

# Physikalisches Anfängerpraktikum II

## Sommersemester 2023

Versuch 253

Tutor: Daniel Härter

### Absorption von $\alpha$ -, $\beta$ - und $\gamma$ - Strahlung

## 1 Einleitung

### 1.1 Ziel des Versuchs

In diesem Experiment soll die Absorption von  $\beta$ -Strahlen ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ),  $\gamma$ -Strahlen ( $^{60}\text{Co}$ ) und  $\alpha$ -Strahlen ( $^{241}\text{Am}$ ) gemessen werden. Außerdem sollen aus den Absorptionskurven die Maximalenergie der  $\beta$ -Strahlung sowie die Energie der  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Strahlung bestimmt sowie die Aktivität des  $\gamma$ -Strahlers abgeschätzt werden.

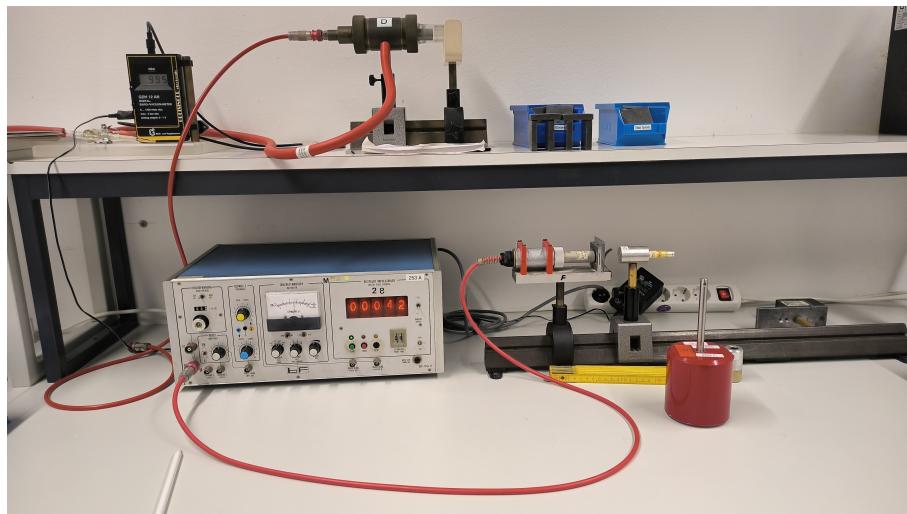


Abbildung 1: Versuchsaufbau

### 1.2 Radioaktivität

Die Aktivität  $A$  eines radioaktiven Stoffes beschreibt die Anzahl der pro Sekunde auftretenden Zerfälle in alle Raumrichtungen. **Radioaktivität** ist dabei die Eigenschaft instabiler Atomkerne, spontan unter Energieabgabe in einen energetisch günstigeren Zustand überzugehen und freigesetzte Energie in Form von geladenen Teilchen ( $\alpha$ -,  $\beta$ -Strahlung) oder elektromagnetischer Strahlung ( $\gamma$ -Quanten) freizusetzen. Nach dem Zerfallgesetz:

$$n = n_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Dabei ist  $n$  die Anzahl der Zerfälle pro Zeiteinheit und  $\lambda$  die Zerfallkonstante, nach der Definition von Halbwertszeit gilt näherlich:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (2)$$

Um die Aktivität eines Präparats zu bestimmen, muss die Anzahl der pro Sekunde emittierten Teilchen über die gesamte Kugeloberfläche ( $= 4\pi$ ) gemessen werden. Tatsächlich wird die Strahlung jedoch nur in einem kleinen Teil der Kugeloberfläche, dem sogenannten Raumwinkel  $\Omega$ , detektiert:

$$\Omega = \pi r^2 / d^2 \quad (3)$$

Da der Abstand  $d$  zwischen Präparat und Zählrohr viel größer ist als der Zählrohrradius  $r$ , können wir die Krümmung vernachlässigen und Gl.(3) gilt in erster Näherung.

Deswegen ist die Aktivität gegeben durch:

$$A = \frac{4\pi n}{\epsilon \Omega} = \frac{4n}{\epsilon} \frac{d^2}{r^2} \quad (4)$$

Dabei ist  $\epsilon$  Ansprechwahrscheinlichkeit des Zählrohrs. Für  $\beta$ -Strahlung ist dieser Raumwinkel praktisch 1, während er für  $\gamma$ -Quanten mit Energien von einigen 100 keV bis einigen MeV etwa 4% beträgt.

Allerdings sollen wir beachten, dass sich eine Unterschätzung der Aktivität ergibt, da die Strahlung nicht direkt am Zählroreingang detektiert wird, sondern teilweise das Zählrohr undetektiert durchdringt und in der Zählrohrwand absorbiert werden oder das Zählrohr verlassen (Abbildung 2 unten). Alternativ nehmen wir  $\Omega = \pi r^2 / (d+l)^2$ , dann haben aber die Aktivität überschätzt! Um die beiden Situationen zu komensieren betrachten wir nur halbe Zählrohrlänge:

$$\Omega = \frac{\pi r^2}{(d+l/2)^2} \quad A_{korr} = \frac{4n(d+l/2)^2}{\epsilon r^2} = Ak_1 \quad (5)$$

wobei  $k_1$  der Korrekturfaktor ist.

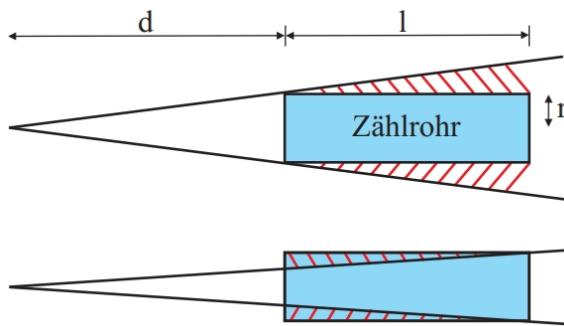


Abbildung 2: Extremfälle des Raumwinkels.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Quelle: Dr. J.Wagner - Physikalisches Anfängerpraktikum - V. 1.1 B.Sc. Stand 10/2012

### 1.2.1 $\alpha$ -Strahlung

$\alpha$ -Strahlung besteht aus zweifach positiv geladenen Heliumkernen und die Kernreaktion lautet:



Die bei einem Zerfall emittierte  $\alpha$ -Strahlung ist monoenergetisch mit charakteristischer Energie, da sie diskrete Quantenzustände im Kern aufweist. Der Y-Kern erhält eine Rückstoßenergie, die die umgebenden Moleküle weiter ionisieren kann.

### 1.2.2 $\beta$ -Strahlung

$\beta$ -Strahlung sind entweder negativ geladene Elektronen ( $\beta^-$ -Zerfall) oder positiv geladene Positronen ( $\beta^+$ -Zerfall) und die Kernreaktion lautet:



Das Energiespektrum des  $\beta$ -Zerfalls ist kontinuierlich, weil neben dem Elektron  $e^-$  (Positron  $e^+$ ) auch ein Antineutrino  $\bar{\nu}_e$  (Neutrino  $\nu_e$ ) emittiert wird und die freiwerdende Energie auf drei verschiedene Teilchen verteilt ist. Das Elektron (Positron) kann eine charakteristische Energie zwischen 0 und der maximal beim Zerfall freiwerdenden Energie  $E_{\max}^\beta$  annehmen. Das emittierte Antineutrino (Neutrino) ist nahezu masselos und ungeladen und trägt die Energie, die dem  $\beta$ -Teilchen fehlt. Der Rückstoß des Restkerns beim  $\beta$ -Zerfall ist aufgrund der geringen Masse des Elektrons wesentlich kleiner als beim  $\alpha$ -Zerfall.

### 1.2.3 $\gamma$ -Strahlung

$\gamma$ -Strahlung ist die elektromagnetische Welle und besteht aus Lichtquanten mit diskreten charakteristischen Energien. Sie entsteht, wenn der Ausgangskern beim Zerfall in einen angeregten Zustand des Tochterkerns übergeht, als Nebenprodukt des  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Zerfalls.

## 1.3 Absorption

Geladene Teilchen ( $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung) werden in Materie hauptsächlich durch Stöße und Wechselwirkungen mit den Elektronen der Atomhüllen gebremst und geben Energie in kleinen Portionen ab, die umgekehrt proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit ist und zur Ionisierung verwendet wird.

- $\alpha$ -Strahlung: Die Reichweite von monoenergetischer  $\alpha$ -Strahlung in Materie ist proportional zur Energie der Teilchen und die Zählrate hinter dem Absorber bis zur Erreichung einer kritischen Dicke bleibt nahezu konstant, danach fällt sie rapide auf Null ab.

---

<sup>2</sup>Quelle: Dr. J.Wagner - Physikalisches Anfängerpraktikum - V. 1.1 B.Sc. Stand 10/2012

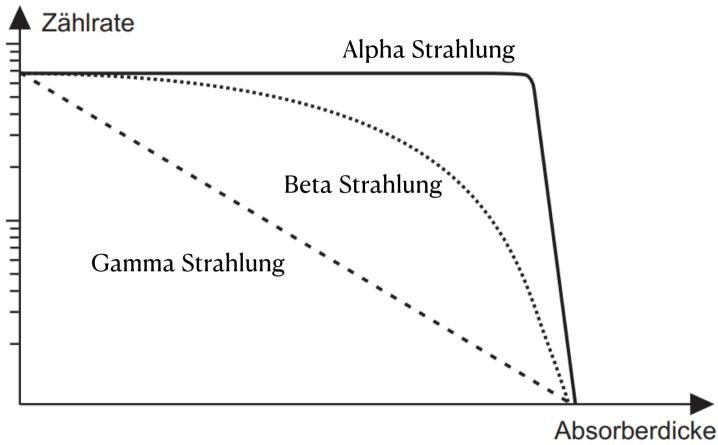


Abbildung 3: Reichweite von Strahlungen in Materie<sup>2</sup>

- $\beta$ -Strahlung: Die Energie-Reichweite-Beziehung der  $\beta$ -Strahlung ist viel komplexer, einerseits kann das kontinuierliche Energiespektrum der  $\beta$ -Strahlung die Auswertung der Absorptionskurve erschweren. Andererseits werden Elektronen aufgrund ihrer geringeren Masse eine größere Reichweite haben und durch Streuung im Absorber vielfach abgelenkt, wodurch die tatsächliche Bahnlänge im Absorber viel länger als Absorberdicke sein kann.
- $\gamma$ -Strahlung: Die Absorption folgt nach dem Lambert-Beer-Gesetz:

$$n = n_0 e^{-\mu x} \quad (9)$$

wobei  $\mu$  das Schwächungskoeffizient ist. Es gibt drei Hauptabschwächungen: Photoeffekt, Comptonstreuung und Paarbildung. Bei Paarbildung muss die Energie von Gamma-Quants mehr als 1,022 MeV sein, um in ein Elektron-Positron-Paar zu zerfallen. Wegen Energie- und Impulserhaltung werden Impuls und restliche Energie auf ein weiteres Teilchen übertragen.

