die absolute und relative Häufigkeitsverteilungen dargestellt, da sich die Ordinatenwerte lediglich um einen Faktor von 200 unterscheiden lässt sich an der linken Achse die absolute und an der rechten die relative Häufigkeit ablesen. Des Weiteren ist in Abb. 2 die Poisson-Verteilung für $\bar{N} = 2,685$ abgebildet.

$$\psi(N) = \frac{\bar{N}^N \cdot e^{(-\bar{N})}}{N!} \quad (1)$$

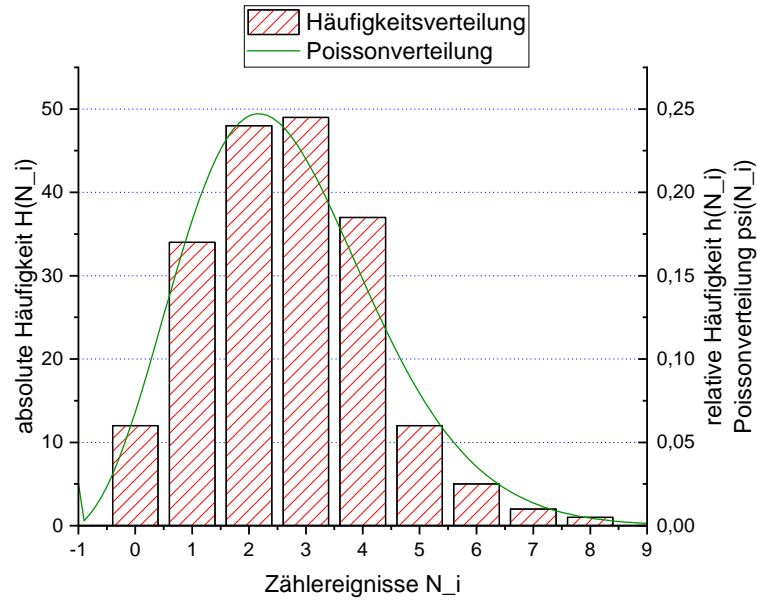


Abbildung 2: Aufgenommene absolute und relative Häufigkeitsverteilung der Untergrundpulse. Außerdem ist die durch deren Mittelwert festgelegte Poisson-Verteilung abgebildet.

3.2.2 Absorption von γ -Strahlung durch Blei

In Abb. 3 ist die Zählrate des γ -Präparats ^{137}Cs logarithmisch gegen die Breite des Bleis aufgetragen. Von der gemessenen Zählrate wurde die mittlere Untergrundaktivität $0,2685\text{ Bq}$ abgezogen. Aus der Einführung ist bekannt, dass die Absorption von γ -Strahlung exponentiell zur Dicke ist, mit:

$$a_\gamma(x) = a_{\gamma,0} \cdot \exp(-\mu_\gamma x) = a_{\gamma,0} \cdot \exp(-\mu_{\gamma,m} \rho x) \quad (2)$$

Deshalb kann man bei einer logarithmischen Zählrate von einem linearen Zusammenhang zur Breite des Absorbers ausgehen. Entsprechend ist in Abb. 3 ein linearer Fit, aus dessen Steigung der Absorptionskoeffizient μ_γ bestimmt werden kann. Aus einem $\mu_\gamma = (1,11 \pm 0,04)\text{ cm}^{-1}$ und der Dichte von Blei $\rho = 11,34\text{ g/cm}^3$ folgt ein Masseabsorptionskoeffizient $\mu_{\gamma,m} = (0,0978 \pm 0,0035)\text{ cm}^2/\text{g}$. Die Absorptionskoeffizienten hängen von der Strahlungsenergie ab. Die hier bestimmten μ wurden bei einer γ -Strahlung von ca. $0,66\text{ MeV}$ gemessen.

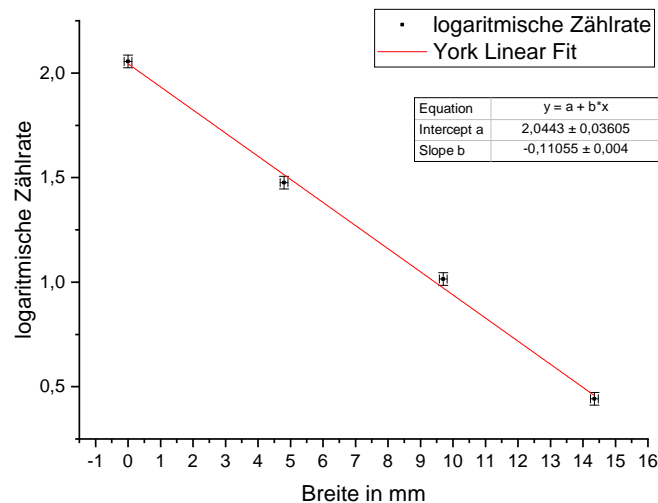


Abbildung 3: Die Impulsrate ist logarithmisch gegen die Bleidicke aufgetragen. Als γ -Präparat wurde ^{137}Cs verwendet.

3.2.3 Absorption von β -Strahlung

Für die folgenden Rechnungen wurde wie in Abschnitt 3.2.2 beschrieben Untergrundkorrektur durchgeführt.

