

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	2
2	Grundlagen	2
2.1	Radioaktivität	2
2.2	Zählrohr	4
2.3	Magnetspektrometer	5
2.4	Szintilationszähler	6
3	Versuchsanordnung	7
3.1	Digitalzähler	7
3.2	Magnetfeldspektrometer	8
3.3	Szintilationszähler	9
4	Geräteliste	9
5	Versuchsdurchführung & Messergebnisse	10
5.1	Messung der α , β und γ Strahlung ohne und mit verschiedenen dicken Abschirmungen	10
5.2	Aufnahme der Zählrohrcharakteristik	11
5.3	Aufnahme der Zählstatistik	12
5.4	Bestätigung des Abstandsgesetzes	14
5.5	Bestimmung der Endpunktsenergie über Absorption in Aluminium .	14
5.6	Aufnahme des Energiespektrums von β Strahlung mit Magnetspektrometer	16
5.7	Aufnahme und Kalibrierung des γ Spektrums	17
5.8	Aufnahme des komplexen γ Spektrums und seinen Zerfallsprodukten	18
6	Auswertung	19
6.1	Messung der α , β und γ Strahlung ohne und mit verschiedenen dicken Abschirmungen	19
6.2	Aufnahme der Zählrohrcharakteristik	19
6.3	Aufnahme der Zählstatistik	20
6.4	Bestätigung des Abstandsgesetzes	22
6.5	Bestimmung der Endpunktsenergie über Absorption in Aluminium .	23
6.6	Aufnahme des Energiespektrums von β Strahlung mit Magnetspektrometer	25
6.7	Aufnahme des komplexen γ Spektrums und seinen Zerfallsprodukten	27
7	Zusammenfassung	30

1 Aufgabenstellung

- Messung der α , β und γ Strahlung ohne und mit verschiedenen dicken Abschirmungen
- Aufnahme der Zählrohrcharakteristik
- Aufnahme der Zählstatistik
- Bestätigung des Abstandsgesetzes
- Bestimmung der Endpunktsenergie über Absorption in Aluminium
- Aufnahme des Energiespektrums von β Strahlung mit Magnetspektrometer
- Aufnahme und Kalibrierung des γ Spektrums
- Aufnahme des komplexen γ Spektrums und seinen Zerfallsprodukten

2 Grundlagen

2.1 Radioaktivität

Nicht alle, in der Natur vorkommenden, Isotope sind stabil und zerfallen so mit einer gewissen Halbwertszeit τ . Bei diesen Zerfällen kann grundsätzlich zwischen verschiedenen Zerfällen unterschieden werden.

Bei α - Zerfall wird ein Heliumkern ausgestoßen, was sich schließlich auf die Massen und Ordnungszahl auswirkt.

Bei β - Zerfall muss zwischen β^+ und β^- unterschieden werden. β^- - Zerfall wird durch die Umwandlung eines Neutrons in ein Proton hervorgerufen, wodurch ein Elektron und ein Elektron-Antineutrino ausgestoßen werden, um die Erhaltungssätze nicht zu verletzen. β^+ - Zerfall kommt in der Natur seltener vor, funktioniert aber nach dem gleichen Prinzip, mit dem Unterschied, dass hier die Ordnungszahl erhöht wird.

Bei γ - Zerfall werden keine Teilchen sondern hochfrequente Wellen abgestrahlt. Diese kommen zustande, wenn das Isotop nach α oder β - Zerfall noch in einem angeregten Zustand ist, wodurch durch die γ - Strahlung Spektren entstehen, die signifikant für bestimmte Elemente sind, was im Laufe des Versuchs genutzt wird.

Weil diese Zerfälle immer nach einem bestimmten Schema ablaufen, können sogenannte Zerfallsreihen angeschrieben werden, wie beispielsweise die Zerfallsreihe von

$^{226}_{88}\text{Ra}$ in Abbildung 1. Daraus kann abgelesen werden, welche Zerfälle vorliegen und auch welche Halbwertszeiten diese haben, wie häufig die Zerfälle also auftreten.