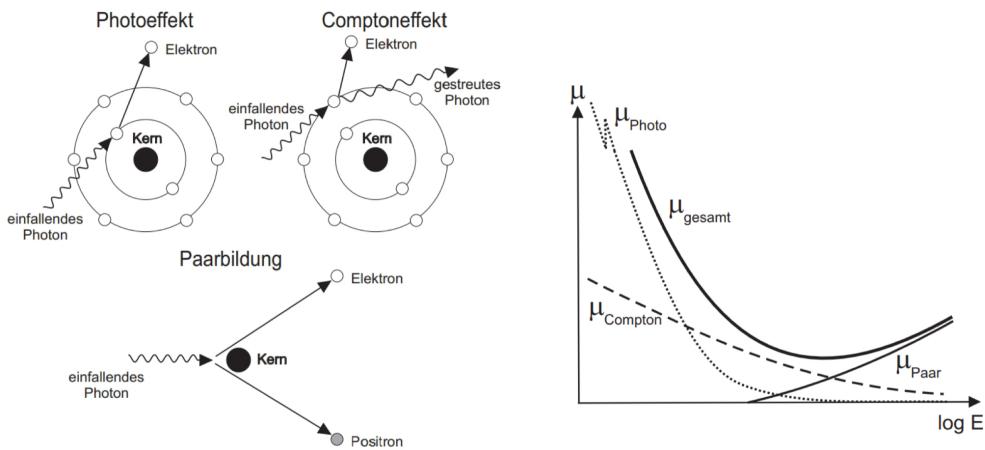


Abbildung 4: Links: Drei Schwächungsmechanismen von Gamma; Rechts: Beitrag des Photoeffekts, Comptoneffekts und Paarbildung zum Schwächungskoeffizienten<sup>4</sup>

Der Absorptionskoeffizient variiert mit der Energie: Bei niedrigen Energien dominiert der Photoeffekt, während bei höheren Energien die Comptonstreuung vorherrscht, und bei sehr hohen Energien überwiegt die Paarbildung.

Allerdings müssen wir auch weitere Absorptions-Korrektur für Gamma-Strahlung einführen. Basiert auf die Gl.(5), die zwei Ausdrücke von Aktivität, lautet die korrigierte Gleichung:

$$A_{\text{abgeschirmt}} = A_{\text{offen}} e^{-\mu x} = A_{\text{offen}} k_2 \quad (10)$$

## 2 Versuchsdurchführung

Versuchsaufbau, Versuchsdurchführung und Messprotokoll siehe folgende Seiten.

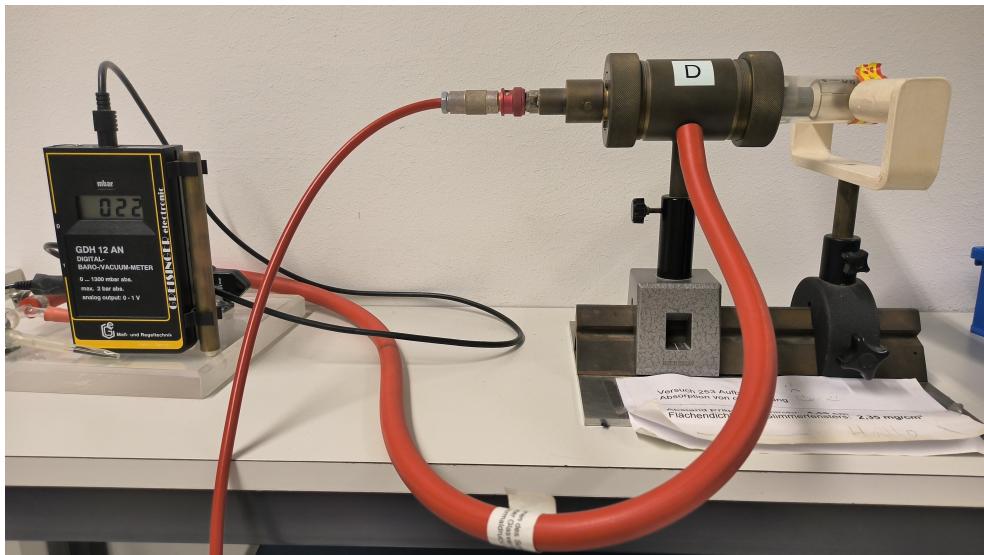


Abbildung 5: Versuchsaufbau zu  $\alpha$ -Strahlung

---

<sup>4</sup>Quelle: Dr. J.Wagner - Physikalisches Anfängerpraktikum - V. 1.1 B.Sc. Stand 10/2012

# PAP Z-2 Versuch Z53: Absorption von $\alpha$ -, $\beta$ - $\gamma$ - Strahlung

10.06.2024

Yuting Shi

14:00 ~ 17:00

Yulai Shi

Messaufbau:

- Geiger-Müller Zählzähler
- Zählgerät
- Evakuierbarer Glaszylinder mit eingebautem Zählzähler und  $^{241}\text{Am}$  - Präparat
- $\beta$ - Präparat ( $^{90}\text{Sr} / {^{90}\text{Y}}$ )
- $\gamma$ - Präparat ( $^{60}\text{Co}$ )
- diverse Präparathalter und Kollimatoren
- Aluminium- und Bleiabsorber
- Vakuumpumpe

Aufgabe 1: Inbetriebnahme des Zählzählers

Aufgabe 2: Messung des Nulleffekts  $n_0$

Es wurde 5 min lang der Nulleffekt gemessen (Hintergrundrauschen) mit der Zählzähler-Spannung von 520 V;  $\Delta U = \pm 1 \text{ V}$

Anzahl der gemessenen Impulse (Hintergrund, Nullmessung):  $n_0 = 140$

Durchmesser des Zählzählers  $d = (14 \pm 0.5) \text{ mm}$

Radius  $r = (7 \pm 0.25) \text{ mm}$

Aufgabe 3: Absorption von  $\beta$ -Strahlung im Aluminium

Der runde Aluminium-Kollimator (kleine Öffnung auf einer Seite) wird in einem Abstand 25 cm (Rille am Präparathalter ~ Anfang Zählzähler) in den Strahlengang des Zählzählers gebracht und das  $^{90}\text{Sr} / {^{90}\text{Y}}$  - Präparat in die Öffnung gesteckt

Zunächst Messung ohne Abschirmung durchführen, danach in Schritten von  $0.3 \text{ mm}$

Al-Platten und jeweils die Zählrate  $n$  messen. Die Messdauer beträgt 30 s, und bei kleiner Zählrate 120 s. Nach Erreichen des Nulleffekts  $n_0$  wird noch eine Messung mit zusätzlich 1 mm - Al-Platten durchgeführt mit Messdauer 5 min

Tabelle 2: Zählungen am  $\beta$ -Strahlern bei verschiedenen Schichtdicken Al)

Dicke Aluminiumabsorber [mm]	Impulse $n$	Messzeit $t$ [s]
0,0	1071	30
0,3	592	30
0,6	416	30
0,9	253	30
1,2	144	30
1,5	94	30
1,8	60	30
2,1	40	30
2,4	99	120
2,7	73	120
3,0	62	120
3,3	41	120
4,3	134	300

Fernnummer des Präparats: CT 872

## Aufgabe: Absorption von $\gamma$ -Strahlung in Blei

Die Messung wurde mit einem Abstand  $\approx 15\text{ cm}$  zwischen Zählrohr und Präparat durchgeführt mit  ${}^{60}\text{Co}$ ; Zunächst eine Messung ohne Abschirmung, anschließend in Schritten von  $0.5\text{ cm}$  Pb-Platten auf die Halterung; Die Messdauer beträgt 1 min; Wir variieren die Absorberdicke bis 5cm:

Tabelle 2: Zählungen am  $\gamma$ -Strahler bei verschiedenen Schichtdicken (Pb)

Dicke Pb-Absorber [cm]	gemessene Impulse	Messzeit [s]
0.0	203	60
0.5	1353	60
1.0	987	60
1.5	735	60
2.0	521	60
2.5	425	60
3.0	320	60
3.5	257	60
4.0	177	60
4.5	158	60
5.0	109	60

Kennnummer des Präparats:  ${}^{60}\text{Co AE8664}$

## Aufgabe 5: Bestimmung der Aktivität des $\gamma$ -Strahlers

${}^{60}\text{Co}$  in Pb-Zylinder mit kegelförmiger Öffnung einschrauben und im Abstand  $\approx 5\text{ cm}$

(Präparat Ende ~ Anfang Zählrohr) im Strahlengang des Zählrohrs justieren; Die Zählrate für 1 min messen; wiederholen die Messung jeweils mit Abständen 10 cm und 20 cm:

Tabelle 3: Zählungen am  $\gamma$ -Strahler bei verschiedenen Abständen

Abstand Präparat-Zählrohr [cm]	gemessene Impulse	Messzeit [s]
5.0	11936	60
10.0	4625	60
20.0	1192	60

Kennnummer des Präparats: AE 7664

Aufgabe 6: Absorptionsmessung und Energiebestimmung von  $\beta$ -Strahlung

Wir verwenden Luft als Absorber. In einem evakuierbaren Glasrohr ist eine  $\beta$ -Quelle und ein Zählrohr eingebaut. Per Zählrohranschluss mit dem Zählgerät verbinden und das Glasrohr auf 20 mbar evakuieren. Wir messen für verschiedene Drücke (Schritt von 10 mbar) jeweils 1 min die Zählrate. In dem Bereich wo die Zählrate stark variiert messen wir zusätzlich einige Zwischenwerte.

