

Auswertung

# Absorption radioaktiver Strahlung

## Versuch P2-80,82,84

Iris Conradi und Melanie Hauck  
Gruppe Mo-02

7. Juli 2011



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	<b>3</b>
1.1	Einsatzspannung, Plateau-Anstieg . . . . .	3
1.2	Nulleffekt . . . . .	4
1.3	Totzeit . . . . .	5
1.4	Abstandsgesetz . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Alpha-Absorption</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Beta-Absorption</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Gamma-Strahlung</b>	<b>9</b>
4.1	Massenabsorptionskoeffizient . . . . .	9
4.2	Absorbermaterialien . . . . .	10

## 1 Geiger-Müller-Zählrohr

### 1.1 Einsatzspannung, Plateau-Anstieg

Zunächst haben wir einige Probemessungen durchgeführt, um einen sinnvollen Startpunkt für die Kennlinienmessung zu finden. Denn unterhalb von etwa 300 V wurden keine Ereignisse registriert.

Bei der eigentlichen Messung wurde die Spannung langsam hochgedreht, während von Cassy-Lab die Zählrate jeweils über die Dauer von 1 s gemessen wurde. Es konnte nur bis maximal 500 V gemessen werden. Daher konnten wir das Ende des Plateau-Bereiches nicht ermitteln.

Abbildung 1 zeigt die von uns aufgenommene Kennlinie. Die Parameter des linearen Fits für den Plateau-Bereich ergaben sich zu:

- Steigung:  $m = (0.0311786 \pm 0.01105) \cdot 10^{-2} \text{ 1/Vs}$
- y-Achsenabschnitt:  $b = (131.927 \pm 1.935)^{1/s}$

Wir wählten den Arbeitspunkt auf dem Plateau bei 480 V. Jedoch verstellte sich die Spannung sofort leicht. Während der folgenden Messungen schwankte die Spannung zwischen 482 – 483V. Die Schwankungen der Spannung betrug etwa 1 V im Plateau-Bereich. Daher ergibt sich mit Hilfe der erhaltenen Steigung eine Schwankung in der Rate von etwa  $0.0003 \text{ 1/s}$ . Diese Veränderung müssen wir im Folgenden nicht berücksichtigen.

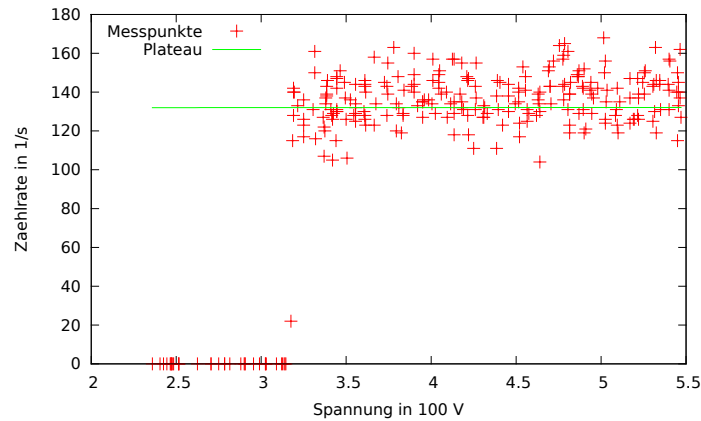


Abbildung 1: Kennlinie des Zählrohres

## 1.2 Nulleffekt

Zur Messung des Untergrundes wurden alle Präparate vom Geiger-Müller-Zählrohr entfernt. Es ergab sich das in Abbildung 2 gezeigte Histogramm. Die folgenden Gleichungen