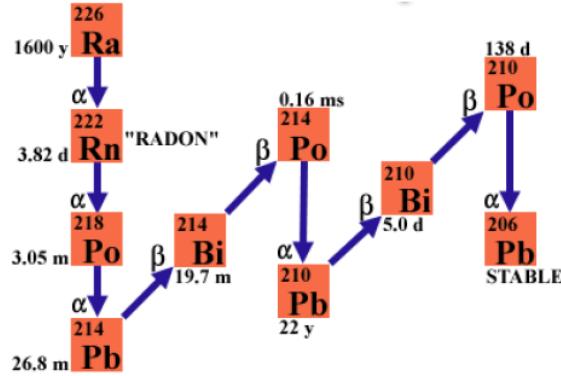


Abbildung 1: Zerfallsreihe $^{226}_{88}\text{Ra}$

Die Intensität I radioaktiver Strahlung folgt dabei dem Abstandsgesetz, welches folgendermaßen definiert werden kann:

$$I \propto \frac{1}{l^2} \quad (1)$$

l entspricht dabei dem Abstand zur radioaktiven Quelle.

Für die Absorption von radioaktiver Strahlung gilt das Beer-Lambertsche Absorptionsgesetz:

$$I = I_0 \exp(-\mu d) \quad (2)$$

I beschreibt dabei die Intensität der Strahlung nach der Barriere, I_0 die Anfangsintensität, μ den Absorptionskoeffizienten der Barriere und d die Dicke der Barriere.

Aus den Absorptionskoeffizienten kann die Ruheenergie E_0 nach folgender Formel berechnet werden:

$$\frac{\mu}{\rho} = 17.6 E_0^{-1.39} \quad (3)$$

ρ beschreibt dabei die Dichte der Barriere, dessen Absorptionskoeffizient bestimmt wurde.

$$p = 0.299792456 Br \quad (4)$$

$$E = 0.511 \left(0.344191071091609 B^2 r^2 + 1 \right)^{0.5} - 0.511 \quad (5)$$

2.2 Zählrohr

Im Versuch wird ein sogenanntes Geiger-Müller-Zählrohr verwendet, dessen schematischer Aufbau in Abbildung 2 ersichtlich ist. Es besteht im wesentlichen aus einem mit Zählgas gefüllten Metallrohr, durch dessen Mitte ein dünner Draht, der als Anode fungiert, läuft. Auf diesen Draht wird eine Spannung angelegt. Trifft nun ein zu detektierendes Teilchen auf das Fenster des Zählrohrs, können Atome im Zählgas angeregt werden, welches durch die angelegte Spannung zur Anode hin beschleunigt wird. Durch Stöße im Gas wird ein Lawineneffekt ausgelöst, der schlussendlich als Peak von der Anode verzeichnetet werden kann.

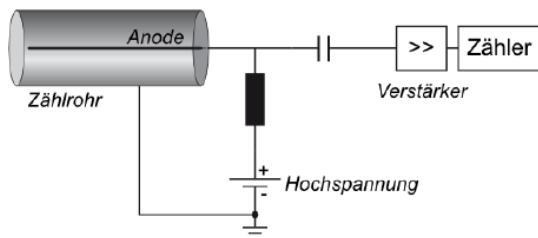


Abbildung 2: schematischer Aufbau des Zählrohrs

Der charakteristische Verlauf der Kurve des Zählrohrs ist in Abbildung 3 ersichtlich. Dabei sind die einzelnen Bereiche zu unterscheiden:

- I. Hier werden die Elektronen aufgrund der angelegten Spannung zur Anode hin Beschleunigt.
- II. In diesem Bereich ist eine Sättigung erreicht. Es bewegen sich also nicht alle Atome direkt zur Anode.
- III. Hier ist die Spannung so hoch, dass die Atome auf den Weg zur Anode mit anderen Atomen zusammenstoßen, wodurch der Lawineneffekt ausgelöst wird.
- IV. In diesem Bereich befindet sich das sogenannte Geiger-Müller-Plateau. Hier ist der Betrieb quasi nicht spannungsabhängig, weshalb dies auch der gewünschte Messbereich ist.
- V. Eine weitere Erhöhung in diesen Bereich erhöht zwar auch die Zählrate, zerstört aber auf Dauer den Zähler, weshalb dieser Bereich zu meiden ist.