→ 300 mbar ~ 400 mbar

Tabelle 4: Zählungen am  $\beta$ -Strahler bei verschiedenen Drücken P

Druck [mbar]	gemessene Impulse	Messzeit [s]
22	12923	60
119	12933	60
223	12253	60
318	12669	60

333	12374	60
359	11717	60
384	10144	60
404	8476	60
415	7294	60
440	4592	60
461	2633	60
484	1279	60
507	546	60
540	273	60
563	246	60
655	215	60
750	220	60

$$\Delta p = 3 \text{ mbar}$$

Dicke des Zählrohrfensters und Strahlquelle :  $(4.45 \pm 0.01) \text{ cm}$

Flächedichte des Glimmerfensters :  $(2.35 \pm 0.01) \text{ mg/cm}^2$

Herr

# Radioaktive Quellen in den Anfängerpraktika

Stand 01.01.2021

Isotop	Seriennummer	Nennaktivität	Herstellungsdatum	Aktiv am	Versuch
				01.01.2021	
<b>Co-60</b>				berechnet	
5.27 a					
	SN 371	3700 kBq	02.03.2010	890 kBq	251
	SN 372	3700 kBq	02.03.2010	890 kBq	251
	AE 8663	3700 kBq	02.02.2015	1700 kBq	253
	AE 8664	3700 kBq	02.02.2015	1700 kBq	253
	UB 595	3700 kBq	02.02.2012	1150 kBq	253
	UB 596	3700 kBq	02.02.2012	1150 kBq	253
<b>Cs-137</b>					
30.17 a					
	AW 820-AW831	1480 kBq	04.12.1990	740 kBq	Med/Chem
<b>Sr-90</b>					
28,5 a					
	- DG 865	74 kBq	Dez 92	38 kBq	253
	GS 527	74 kBq	Sep 99	44 kBq	253
	DG 864	74 kBq	Dez 92	38 kBq	253
	DG 866	74 kBq	Dez 92	38 kBq	253
<b>Am-241</b>					
433 a					
	AP 15.2 (Eigenbau)	ca. 90 kBq	Okt 75	84 kBq	253
	AP 15.3 (Eigenbau)	ca. 90 kBq	Okt 75	84 kBq	253
<b>Am-241</b>					
Neutronen- quelle	AMM100/434	3,7 GBq	Okt 65	3.4 GBq	252
	AMM4926	3,7 GBq	Jul 74	3.45 GBq	252 PAP2/NF/MoJ

## 3 Auswertung

Zuerst wurde eine Untergrundsmessung mit einem Zeitintervall von 5 Minuten unter der Zählrohrspannung 520V durchgeführt, dabei ist die Anzahl der Impulse  $n_0 = 140 \pm 12$ , mit einem statistischen Fehler  $\Delta n_0 = \sqrt{n_0}$ . Durch die Division mit der Zeit erhält man eine Hintergrundaktivität von:

$$n = \frac{c}{t} = (0.47 \pm 0.04) \text{ s}^{-1} \quad (11)$$

Der gemessene Nulleffekt spielt bei folgenden Absorptionsmessungen von  $\beta$ -Strahlung als Referenzpunkt für die maximale Absorption eine wichtige Rolle. Darüber hinaus muss er auch bei der Absorptionsmessung von  $\gamma$ -Strahlung berücksichtigt werden, sowie bei der Bestimmung der Aktivität, um eine genaue Messung zu gewährleisten.

### 3.1 Absorption von $\beta$ -Strahlung in Aluminium

Um die Zerfallsrate der Beta-Strahler auszuwerten, muss der Nulleffekt  $n_0^\beta$ , also der Zählpunkt bei Rechnung herauskorrigiert ( $n - n_0^\beta$ ) werden, der sich in einer Nullmessung durch die Untergrundaktivität und die Bremsstrahlung der Betateilchen im Absorber ergibt oder durch weitere Gammastrahlung verursacht wird. Aus dem letzten Wert in der Tabelle 1 erhält man

$$n_0^\beta = \frac{134}{300 \text{ s}} \approx (0.447 \pm 0.017) \text{ s}^{-1} \quad (12)$$

Der Fehler ergibt sich aus dem statistischen Fehler der Zählung  $\sigma_N = \sqrt{134} = 11.58$ , er wird einfach mit der Zeit skaliert. Nun  $(n - n_0^\beta)$  soll als Funktion der Absorberdicke  $x$  in einem semi-logarithmischen Diagramm dargestellt werden, wobei der Fehler sich aus Gauss-Fehlerfortpflanzung ergibt:

$$\Delta = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{n}}{t}\right)^2 + (\Delta n_0^\beta)^2} \quad (13)$$

Außerdem werden die Daten mit einer Fit-Funktion der Form angepasst:<sup>5</sup>

$$a(x) = ae^{-\mu x} + x_0 \quad (14)$$

Die Fit-Parameter lauten:

$$a = 35.16 \pm 0.79 \quad \mu = 1.728 \pm 0.002 \quad x_0 = -0.112 \pm 0.001 \quad (15)$$

Aus dem nahezu vertikalen Teil der Absorptionskurve kann durch Extrapolation die maximale Reichweite bestimmt werden. Der Punkt, an dem die Absorptionskurve vertikal verlaufen würde, entspricht dem Punkt, an dem der Fit die x-Achse schneidet. Daher gilt für die maximale Reichweite:

$$0 = a(x_{\max}) = ae^{-\mu x_{\max}} + x_0 \quad (16)$$

---

<sup>5</sup>Python Code 1

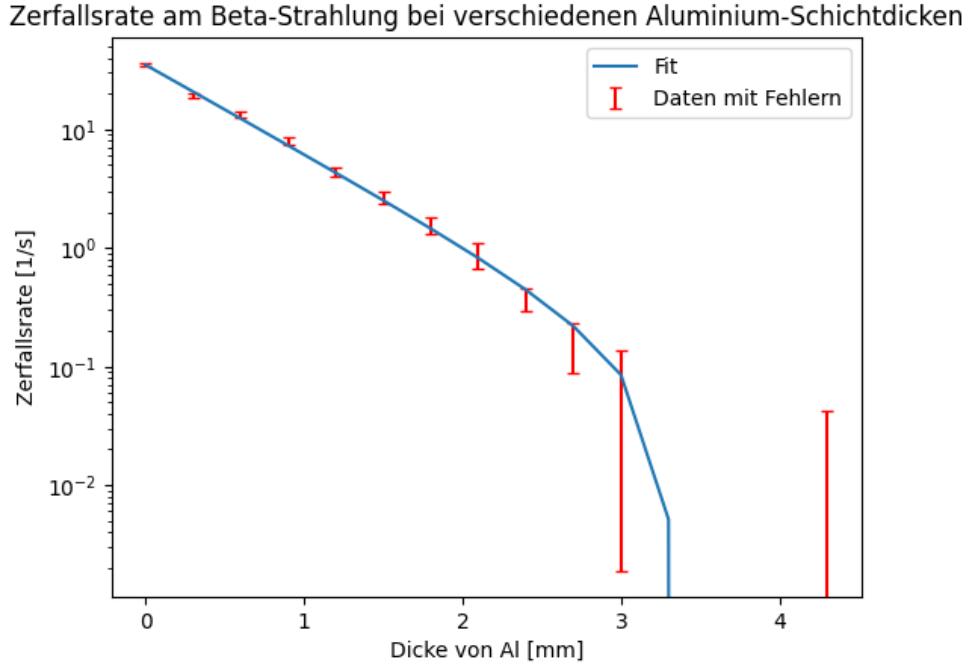


Abbildung 6: Die Aktivität von Beta-Strahler gegen die Aluminiumabsorberdicke mit Fit-Funktion

Dies führt dazu:

$$x_{\max} = -\ln \left( \frac{-x_0}{a} \right) \frac{1}{\mu} \quad (17)$$

$$\Delta x_{\max} = x_{\max} \sqrt{\left( \frac{x_0}{\Delta x_0} \right)^2 + \left( \frac{a}{\Delta a} \right)^2 + \left( \frac{\mu}{\Delta \mu} \right)^2} \quad (18)$$

Daher ergibt sich:

$$\underline{\underline{x_{\max} = (3.33 \pm 0.08) \text{ mm}}} \quad (19)$$

Unter Verwendung von  $x_{\max}$ , der Dichte von Aluminium ( $\rho_{Al} = 2.699 \text{ g/cm}^3$ , Quelle: Wikipedia) und der Flächendichte  $R_{ES}^\beta = 0.130 \text{ g/cm}^2$ , kann die gesamte Flächendichte  $R_\beta$  bestimmt werden:

$$R^\beta = x_{\max} \cdot \rho_{Al} + R_{ES}^\beta = (1.03 \pm 0.02) \text{ g/cm}^2 \quad (20)$$

Die Dichte von Aluminium  $\rho_{Al}$  wird mit  $x_{\max}$  multipliziert, um die Flächendichte des Aluminiumabschnitts zu erhalten. Diese wird dann zu  $R_{ES}^\beta$  addiert, um die gesamte Flächendichte  $R^\beta$  sowie deren Fehler aus Gauss-Fehlerfortpflanzung zu berechnen.