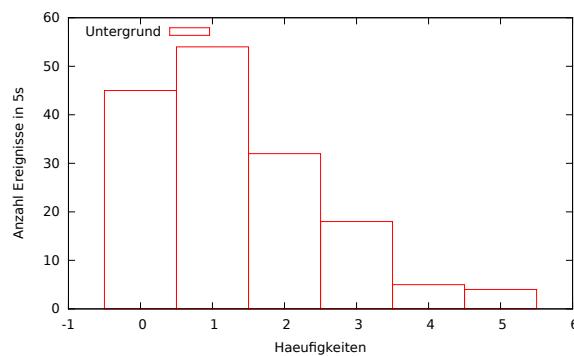


Abbildung 2: Untergrund

wurden zur Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung verwendet und es ergab sich:

$$x_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = 1.34 \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - x_m)^2} = 1.24 \quad (2)$$

In den nachfolgenden Aufgaben werden wir die Messwerte um die Rate

$$R_U = \frac{x_m}{5s} = 0.268 \text{ 1/s} \quad (3)$$

### 1.3 Totzeit

Zur Bestimmung der Totzeit nach der Zwei-Präparaten-Methode positionierten wir den Zwei-Präparaten-Halter so, dass die Zählrate mit beiden Proben maximal wurde. Danach führten wir die Messungen durch und veränderten die Position des Halters nicht.

Mit Hilfe der berechneten Differenzen der Ereigniszahlen (vgl. Messprotokoll) und der auf dem Aufgabenblatt angegebenen Gleichung bestimmten wir die Totzeit unseres Zählrohres zu:

$$\tau \approx 0.898 \text{ ms} \quad (4)$$

Auch um diesen Wert müssen die Messergebnisse aus den folgenden Aufgaben korrigiert werden. Diese Korrektur erfolgt entsprechend Gleichung (1) aus der Vorbereitung.

Da wir die Aufgaben unter den Gruppen aufgeteilt haben, müssen wir die Korrektur mit den Totzeiten dieser Zählrohre durchführen.

- zu Aufgabe 3:  $\tau = 3.5 \text{ ms}$
- zu Aufgabe 4:  $\tau = 0.203 \text{ ms}$

Um den von uns berechneten Wert für die Totzeit müssen wir auch die Messung des Untergrundes korrigieren. Für die korrigierte Rate des Untergrundes gilt:

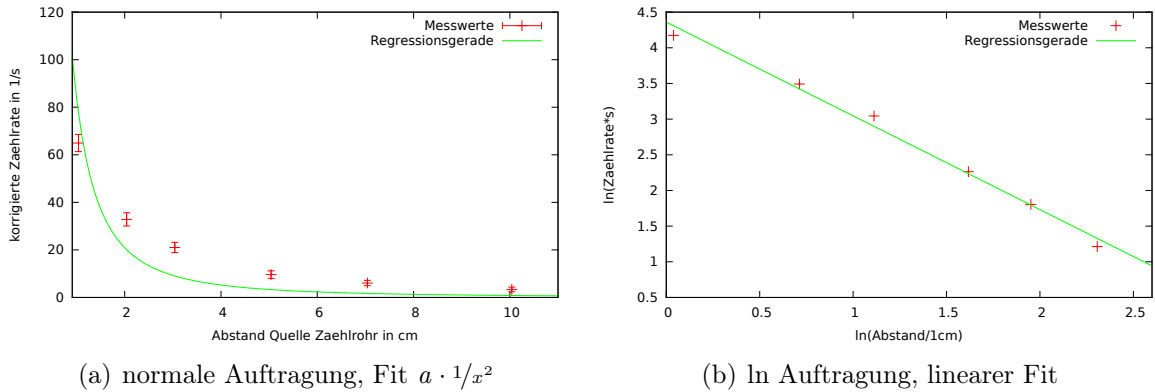
$$R_U^{korr} \approx 0.268 \quad (5)$$

In der von uns verwendeten Genauigkeit wirkt sich diese Korrektur für den Nulleffekt nicht aus. In den nachfolgenden Aufgaben werden wir die Werte zuerst um die Totzeit korrigieren, dann den Untergrund abziehen und anschließend den Mittelwert bilden.