Aluminium

Das verwendete β -Präparat ^{90}Sr zerfällt mit $E_{\beta,\text{max}} = 0,55 \text{ MeV}$ in ^{90}Y , welches mit $E_{\beta,\text{max}} = 2,28 \text{ MeV}$ in ^{90}Zr übergeht. Die Strahlung beider Zerfälle überlagert sich, jedoch überwiegt der Anteil des Tochternuklids ^{90}Y , da sich mithilfe der empirischen Beuler-Formel die Reichweite der Elektronen abschätzen lässt:

$$R_{\beta,\text{max}} \approx \frac{5,71 \cdot E_{\beta,\text{max}} - 1,61}{\rho} \quad (3)$$

Wobei $E_{\beta,\text{max}}$ in MeV und ρ in kg/m^3 einzusetzen sind. Mit $E_{\beta,\text{max}} = 0,55 \text{ MeV}$ und $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$ folgt eine Maximale Reichweite von ca. $550 \mu\text{m}$.

Analog zu Abschnitt 3.2.2 lassen sich aus Abb. 4 Absorptions- und Massenabsorptionskoeffizient bestimmen. Die exponentielle Näherung lässt sich auf den gesamten Bereich anwenden, da hier die logarithmische Zählrate linear zur Breite ist. Es ergeben sich $\mu_{\beta} = (19,5 \pm 3,1) \text{ cm}^{-1}$ und $\mu_{\beta,m} = (7,2 \pm 1,1) \text{ cm}^2/\text{g}$.

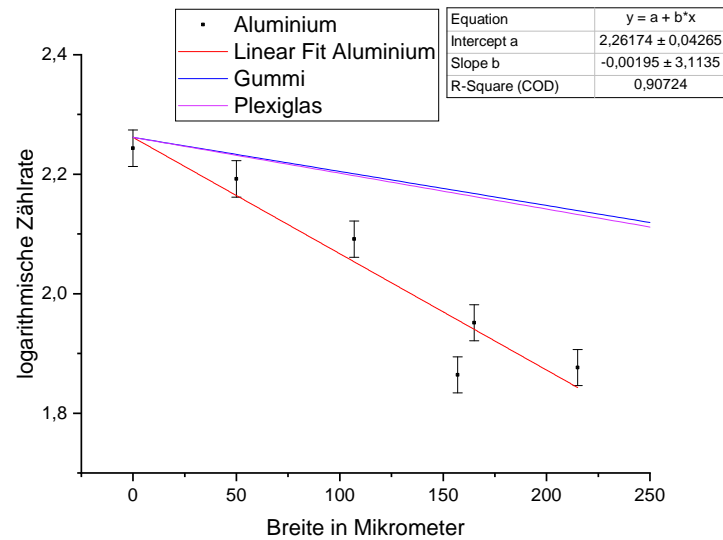


Abbildung 4: Die Impulsrate ist logarithmisch gegen die Aluminiumdicke aufgetragen. Als β -Präparat wurde ^{90}Sr verwendet.

Gummi und Plexiglas

Der Absorptionskoeffizient μ_β lässt sich analog zu μ_γ aus Gleichung (2) durch Umformen bestimmen.

$$\mu_\beta = \frac{\ln\left(\frac{a_{\beta,0}}{a_\beta(x)}\right)}{x} \quad (4)$$

$$u(\mu_\beta) = \sqrt{\left(\frac{u(a_{\beta,0})}{a_{\beta,0}x}\right)^2 + \left(\frac{u(a_\beta(x))}{a_\beta(x)x}\right)^2 + \left(\frac{\mu_\beta u(x)}{x}\right)^2} \quad (5)$$

In Tabelle 1 sind die jeweiligen Parameter von Gummi und Plexiglas sowie das resultierende μ_β aufgeführt. Das $a_{\beta,0}$ beträgt $(9,43 \pm 0,29)$ Bq.

Tabelle 1: Aus Breite x und Impulsrate $a_\beta(x)$ berechneter Absorptions- und Masseabsorptionskoeffizient

	Gummi	Plexiglas
x	$(2,00 \pm 0,12)$ mm	$(4,00 \pm 0,12)$ mm
$a_\beta(x)$	$(3,02 \pm 0,09)$ Bq	$(0,84 \pm 0,03)$ Bq
μ_β	$(5,7 \pm 0,4)$ cm $^{-1}$	$(6,0 \pm 0,2)$ cm $^{-1}$

3.3 Diskussion

Es ist ersichtlich, dass die Einsatzspannung des Zählrohrs zwischen 300 und 325 V liegt. Auch das für Zählrohrkennlinien typische Plateau ist in Abb. 1 deutlich erkennbar. Der

starke Anstieg vor dem Plateau konnte nicht aufgelöst werden und das Betriebsgerät verhinderte eine Erhöhung der Spannung auf Werte, die eine selbstständige Gasentladung zur Folge hätten.

Da im β -Präparat zwei Zerfälle stattfinden, die beide β -Strahlung produzieren, war eine Überlagerung aus Absorptionskurven von Elektronen aus dem Strontium- und aus dem Yttriumzerfall zu erwarten. Aus dem linearen Zusammenhang in der logarithmischen Darstellung lässt sich erkennen, dass nur einer der Zerfälle einen messbaren Einfluss auf die Zerfallskurve hat, da sich ansonsten eine Überlagerung zwei Geraden unterschiedlicher Steigung ergeben hätte. Dies liegt vermutlich daran, dass sich das Präparat selbst nicht an der Oberfläche des Präparathalters, sondern hinter eine Abdeckung befand, die die niederenergetischen Elektronen des Strontiumzerfalls nicht durchdringen konnten.

4 Schlussfolgerung