Aus Abbildung 7 lässt sich nun die maximale Energie des Beta-Teilchens herausfinden mit Hilfe von der totalen Flächendichte:

$$E_{max}^\beta = (2.38 \pm 0.13) \text{ MeV} \quad (21)$$

Vergleichen wir dieses Ergebnis mit dem Literaturwert  $E_{Lit}^\beta = 2.274 \text{ MeV}$ <sup>6</sup> und berechnen die Fehlerabweichung:

$$\frac{|E_{max}^\beta - E_{Lit}^\beta|}{\Delta E_{max}^\beta} \approx 0.81\sigma \quad (22)$$

die Abweichung befindet sich innerhalb von  $3\sigma$  und ist nicht signifikant.

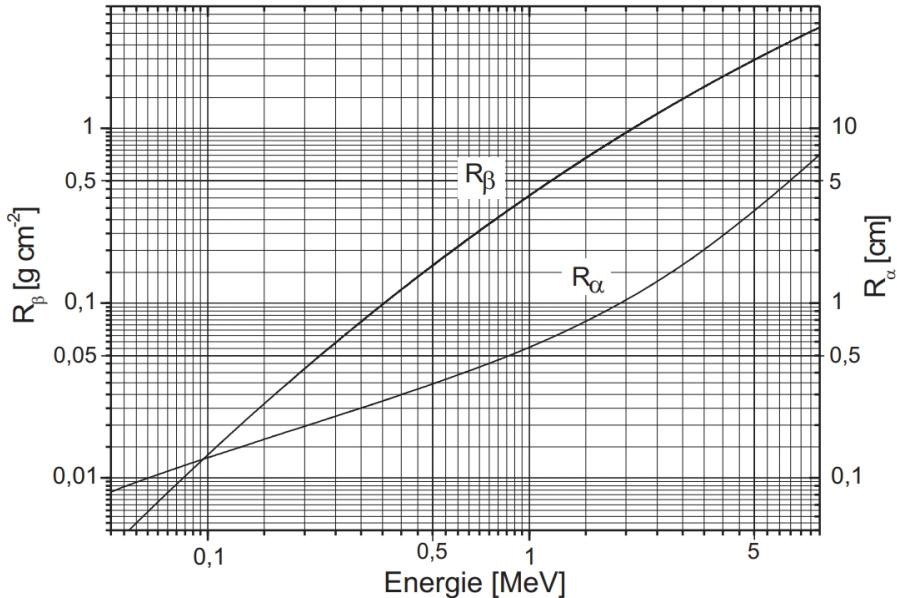


Abbildung 7: Reichweite von  $\beta$ -Strahlung in Aluminium und von  $\alpha$ -Strahlung in Luft<sup>8</sup>

### 3.2 Absorption von $\gamma$ -Strahlung in Blei

Gleich wie die letzte Aufgabe wird die Untergrundsräte  $n_0$  herausgezogen und die Zerfallsrate dann ebenso halblogarithmisch gegen der Absorberdicke geplottet und eine Fit-Funktion angelegt.<sup>9</sup> Die Steigung der Geraden liefert den Abschwächungskoeffizienten  $\mu$  für  $\gamma$ -Strahlung in Blei. Dieser ermöglicht die Bestimmung des materialunabhängigen Massenabschwächungskoeffizienten  $\mu/\rho$  mit der Dichte von Blei  $\rho_{Pb} = 11.342 \text{ g/cm}^3$ :

$$\mu_{Pb} = (0.68 \pm 0.06) \text{ cm}^{-1} \quad (23)$$

$$c = \frac{\mu_{Pb}}{\rho_{Pb}} \approx (0.060 \pm 0.005) \text{ cm}^2/\text{g} \quad (24)$$

<sup>6</sup>quelle: Dr. J.Wagner - Physikalisches Anfängerpraktikum - V. 1.1 B.Sc. Stand 10/2012

<sup>8</sup>Quelle: Dr. J.Wagner - Physikalisches Anfängerpraktikum - V. 1.1 B.Sc. Stand 10/2012

<sup>9</sup>Python Code 2

Zerfallsrate am Gamma-Strahlung bei verschiedenen Blei-Schichtdicken

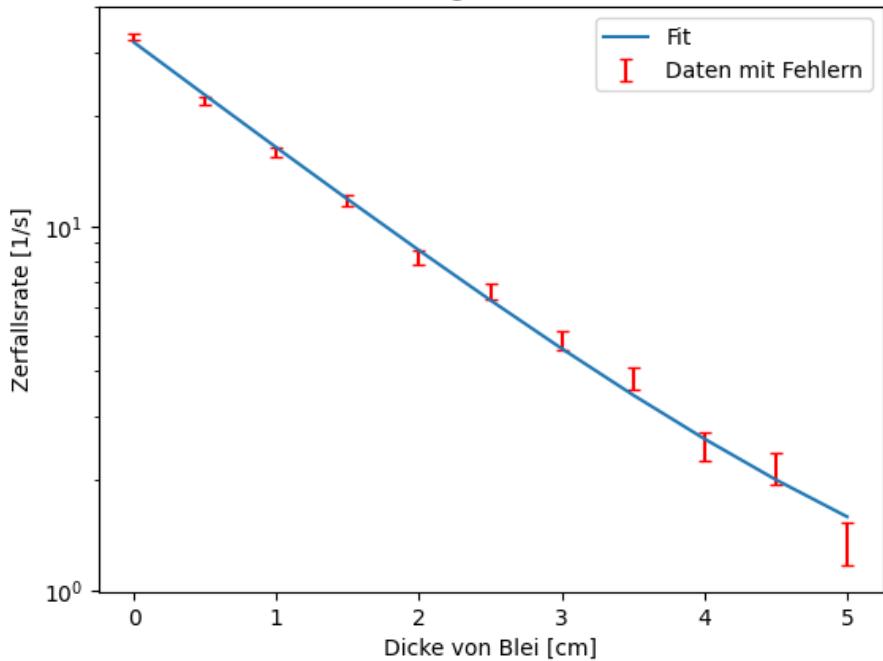


Abbildung 8: Die Aktivität von Gamma-Strahler gegen die Bleiabsorberdicke mit Fit-Funktion

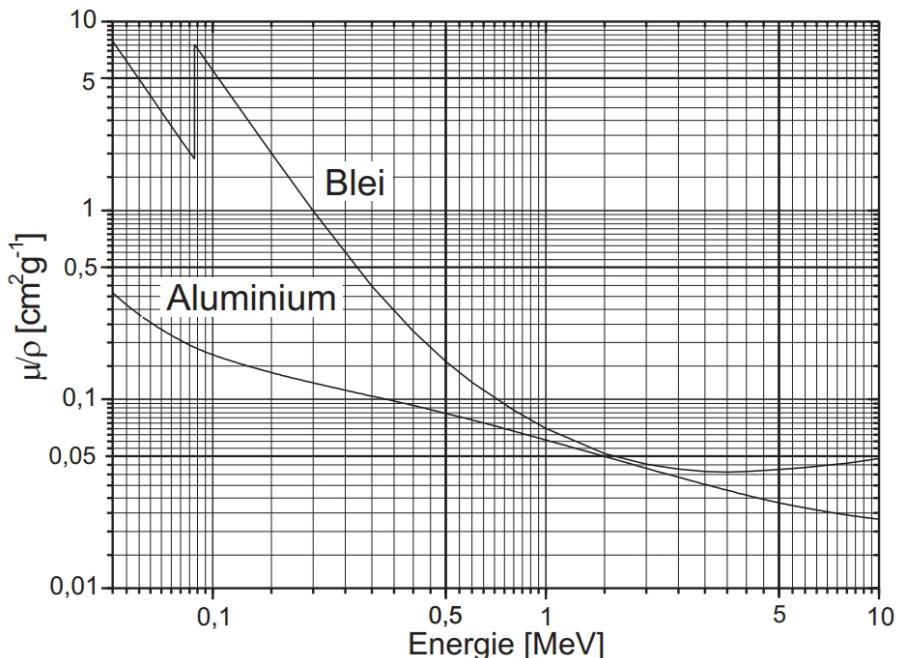


Abbildung 9: Massenabschwächungskoeffizienten in Abhängigkeit von maximaler Energie<sup>11</sup>

<sup>11</sup>Quelle: Dr. J.Wagner - Physikalisches Anfängerpraktikum - V. 1.1 B.Sc. Stand 10/2012

Aus Abbildung 9 ist die maximale Energie des Gamma-Quantums zu bestimmen:

$$E_{max}^\gamma = (1.313 \pm 0.063) \text{ MeV} \quad (25)$$

Wir Vergleichen mit dem Literaturwert  $E_{Lit}^\gamma = 1.333 \text{ MeV}$ <sup>12</sup>:

$$\frac{|E_{max}^\gamma - E_{Lit}^\gamma|}{\Delta E_{max}^\gamma} \approx 0.32\sigma \quad (26)$$

Die Fehlerabweichung beträgt weniger als  $3\sigma$  und ist nicht signifikant.

### 3.3 Bestimmung der Aktivität des $\gamma$ -Strahlers

Die Aktivität des  $\gamma$ -Strahlers wurde jeweils im Abstand von 5cm, 10cm und 20cm gemessen. Um zu berücksichtigen, dass wir nur Teilchen in einem kleinen Winkel detektieren, müssen wir den Raumwinkel  $\Omega$  berechnen. Somit ergibt sich die Aktivität  $A$  nach Gl.(4) um Faktor 2 reduziert (zwei Zerfallsprozesse, also 2 Lichtquanten):

$$A = \frac{2\pi n}{\epsilon\Omega} = \frac{2n}{\epsilon} \frac{d^2}{r^2} \quad (27)$$

$$\Delta A = A \sqrt{\left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2} \quad (28)$$

Somit bekommen wir aus dem Radius  $r = (7 \pm 0.25) \text{ mm}$  und einer Ansprechwahrscheinlichkeit  $\epsilon$  von 4% die Aktivitäten von verschiedenen Abständen:

$$A_1 = (508 \pm 54) \text{ kBq} \quad (d_1 = 5 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (29)$$

$$A_2 = (787 \pm 51) \text{ kBq} \quad (d_2 = 10 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (30)$$

$$A_3 = (811 \pm 42) \text{ kBq} \quad (d_3 = 20 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (31)$$

Das Präparat AE8664 wurde 2015 hergestellt und hatte eine Zwischen-Aktivität festgestellt von  $A_0 = 1700 \text{ kBq}$  am 01.01.2021 (siehe Tabelle im Messprotokoll). Co60 hat eine Halbwertszeit von  $T_{1/2} = 5.3$  Jahre. Daher kann die geschätzte Aktivität  $A(t)$  wie folgt berechnet werden:

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\ln(2)t/T_{1/2}} \quad (32)$$

Für  $t = 3.5$  Jahre ergibt sich:

$$A = 1076 \text{ kBq} \quad (33)$$

was nicht exakt mit dem Ergebnis übereinstimmt. Wie in Grundlage schon diskutiert wird, muss man deswegen die Raumwinkelkorrektur sowie eine Absorptionskorrektur beachten, denn die Strahlung nicht direkt am Zählrohreingang detektiert werden kann, und die unterschiedlichen Wechselwirkungen zwischen Materie bewirken auch ein mit der Energie varriierendes Absorptionskoeffizient. Im Folgenden sollen deswegen die Aktivitäten unter Berücksichtigung solcher Korrekturen erneut ermittelt und verglichen werden.