### 1.4 Abstandsgesetz

Abbildung 3 zeigt zwei Auftragungen und zwei Fits der Messwerte, die wir zur Überprüfung des Abstandsgesetzes aufgenommen und anschließend, wie oben erläutert, korrigiert haben. Zum einen ist eine normale Auftragung zu sehen. In dieser Graphik ist auch ein Fit der Form  $a \cdot 1/x^2$  dargestellt, da wir ein quadratisches Abstandsgesetz erwartet haben. Hier ist die Standardabweichung in Form von Fehlerbalken zu sehen. Man sieht jedoch deutliche Abweichungen. Dies könnte beispielsweise daran liegen, dass der Untergrund

bei dieser Messung größer war (wenn andere Gruppen gerade Proben entsprechend aufgestellt hatten).



**Abbildung 3:** Abstandsgesetz

Außerdem haben wir einen linearen Fit in der doppellogarithmischen Auftragung durchgeführt. Es ergaben sich:

- Steigung:  $m = -1.31394 \pm 0.06452$
- y-Achsenabschnitt:  $b = 4.35991 \pm 0.09676$

Da die Auftragung doppellogarithmisch war, ist tatsächliche Kurve von der Form:

$$R = x^m \cdot e^b \quad (6)$$

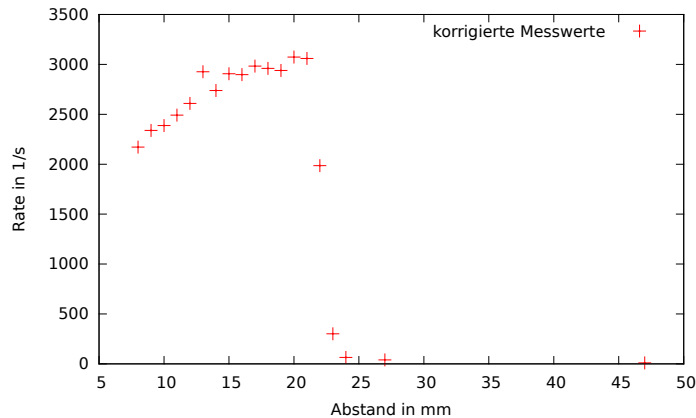
Man erkennt also, dass die gesuchte Potenz kleiner ist als erwartet.

## 2 Alpha-Absorption

Zur Bestimmung der Reichweite der Alpha-Strahlung von Am-241 haben wir Messwerte bei verschiedenen Abständen aufgenommen. Diese haben wir wie oben beschrieben korrigiert. Zusätzlich haben wir eine Korrektur des Raumwinkels vorgenommen. Dazu haben wir jede gemessene Zählrate auf die Zählrate für den gesamten Raumwinkel umgerechnet. Dazu haben wir folgende Gleichung verwendet:

$$R_{korr} = R_{gem} \cdot \frac{4\pi}{r_{Fenster}^2 \pi} \cdot r_{Abstand}^2 \quad (7)$$

Den Abstand haben wir noch um die Strecke korrigierte, die die Quelle hinter der Stirnfläche sitzt.



**Abbildung 4:** Alpha-Absorption

Abbildung 4 zeigt die Auftragung der Rate über dem Abstand. Wir haben ein gerades Plateau erwartet, da das Alphateilchen entsprechend der mittleren freien Weglänge regelmäßig Stöße erfährt und dabei Energie abgibt. Nach einer gewissen Strecke ist die Energie abgegeben, dies bestimmt die Reichweite des Teilchens. Jedoch war die Raumwinkelkorrektur wohl nicht ganz korrekt. Dies passt auch damit zusammen, dass wir in der Aufgabe 1.4 festgestellt haben, dass sich das Abstandsgesetz nicht in der erwarteten Form gezeigt hat.

Jedoch kann man die Reichweite der Alpha-Strahlung gut erkennen. Denn der abrupte Abfall ist gut zu sehen.