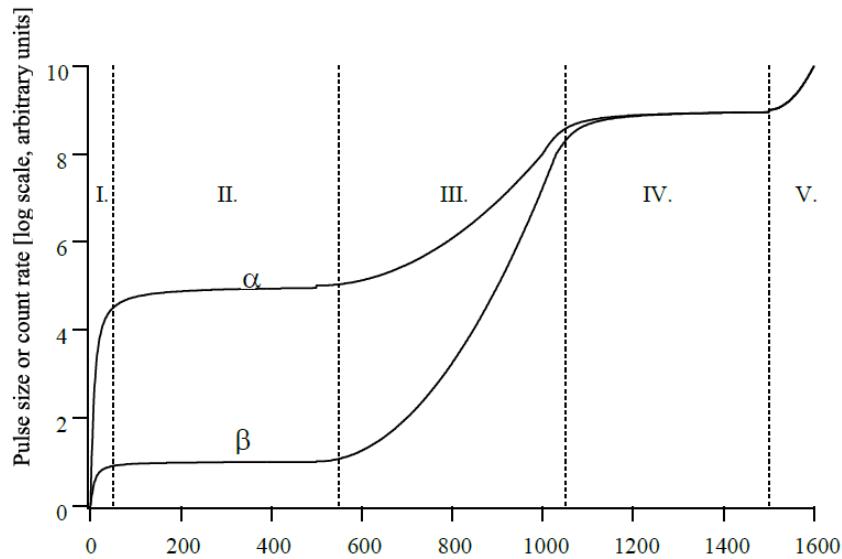


Abbildung 3: charakteristische Kurve des Zählrohrs für verschiedene Arten von Strahlung für die Bereits erklärten Spannungsbereiche

2.3 Magnetspektrometer

Die Funktionsweise eines Magnetfeldspektrometers basiert auf der Lorentzkraft. So wird β - Strahlung, die im Grunde aus Elektronen besteht, in einer Kreisbahn abgelenkt und so von der γ - Strahlung getrennt. Der schematische Aufbau eines Magnetfeldspektrometers ist in Abbildung 4 ersichtlich. In der Abbildung ist klar die Kreisförmige 'Flugbahn' der β - Strahlung vom Präparat zum Zählrohr sichtbar.

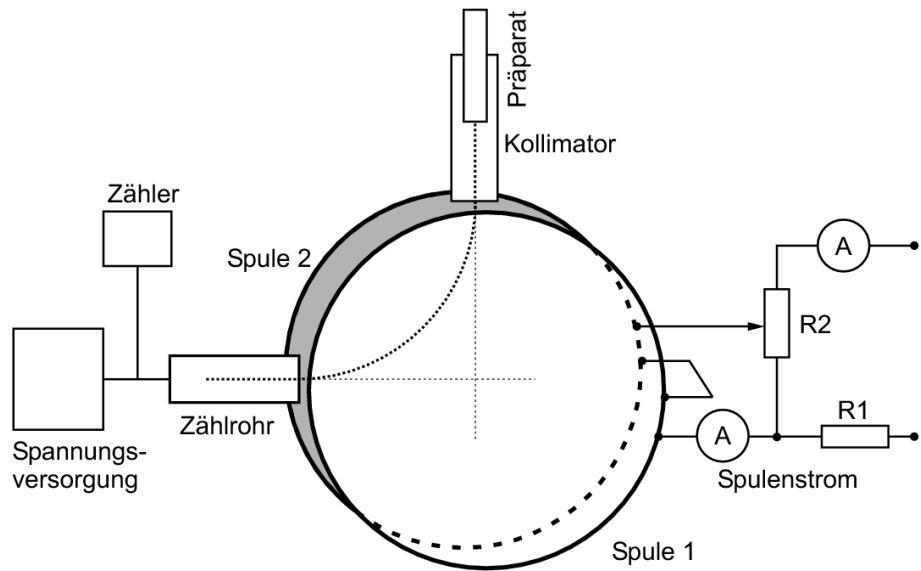


Abbildung 4: schematischer Aufbau des Magnetfeldspektrometers

2.4 Szintilationszähler

Der schematische Aufbau eines Szintilationszählers ist in Abbildung 5 sichtbar. Grundsätzlich besteht er aus einem Szintillatort, bei dem durch die Anregung der Strahlen Photonen ausgesendet werden, die von der Photokathode erfasst werden. Dahinter befindet sich ein Photomultiplier, an dessen Ende schlussendlich die vielen Elektronen von der Anode abgegriffen werden, was das erhältene Signal darstellt.