---

<sup>12</sup>quelle: Dr. J.Wagner - Physikalisches Anfängerpraktikum - V. 1.1 B.Sc. Stand 10/2012

### 3.3.1 Raumwinkel-Korrektur

Benutzen wir die Gl.(5) um die korrigierte Aktivitäten zu bestimmen:

$$A_{korr} = \frac{2n(d + l/2)^2}{\epsilon r^2} = Ak_1 \quad (34)$$

wobei  $k_1$  der Korrektur-Faktor ist. Setzen wir die Länge des Zählrohrs  $l = (4.45 \pm 0.01) \text{ cm}$  ein und bekommen:

$$A_1 = (1060 \pm 57) \text{ kBq} \quad (d_1 = 5 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (35)$$

$$A_2 = (1176 \pm 51) \text{ kBq} \quad (d_2 = 10 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (36)$$

$$A_3 = (1004 \pm 47) \text{ kBq} \quad (d_3 = 20 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (37)$$

dabei ist der Fehler aus Gauss-Fehlerfortpflanzung berechnet:

$$\Delta A = A \sqrt{\left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2} \quad (38)$$

### 3.3.2 Absorptionskorrektur

Um die Absorption in der Präparatkapsel mit Dicke  $x = 1.4 \text{ mm}$  und Dichte  $\rho_{\text{Absorber}} = 7.9 \text{ g/cm}^3$  zu berücksichtigen soll nach Gl.(10) zusätzlich noch eine Absorptionskorrektur ins Betracht gezogen werden:

$$A_{\text{abgeschirmt}} = A_{\text{offen}} e^{-\mu x} = A_{\text{offen}} k_2 \quad (39)$$

$\mu$  ist der Schwächungskoeffizient für  $\gamma$ -Strahlung im Absorbermaterial. Er kann gemäß dem Verhältnis  $\frac{\mu_{\text{Pb}}}{\rho_{\text{Pb}}} \cdot \rho_{\text{Absorber}}$  bestimmt werden, wobei  $\frac{\mu_{\text{Pb}}}{\rho_{\text{Pb}}} = (0.060 \pm 0.005) \text{ cm}^2/\text{g}$  schon aus Gl.(24) in 2. Aufgabe ausgerechnet worden ist. Es gilt:

$$\mu = \frac{\mu_{\text{Pb}}}{\rho_{\text{Pb}}} \cdot \rho_{\text{Absorber}} = (47.4 \pm 4.0) \text{ m}^{-1} \quad (40)$$

Es ergeben sich daher zusammen mit  $A_{\text{offen}}$  erstmal ausgewertet in (3.3.1):

$$A_1 = (992 \pm 99) \text{ kBq} \quad (d_1 = 5 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (41)$$

$$A_2 = (1100 \pm 104) \text{ kBq} \quad (d_2 = 10 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (42)$$

$$A_3 = (940 \pm 91) \text{ kBq} \quad (d_3 = 20 \pm 0.2 \text{ cm}) \quad (43)$$

Nachdem alle Korrekturen angewendet wurden, darf die Aktivität gemittelt werden. Das arithmetische Mittel der errechneten Aktivitäten beträgt  $A_{\text{Mittel}} = (1011 \pm 57) \text{ kBq}$ , wobei der Fehler gemäß der Gaußschen Fehlerfortpflanzung berechnet wurde. Wir vergleichen diesen Wert mit dem theoretischen Wert aus Gl.(33) und erhalten:

$$\frac{|A_{\text{theo}} - A_{\text{Mittel}}|}{\Delta A_{\text{Mittel}}} \approx 1.14\sigma \quad (44)$$

Die Fehlerabweichung liegt innerhalb von  $3\sigma$  und ist nicht signifikant. Soll ist die Notwendigkeit der Korrekturen geprüft.

## 4 Absorptionsmessung und Energiebestimmung von $\alpha$ -Strahlung

Wegen der geringen Reichweite der Alpha-Teilchen wurde die Luft als variabler Absorber benutzt, indem wir den Druck in einem evakuierbaren Glasrohr mit  $\alpha$ -Quelle verändern. Zur Beseitigung von energiearmen Elektronen, die neben den  $\alpha$ -Teilchen aus dem Präparat austreten, befindet sich das Glasrohr zusätzlich zwischen den Polschuhen eines Magneten. Die Daten, bei denen der Hintergrund  $n_0$  abgezogen wurde, werden aus Tabelle 4 aufgenommen und wie in Aufgabe 3 graphisch dargestellt:<sup>13</sup> Dabei wird eine Anpassungsfunktion  $f(x)$  benutzt:

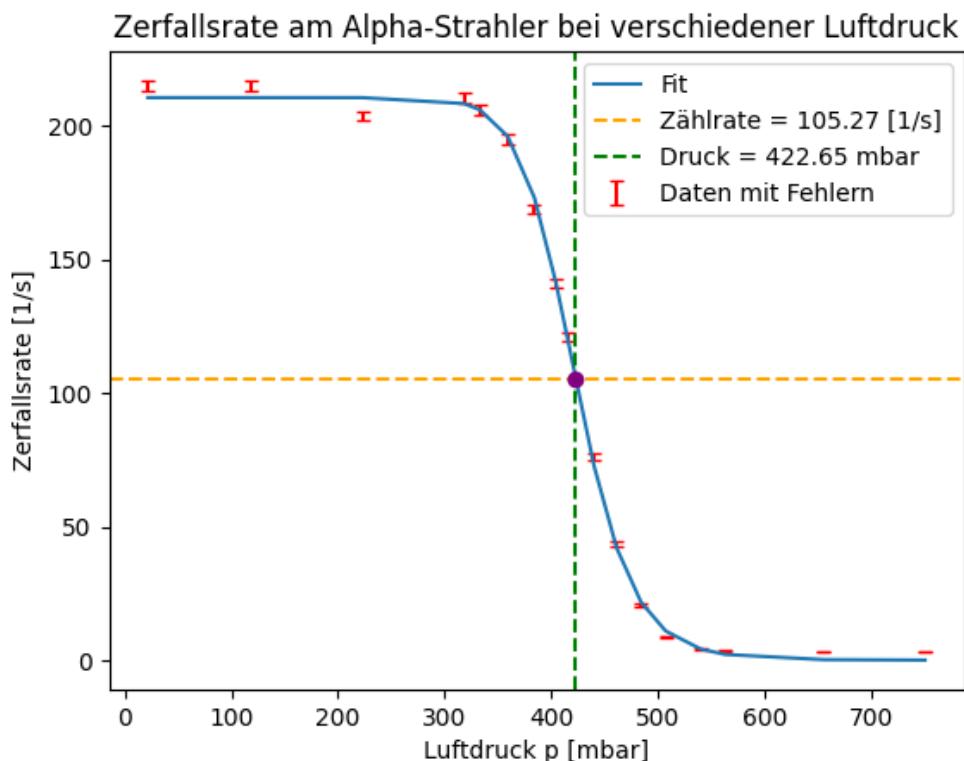


Abbildung 10: Die Aktivität von Alpha-Strahler gegen die Aluminiumabsorberdicke mit Fit-Funktion

$$f(x) = \frac{c_1}{1 + (x/c_2)^k} \quad (45)$$

Und die entsprechenden Parameter lauten:

$$c_1 = 210.55 \pm 0.82 \quad c_2 = 422.65 \pm 0.45 \quad k = 15.97 \pm 0.14 \quad (46)$$