Wir lesen eine Reichweite von etwa 22 mm ab.

Der Wert bei 47 mm zeigt die Zählrate, die von den Gamma-Strahlen verursacht wird. Daraus kann man über den Raumwinkel die Werte berechnen, um die die anderen korrigiert werden müssten. Jedoch ist der Anteil der Gamma-Strahlung wie man sieht sehr klein. Eine Korrektur würde keine wesentliche Veränderung der Graphik bewirken. Vor allem die Reichweite würde nicht beeinflusst werden.

Auf dem Aufgabenblatt ist eine empirische Formel zur Bestimmung der Reichweite angegeben. Mit Hilfe dieser Formel erhalten wir eine Reichweite von 25.44 mm. Dies stimmt recht gut mit unserem Wert überein. Da der Abfall aufgrund der statistischen Schwankungen der Stoßzahlen nicht perfekt scharf ist, besteht im Ablesen der Reichweite auch eine gewissen Freiheit. 25.44 mm befindet sich jedoch in unserer Messung eindeutig knapp hinter dem Abfall.

### 3 Beta-Absorption

Die Nachbargruppe hat diesen Versuch durchgeführt und uns ihre Daten zur Verfügung gestellt.

Wir haben aus der Differenz der Anfangs- und Endereignisanzahl und der Messzeit eine Zählrate für jede Dicke des Aluminiums bestimmt. Diese Zählrate haben wir entsprechend korrigiert, wobei hier die Totzeit verwendet wurde, die dieses Zählrohr hat.

Die angegebene Schichtdicke haben wir um  $12 \mu\text{m}$  korrigiert, da im Aufgabentext angegeben ist, dass dies der Luft- und Fensterabsorption entspricht.

In Abbildung 5 ist die entsprechende Auftragung zu sehen.

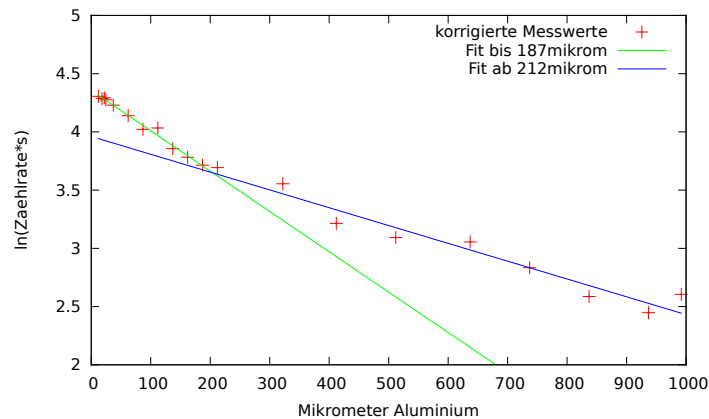


Abbildung 5: Beta-Absorption

In der verwendeten Strahlungsquelle finden zwei Beta-Zerfälle statt. Somit gibt es zwei maximale Beta-Energien. Die niederenergetische Strahlung hat eine geringere Reichweite. Man erkennt in unserer Abbildung einen Knick. An dieser Stelle ist die Reichweite der niederenergetischen Strahlung (Strahlung des Zerfalls des Sr-90). Die Reichweite dieser Strahlung beträgt also etwa  $200 \mu\text{m}$ .

Die Reichweite der hochenergetischen Strahlung (Y-90) ist nicht zu erkennen, da wir keine Messwerte im Bereich des Knicks haben. Wir nähern die Reichweite jedoch durch den Schnittpunkt der Regressionsgeraden aus diesem Bereich mit der x-Achse. Wir erhalten daraus eine ungefähre Reichweite  $2589 \mu\text{m}$ . Der tatsächliche Wert liegt tiefer.