Daraus ergibt sich grafisch, dass die gemessene Aktivität des Alphastrahlers auf die Hälfte des Maximums abgesunken ist bei dem Druck:

$$p_{1/2} = (422 \pm 5) \text{ mbar} \quad (47)$$

---

<sup>13</sup>Python Code 3

Der Abstand zwischen Präparat und Zählrohr beträgt  $s_0 = (3,95 \pm 0,05) \text{ cm}$ . Für die Reichweite  $s_1$  der  $\alpha$ -Strahlung beim Druck  $p_{\max}$  gilt:

$$s_1 = \frac{p_{\max}}{p_0} s_0 \quad (48)$$

wobei  $p_0 = 1013 \text{ mbar}$  der Normaldruck ist. Stellen wir die Tangentlinie an dem Punkt  $p_{1/2}$  und betrachten den Abschnitt mit der x-Achse als  $p_{\max}$ , so ergibt sich:

$$p_{\max} = (485.21 \pm 0.57) \text{ mbar} \quad (49)$$

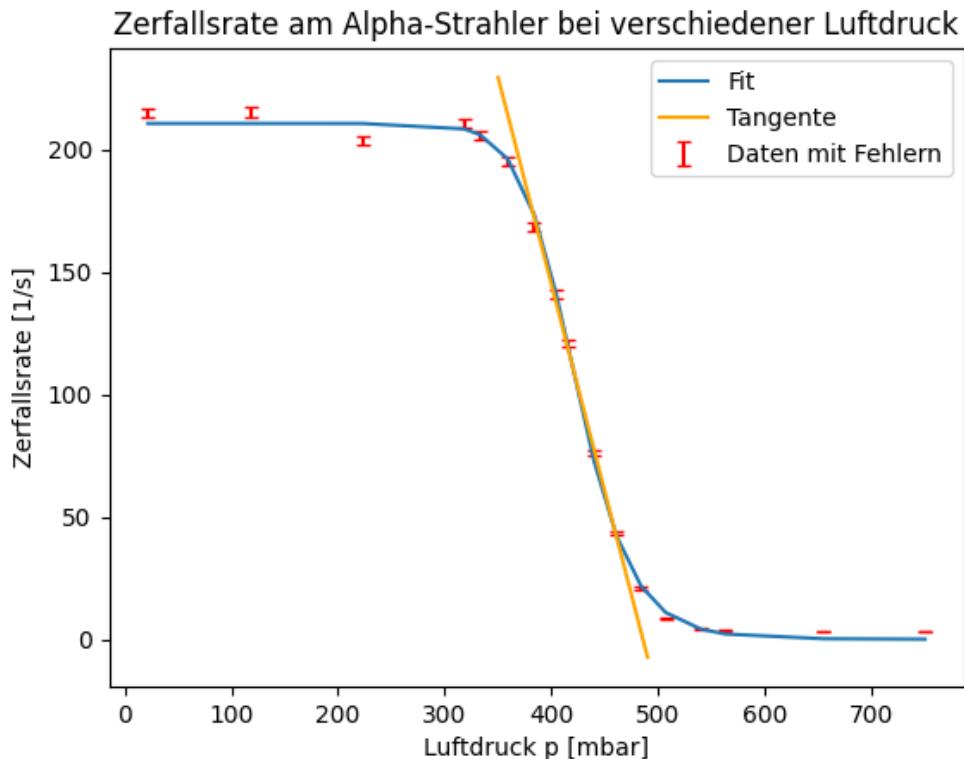


Abbildung 11: Die Aktivität von Alpha-Strahler gegen die Aluminiumabsorberdicke mit Fit-Funktion und Tangente

So ist die maximale Reichweite des Alpha-Teilchens:

$$s_1 = (1.892 \pm 0.024) \text{ cm} \quad (50)$$

wobei der Fehler aus Gauss-Fehlerfortpflanzung stammt:

$$\Delta s_1 = s_1 \sqrt{\left(\frac{\Delta p_{\max}}{p_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta s_0}{s_0}\right)^2} \quad (51)$$

Darüber hinaus sollen zusätzlich zwei Korrekturen  $s_2$ , die Dicke des Zählrohrfensters aus Glimmer berücksichtigt, und  $s_3 = 0.68 \text{ cm}$ , die das Absorptionsvermögen von dem

Schutzschicht von  $^{241}\text{Am}$ -Quelle darstellt, betrachtet werden.  $s_2$  lässt sich bestimmen aus der Gleichung:

$$s_2 = \frac{\rho_{Gl}}{1,43 \text{ mg/cm}^2} \times 1 \text{ cm} \quad (52)$$

Das Bremsvermögen von  $1,43 \text{ mg/cm}^2$  Glimmer entspricht dem von  $1 \text{ cm}$  Luft unter Normalbedingungen. Aus Messprotokoll ist  $\rho_{Gl} = (2.35 \pm 0.01) \text{ mg/cm}^2$  die Flächendichte des Zählrohrfensters, so erhöht sich die zuvor berechnete Reichweite um:

$$s_2 = (1.643 \pm 0.007) \text{ cm} \quad (53)$$

Diese Korrekturen müssen zur zuvor berechneten Reichweite addiert werden:

$$\underline{s = s_1 + s_2 + s_3 = (4.215 \pm 0.025) \text{ cm}} \quad (54)$$

Mit Hilfe von Abbildung 7 lässt sich nun die gesamte Reichweite des Alpha-Teilchens bestimmen:

$$E_{\max}^\alpha = (5.75 \pm 0.30) \text{ MeV} \quad (55)$$

Im Vergleich zu dem Literaturwert  $E_{\text{Lit}}^\alpha = 5.48 \text{ MeV}$  ist der Fehler:

$$\frac{|E_{\max}^\alpha - E_{\text{Lit}}^\alpha|}{\Delta E_{\max}^\alpha} \approx 0.9\sigma \quad (56)$$

Die Fehlerabweichung befindet sich innerhalb von  $3\sigma$  und ist nicht signifikant.

## 5 Zusammenfassung und Diskussion

In diesem Experiment haben wir mit  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahler die Eigenschaften von der Absorption sowie die maximale Reichweite der entsprechenden Teilchen sowie ihre Aktivitäten bestimmt. In erster Aufgabe wurde zunächst eine Untergrundsmessung durchgeführt, und dann wurden weitere Messungen mit einer zunehmenden Anzahl von Aluminiumplatten. Die jeweilige Zählrate, die aus diesen Messungen ermittelt wurde, wurde als Funktion der Absorberdicke in einem Diagramm dargestellt, wobei die ermittelte Hintergrundzährlate subtrahiert wurde. Dabei ist zu beachten, dass der letzte Wert nach der Korrektur mit der Untergrundaktivität negativ werden, und so nicht mehr im logarithmischen Diagramm dargestellt werden können. Der betreffende Wert, einschließlich der Untergrundstrahlung, sind so gering, dass diese Abweichungen sehr leicht auf statistische Ungenauigkeiten zurückgeführt werden können. Dieses Problem könnte durch längere Messzeiten und mehrere Messreihen für solch geringe Werte behoben werden.

Eine exponentielle Funktion wurde an den Verlauf der gemessenen Werte angepasst (siehe Abbildung 6). Die maximale Reichweite der  $\beta$ -Teilchen wurde aus dem vertikalen Teil dieser Absorptionskurve bestimmt und gibt die totale Flächendichte:

$$E_{\max}^\beta = (2.38 \pm 0.13) \text{ MeV}$$

die sich mit  $0.81\sigma$  von dem Literaturwert abweicht. Der Fit-Algorithmus könnte jedoch verbessert werden, indem die verschiedenen radioaktiven Stoffe im Präparat berücksichtigt werden. Beim Zerfall von Co90 entstehen auch weitere Elemente, die jedoch unterschiedliche Zerfallskonstanten  $\mu$  aufweisen. Eine Möglichkeit hierfür wäre die Verwendung einer linearen Kombination von Exponentialfunktionen, wie z.B.  $a(x) = a_1 e^{-\mu_1 x} + a_2 e^{-\mu_2 x} + x_0$  (siehe Versuch 252).

In zweiter Aufgabe wurde die Absorption von  $\gamma$ -Strahlung untersucht. Ebenso wurde die Anzahl der detektierten Teilchen in Abhängigkeit von der Dicke des Absorbers aus Blei erfasst. Die aus diesem Prozess bestimmten Zählraten, herausgezogen um die Hintergrundzählrate, wurden in Abbildung 8 dargestellt, und erneut wurde eine exponentielle Funktion angepasst. Anhand der Anpassungsparameter wurde die Zerfallskonstante bestimmt, und das materialunabhängige Massenabsorptionskoeffizient berechnet:

$$\frac{\mu_{\text{Pb}}}{\rho_{\text{Pb}}} = (0.060 \pm 0.005) \text{ cm}^2/\text{g}$$

Analog zur vorherigen Aufgabe konnte die Energie der Gammastrahlung bestimmt werden:

$$E_{\gamma \text{ max}} = (1.313 \pm 0.063) \text{ MeV}$$

, der eine Fehlerabweichung von  $0.32\sigma$  aufweist. Bezüglich der Genauigkeit des Ergebnisses wären hier Verbesserungen möglich, beispielsweise bei der Ermittlung der Energie aus dem Massenabschwächungskoeffizienten, da die graphische Herangehensweise an der logarithmischen Darstellung besonders ungenau ist.

Im weiteren Verlauf des Experiments wurde die Aktivität der  $\gamma$ -Strahlenquelle bestimmt. Zunächst wurde die Zählrate der detektierten Teilchen für drei verschiedene Abstände zwischen der Probe und dem Geiger-Müller-Zähler gemessen, und dann mit Raumwinkel die Aktivitäten ermittelt. Ohne Korrekturen sehen wir, dass die Aktivitäten stark von dem theoretischen Wert abweichen. Dies ist auf die verfälschenden Effekte zurückzuführen, die durch die reale Länge des Zählrohrs und die unvollständige Absorption der Strahlung durch die verschiedenen Elemente zwischen Präparat und Detektionsmechanismus entstehen. Erst nach Durchführung der entsprechenden Korrekturen können die Werte sinnvoll verglichen und gemittelt werden.

Nach Raumwinkel-Korrektur sowie Absorptionskorrektur lauten die Aktivitäten bei verschiedenen Abständen:  $A_1 = (992 \pm 99) \text{ kBq}$ ,  $A_2 = (1100 \pm 104) \text{ kBq}$ ,  $A_3 = (940 \pm 91) \text{ kBq}$ . Nach arithmetischer Mittelung ergibt sich die Aktivität  $A = (1011 \pm 57) \text{ kBq}$ , die eine Fehlerabweichung von  $1.14\sigma$  mit dem theoretischen Wert hat. Insbesondere bei dem kleinen Abstand  $d$  hatte diese Korrektur einen großen Einfluss. Tatsächlich ist der Korrekturfaktor:

$$k_1 = 1 + \frac{d_l + l^2}{d^2} = 1 + \frac{l}{d} + \frac{l^2}{d^2}$$

Für  $l \ll d$  nähert er sich 1 an. Es bleibt jedoch eine andere Frage, was das optimale experimentelle Setup ist, da bei großen  $d$  die Wegstrecke wächst und damit Raum für Fehler lässt. Dabei sollen wir außerdem beachten, dass die gemessenen Aktivitäten auf keinen Fall direkt am Anfang gemittelt werden dürfen, weil während Korrekturen spielt der Exponentialterm nicht die gleiche Rolle wie Linearisierung.

Bei der 3. Aufgabenstellung soll die Absorption der Alpha-Strahlung betrachtet werden. Aufgrund ihrer begrenzten Reichweite wurde Luft als Absorber verwendet, wobei die Dichte und somit der Luftdruck manuell variiert wurden. Die Zählrate der detektierten Teilchen wurde in Abhängigkeit vom Luftdruck gemessen, und dann gegen den Luftdruck graphisch aufgetragen, wobei die Hintergrundzählrate  $n_0$  abgezogen wurde und eine Fit-Funktion an die Messwerte angepasst (siehe Abbildungen 10 und 11). Durch die Verwendung einer Tangente an die Anpassungsfunktion am Punkt  $p_{1/2}$ , wo die anfängliche Zählrate um die Hälfte abgenommen hat, wurde der maximale Druck bestimmt, bis zu dem Alpha-Teilchen detektiert werden können. Basierend darauf, unter Berücksichtigung der Dicke des Geiger-Müller-Zählers und der Schutzschicht der radioaktiven Quelle (Absorptionsvermögen), wurde eine Gesamtreichweite der  $\alpha$ -Strahlung berechnet:

$$s = (4.215 \pm 0.025) \text{ cm}$$

Erneut konnte unter Verwendung des Anhangs die Energie der Strahlung geschätzt werden:

$$E_\alpha = (5.75 \pm 0.30) \text{ MeV}$$

Die bestimmte Energie weicht um  $0.9\sigma$  vom Literaturwert von 5,48 MeV ab. Beim Plotten und Fitten unserer Daten sollten eigentlich die Fehler des Drucks ebenfalls berücksichtigt werden. Jedoch dominiert die große Ungenauigkeit der Zählrate aufgrund statistischer Schwankungen ( $\Delta N \sim \sqrt{N}$ ) bei der Fehlerfortpflanzung, sodass die Druckabweichung vernachlässigt werden kann.

## 6 Anhang

# Python Code 253 Yuting Shi

June 11, 2024

## 0.0.1 Python Code Versuch 253

Yuting Shi

Python Code 1: Absorption von beta-Strahlung in Aluminium

```
[1]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.optimize import curve_fit

[2]: t1=np.array([30,30,30,30,30,30,30,120,120,120,120,120,300])
d1=np.array([0,0.3,0.6,0.9,1.2,1.5,1.8,2.1,2.4,2.7,3.0,3.3,4.3])
N1=np.array([1071,592,416,253,144,94,60,40,99,73,62,41,134])
dN1=np.sqrt(N1)
n0_beta=0.447
dno_beta=0.017
n1=N1/t1-n0_beta
dn1=np.sqrt((np.sqrt(N1)/t1)**2+dno_beta**2)

plt.errorbar(d1,n1, dn1, fmt='None', ecolor='r', capsize=3, marker='s', mew=1, mec='black', mfc='black', ms='2', label='Daten mit Fehlern')
def k(x,u,a,x0):
    return a*np.exp(-u*x)+x0

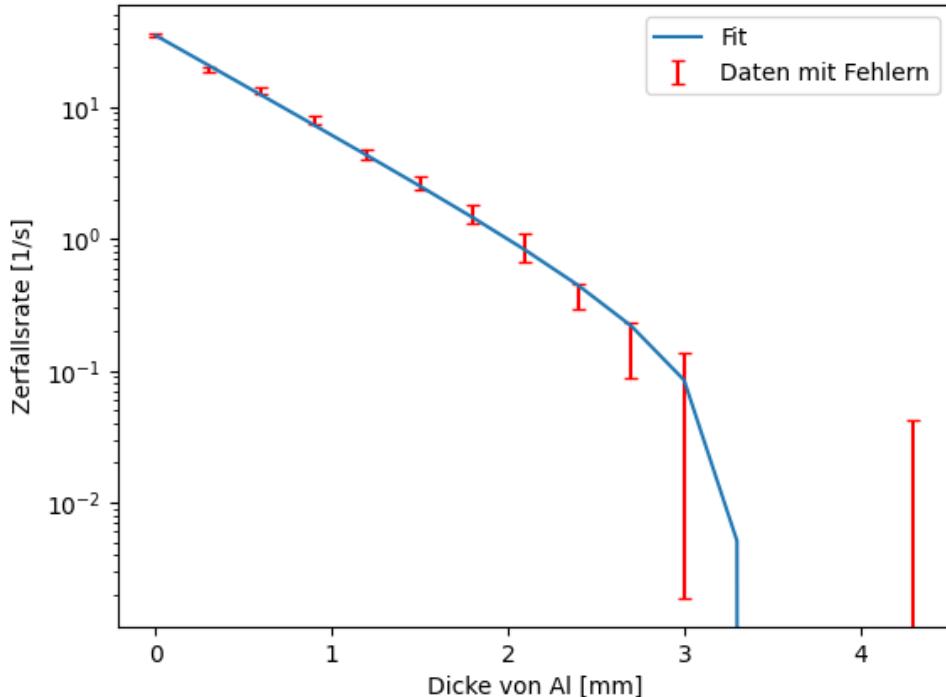
popt,pcov=curve_fit(k,d1,n1, p0=[1.56,38,0],sigma=dn1, absolute_sigma=True)
plt.xlabel('Dicke von Al [mm]')
plt.ylabel('Zerfallsrate [1/s]')
plt.title('Zerfallsrate am Beta-Strahlung bei verschiedenen Aluminium-Schichtdicken')
plt.yscale('log')
plt.plot(d1, k(d1,*popt), label='Fit')
plt.legend()

print('u= ', popt[0], '+/-', pcov[0][0])
print('a= ', popt[1], '+/-', pcov[1][1])
print('x0= ', popt[2], '+/-', pcov[2][2])
```

u= 1.7275283092396228 +/- 0.0017199499912585773  
a= 35.15801233139879 +/- 0.7852078843531254

```
x0= -0.11240445315516284 +/- 0.0010943591750868394
```

### Zerfallsrate am Beta-Strahlung bei verschiedenen Aluminium-Schichtdicken



### Python Code 2: Absorption von gamma-Strahlung in Blei

```
[3]: t2=60
d2=np.array([0,0.5,1.0,1.5,2.0,2.5,3.0,3.5,4.0,4.5,5.0])
N2=np.array([2013,1353,987,735,521,425,320,257,177,158,109])
n0=140/300
dn0=np.sqrt(140)/300
n2=N2/t2-n0
dn2=np.sqrt((np.sqrt(N2)/t2)**2+dn0**2)

plt.errorbar(d2,n2, dn2, fmt='None', ecolor='r', capsize=3, marker='s', mew=1, mec='black', mfc='black', ms='2', label='Daten mit Fehlern')

popt2,pcov2=curve_fit(k,d2,n2, sigma=dn2, absolute_sigma=True)
plt.xlabel('Dicke von Blei [cm]')
plt.ylabel('Zerfallsrate [1/s]')
plt.title('Zerfallsrate am Gamma-Strahlung bei verschiedenen Blei-Schichtdicken')
plt.yscale('log')
plt.plot(d2, k(d2,*popt2), label='Fit')
plt.legend()
```

```

print('u= ', popt2[0], '+/-', pcov2[0][0])
print('a= ', popt2[1], '+/-', pcov2[1][1])
print('x0= ', popt2[2], '+/-', pcov2[2][2])

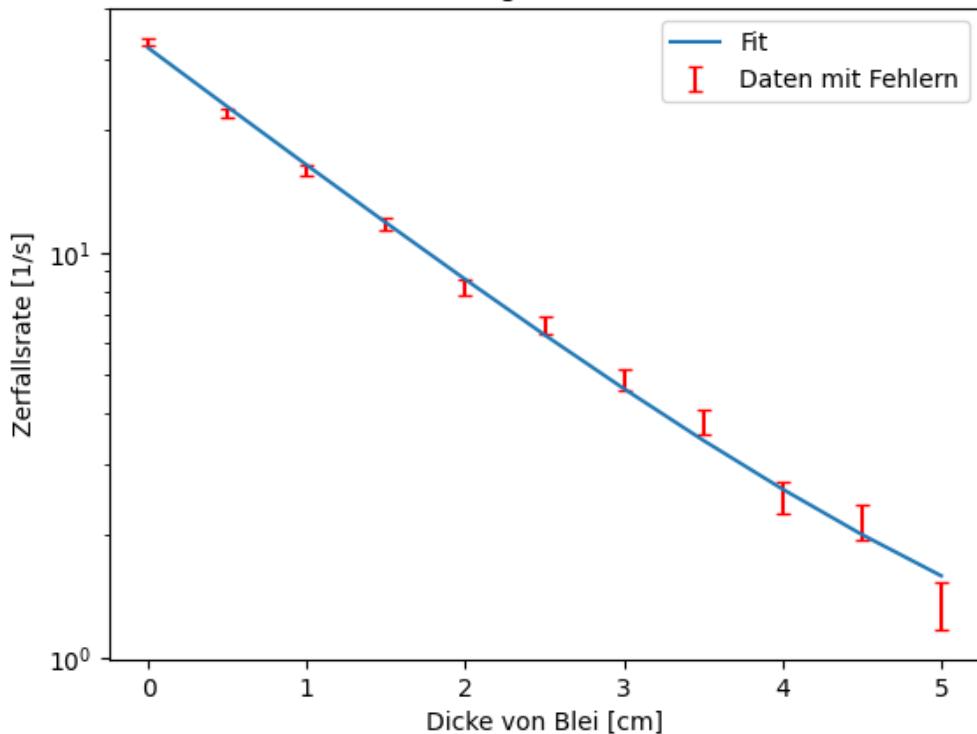
```

```

u= 0.6831052037595546 +/- 0.000606006235043022
a= 31.436963217240276 +/- 0.3178570239417954
x0= 0.5577190927734299 +/- 0.050197865564728175