Wir erstellten Regressionen für die beiden von uns erkannten Bereiche. Die Parameter lauten:

- bis  $187 \mu\text{m}$ :

- Steigung:  $m_1 = (-0.00346301 \pm 0.0001356) 1/\mu\text{m}$



---

– y-Achsenabschnitt:  $b_1 = 4.35585 \pm 0.01336$

• ab  $212 \mu\text{m}$ :

– Steigung:  $m_2 = (-0.00152949 \pm 0.0001345)^{1/\mu\text{m}}$

– y-Achsenabschnitt:  $b_2 = 3.96051 \pm 0.09067$

Aus der zweiten Steigung kann der Absorptionskoeffizient des Y-90 Zerfalls bestimmt werden. Die erste Steigung stellt eine Summe der beiden Zerfälle dar. Durch Subtraktion kann auch der Absorptionskoeffizient des Sr-90 Zerfalls bestimmt werden.

Folglich ergeben sich:

$$\text{Y-90: } \mu = 0.00152949^{1/\mu\text{m}} \rightarrow \kappa = 5,64 \text{ cm}^2/\text{g} \quad (8)$$

$$\text{Sr-90: } \mu = 0.001931^{1/\mu\text{m}} \rightarrow \kappa = 7.13 \text{ cm}^2/\text{g} \quad (9)$$

Mit den auf dem Aufgabenblatt angegebenen Gleichungen erhalten wir für die Absorptionskoeffizienten und die Grenzenergie der Beta-Strahlung Folgendes:

$$\text{Y-90: } \kappa = 5.22 \text{ cm}^2/\text{g} \quad W = 13.68 \text{ MeV} \quad (10)$$

$$\text{Sr-90: } \kappa = 41.03 \text{ cm}^2/\text{g} \quad W = 0.67 \text{ MeV} \quad (11)$$

Die Massenabsorptionskoeffizienten liegen in etwa in der Größenordnung der von uns ermittelten Werte. Jedoch weichen sie stark ab, aber der Massenabsorptionskoeffizient des Y-90 ist in beiden Fällen der kleinere Wert.

Die Grenzenergien liegen auch in der richtigen Größenordnung. Der Wert für Y-90 ist jedoch deutlich zu hoch. Dies liegt daran, dass die Reichweite in die Rechnung eingeht und diese wie oben erwähnt überschätzt wurde.

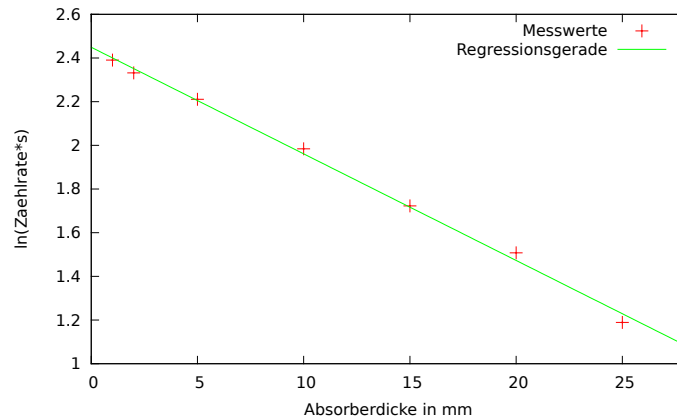
Da der Versuch nicht von uns selbst durchgeführt wurde, können wir Fehlerquellen nicht benennen.

## 4 Gamma-Strahlung

### 4.1 Massenabsorptionskoeffizient

Analog zur vorherigen Aufgabe haben wir die Zählrate aus den Messdaten bestimmt und diese zunächst um die Totzeit und anschließend um den Nulleffekt korrigiert. Diese Wert haben wir in Abbildung 6 dargestellt. Da ein exponentieller Verlauf zu erwarten war, haben wir die Auftragung logarithmisch vorgenommen und einen linearen Fit durchgeführt. Als Parameter ergaben sich:

- Steigung:  $m = (-0.0488084 \pm 0.001233) \text{ 1/mm}$
- y-Achsenabschnitt:  $b = 2.44912 \pm 0.01732$



**Abbildung 6:** Absorptionskurve

Wie oben schon verwendet, ergibt sich aus der Steigung der Absorptionskoeffizient und unter Verwendung der Dichte von Blei (Absorbermaterial,  $\rho = 11.35 \text{ g/cm}^3$ ) der Massenabsorptionskoeffizient. Mit Gleichung (3) aus der Vorbereitung die Halbwertsdicke:

$$\mu = 0.0488084 \text{ 1/mm} \rightarrow \kappa = 0.043 \text{ cm}^2/\text{g} \rightarrow d_H = 14.2 \text{ mm} \quad (12)$$

Bei unserer Betrachtung haben wir außer Acht gelassen, dass sich die Gammaquelle noch 4 mm hinter der Stirnfläche der Probe befindet. Außerdem wurde immer bei dem gleichen Abstand gemessen, sodass jeweils noch eine bestimmte Menge Luft zwischen Quelle und Zählrohr vorhanden war, die zusätzlich absorbiert hat.

Die Luftmenge ist vernachlässigbar gegen das Blei. Die Menge Aluminium, die wegen der Lagerung der Gammaquelle im Zwischenraum war, war bei jeder Messung gleich. Daher vermuten wir, dass dies nur Auswirkungen auf den y-Achsenabschnitt hat. Wir interessieren uns aber nur für die Steigung.

## 4.2 Absorbermaterialien

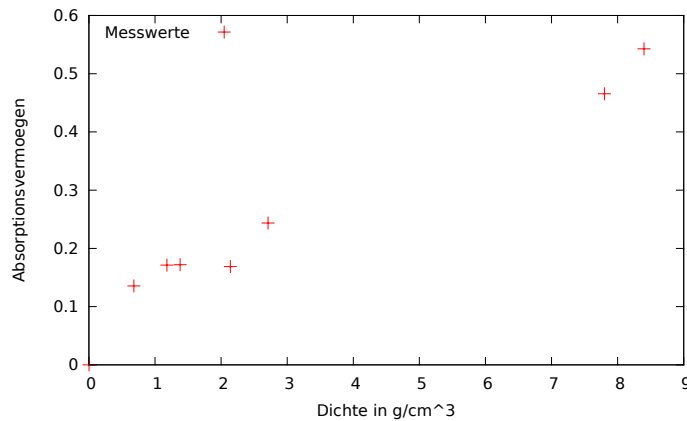
Wie in der Vorbereitung beschrieben, erwarten wir, dass dichtere Materialien besser absorbieren.

Die Nachbargruppe hat uns Messdaten zu verschiedenen Materialien zur Verfügung gestellt.

Das Absorptionsvermögen ist folgendermaßen definiert:

$$A = \frac{R_{Luft} - R_{Material}}{R_{Luft}} \quad (13)$$

In Abbildung 7 wurde das Absorptionsvermögen gegen die Dichte aufgetragen. An Hand von Tabelle 1 kann zu den verschiedenen Dichten aus der Abbildung das entsprechende Absorbermaterial abgelesen werden. Das Absorptionsvermögen steigt wie erwartet mit



**Abbildung 7:** verschiedene Absorbermaterialien

Material	Dichte in g/cm³
Trovidur	1,38
Eisen	7,80
Plexiglas	1,18
Beton	2,14
Messing	8,40
Aluminium	2,71
Hartholz	0,68
Luft	0,0012

**Tabelle 1:** Absorbermaterialien

steigender Dichte. Es scheint ein linearer Zusammenhang zwischen Absorptionsvermögen und Dichte zu bestehen. Dies legt auch die Definition von Absorptionskoeffizient und Massenabsorptionskoeffizient nahe. Da wir jedoch in einem großen Bereich von Dichten keine Messwerte haben, können wir keine genauere Aussage machen.