```

Zerfallsrate am Gamma-Strahlung bei verschiedenen Blei-Schichtdicken



Python Code 3: Absorption von Alpha-Strahlung in Luft

```

[7]: t3=60
p=np.array([22,119,223,318,333,359,384,404,415,440,461,484,507,540,563,655,750])
N3=np.
array([12923,12933,12253,12669,12374,11717,10144,8486,7294,4592,2633,1279,546,273,246,215,2
n0_3=134/300
dn0_3=np.sqrt(134)/300
n3=N3/t3-n0_3
dn3=np.sqrt((np.sqrt(N3)/t3)**2+dn0_3**2)

plt.errorbar(p,n3, dn3, fmt='None', ecolor='r', capsize=3, marker='s', m
ec='black', mfc='black', ms='2', label='Daten mit Fehlern')

```

```

def Fit(x,c1,c2,k):      #Fit-Funktion
    return c1/(1+(x/c2)**k)

popt3,pcov3=curve_fit(Fit,p,n3, sigma=dn3, p0=[100,400,17],absolute_sigma=True)
plt.xlabel('Luftdruck p [mbar]')
plt.ylabel('Zerfallsrate [1/s]')
plt.title('Zerfallsrate am Alpha-Strahler bei verschiedener Luftdruck')
plt.plot(p, Fit(p,*popt3), label='Fit')
plt.legend()

print(f'c1= {popt3[0]:.2f} +/- {np.sqrt(pcov3[0][0]):.2f}')
print(f'c2= {popt3[1]:.2f} +/- {np.sqrt(pcov3[1][1]):.2f}')
print(f'k= {popt3[2]:.2f} +/- {np.sqrt(pcov3[2][2]):.2f}')

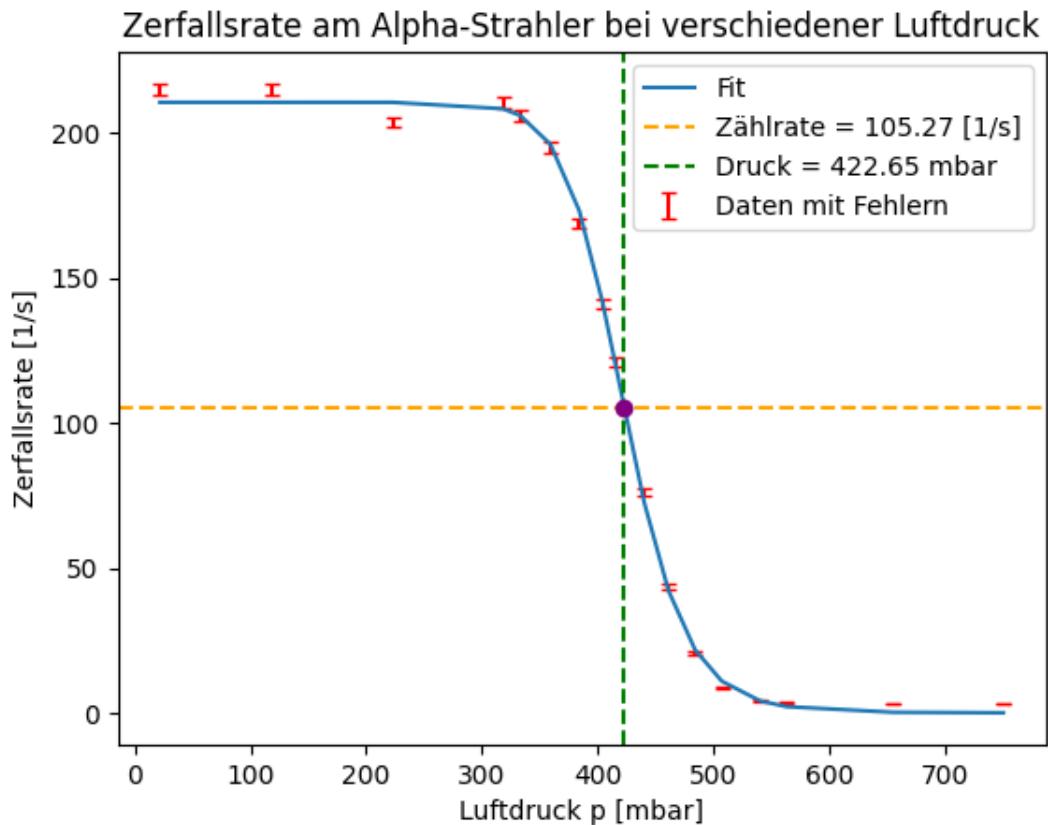
c1, c2, k = popt3
n_half = c1 / 2
p_half = c2 * ((c1 / n_half - 1)**(1/k))

plt.axhline(n_half, color='orange', linestyle='--', label=f'Zählrate = {n_half:.2f} [1/s]')
plt.axvline(p_half, color='green', linestyle='--', label=f'Druck = {p_half:.2f} mbar')
plt.scatter(p_half, n_half, color='purple', zorder=5)

plt.legend()
plt.show()

```

c1= 210.55 +/- 0.82  
c2= 422.65 +/- 0.45  
k= 15.97 +/- 0.14



```
[28]: t3=60
p=np.array([22,119,223,318,333,359,384,404,415,440,461,484,507,540,563,655,750])
N3=np.
array([12923,12933,12253,12669,12374,11717,10144,8486,7294,4592,2633,1279,546,273,246,215,2
n0_3=134/300
dn0_3=np.sqrt(134)/300
n3=N3/t3-n0_3
dn3=np.sqrt((np.sqrt(N3)/t3)**2+dn0_3**2)

plt.errorbar(p,n3, dn3, fmt='None', ecolor='r', capsize=3, marker='s', m
ec='black', mfc='black', ms='2', label='Daten mit Fehlern')
plt.plot(p, Fit(p,*popt3), label='Fit')
plt.legend()

from scipy.optimize import curve_fit

def l(x, a, b):
    return a * x + b

# Daten für den Fit auswählen
```

```

p_teil = p[6:10]
n3_teil = n3[6:10]
dn3_teil = dn3[6:10]

# Fit durchführen
popt4, pcov4 = curve_fit(l, p_teil, n3_teil, sigma=dn3_teil, u
    ↳absolute_sigma=True)

plt.xlabel('Luftdruck p [mbar]')
plt.ylabel('Zerfallsrate [1/s]')
plt.title('Zerfallsrate am Alpha-Strahler bei verschiedener Luftdruck')

# Plot-Bereich einschränken auf (300, 600)
x_range = np.linspace(350, 490, 100)
plt.plot(x_range, l(x_range, *popt4), color='orange', label='Tangente')

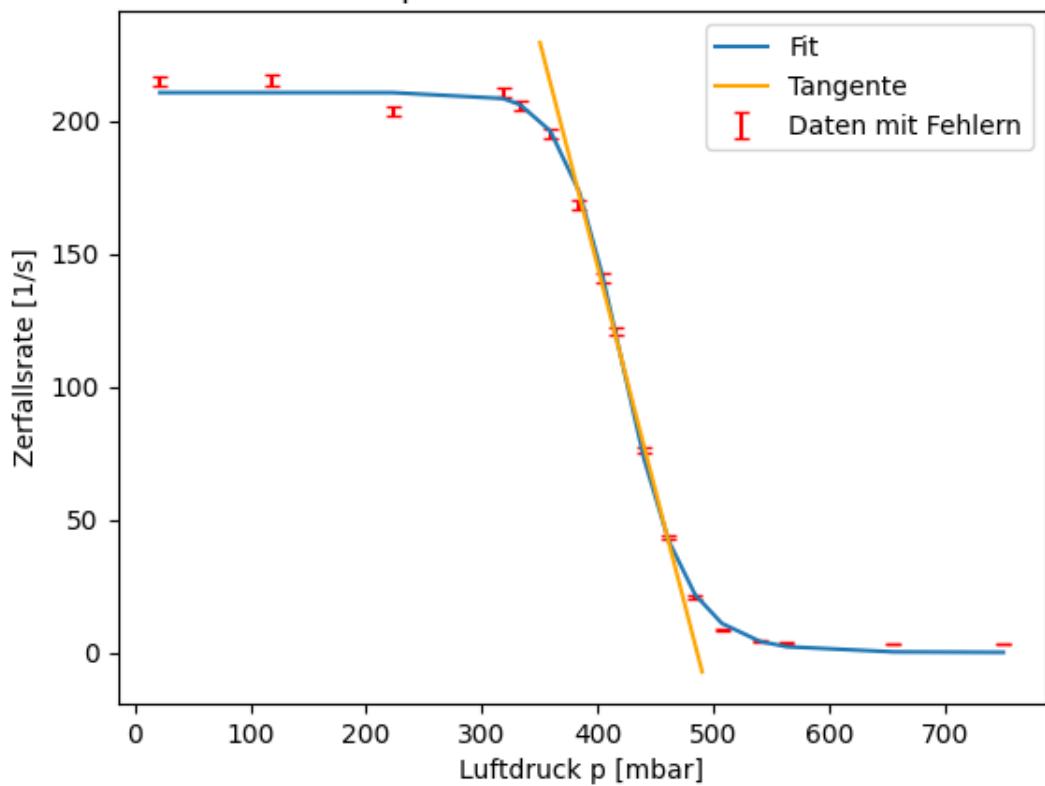
plt.legend()

print(f'a= {popt4[0]:.2f} +/- {np.sqrt(pcov4[0][0]):.2f}')
print(f'b= {popt4[1]:.2f} +/- {np.sqrt(pcov4[1][1]):.2f}')

```

a= -1.69 +/- 0.03  
b= 820.94 +/- 14.12

### Zerfallsrate am Alpha-Strahler bei verschiedener Luftdruck



## 7 Quelle

- Wagner, J. (April 2022). Physikalisches Praktikum PAP 2.2 für Studierende der Physik [Praktikumsanleitung]. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Abgerufen am 05. April 2024, von [https://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/AP/info/Corona/2\\_2\\_2022.pdf](https://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/AP/info/Corona/2_2_2022.pdf)