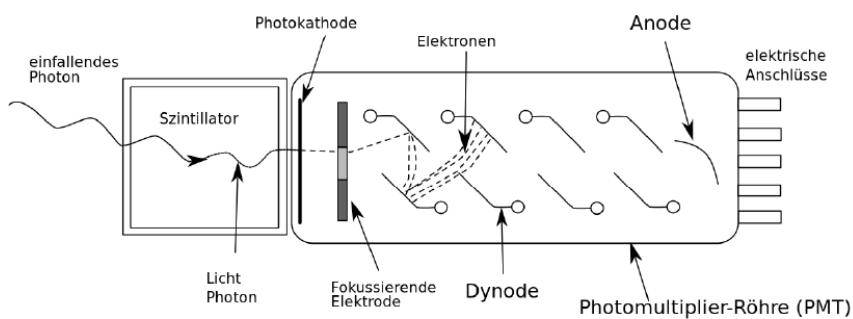


Abbildung 5: schematischer Aufbau und Strahlengang im Szintilationszähler

3 Versuchsanordnung

Im Laufe des Versuchs wurden 3 verschiedene Aufbauten verwendet die im Verlauf modifiziert wurden.

3.1 Digitalzähler

Für den ersten Teil des Versuchs wird folgender Versuchsaufbau aus Abbildung 6 realisiert. Dabei wird das Präparat in die dafür vorgesehene Halterung geschoben, hinter der sich das Zählrohr befindet, welches mit dem Digitalzähler verbunden ist, wodurch ein einfaches Ablesen der Counts ermöglicht wird. Auf der optischen Bank kann der Abstand zwischen Präparat und Zählrohr variiert und abgelesen werden. Dabei ist zu beachten, dass die abgelesene Distanz auf der optischen Bank nicht dem tatsächlichen Abstand zwischen Probe und Zählrohr entspricht, da sich diese nicht direkt über den Sockel befinden. Um im späteren Verlauf des Versuchs die Aluminiumbleche zu befestigen, wird die entsprechende Halterung auf die optische Bank gesteckt.

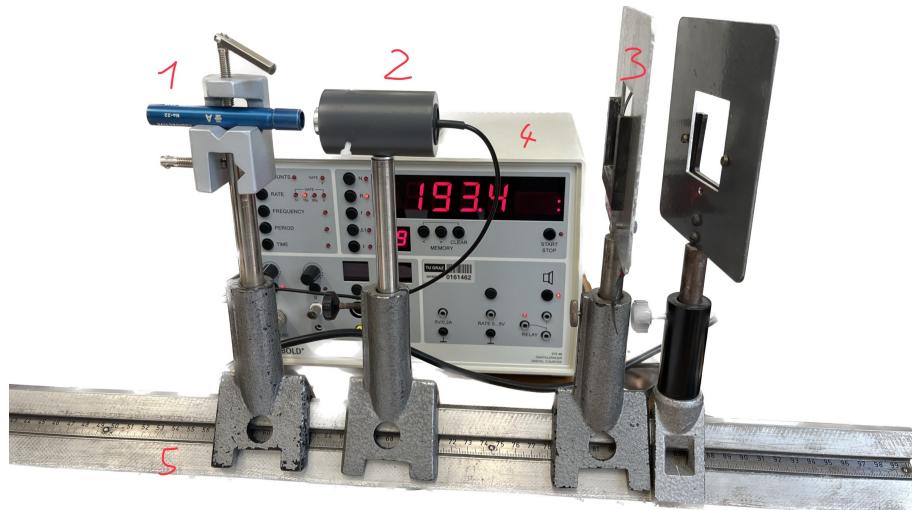


Abbildung 6: Aufbau des Digitalzähler

- 1 ... Halterung für radioaktive Quelle
- 2 ... Zählrohr
- 3 ... Halterung um später das Aluminium zu Befestigen
- 4 ... Digitalzähler
- 5 ... optische Bank um den Abstand zu variieren

3.2 Magnetfeldspektrometer

Um β Strahlung messbar zu machen, wird folgender Aufbau aus Abbildung 7 verwendet. Dabei wird das radioaktive Präparat in das dafür vorgesehene Loch gesteckt. Durch die Spule wird ein Magnetfelds erzeugt, wodurch die Betastrahlung aufgrund von Lorentzkraft abgelenkt wird, weshalb die Hallsonde auch schräg zur Quelle angeordnet ist. Dies stellt sicher, dass keine Gammastrahlung gemessen wird. Die Stärke des Magnetfelds wird durch das Netzgerät bestimmt.

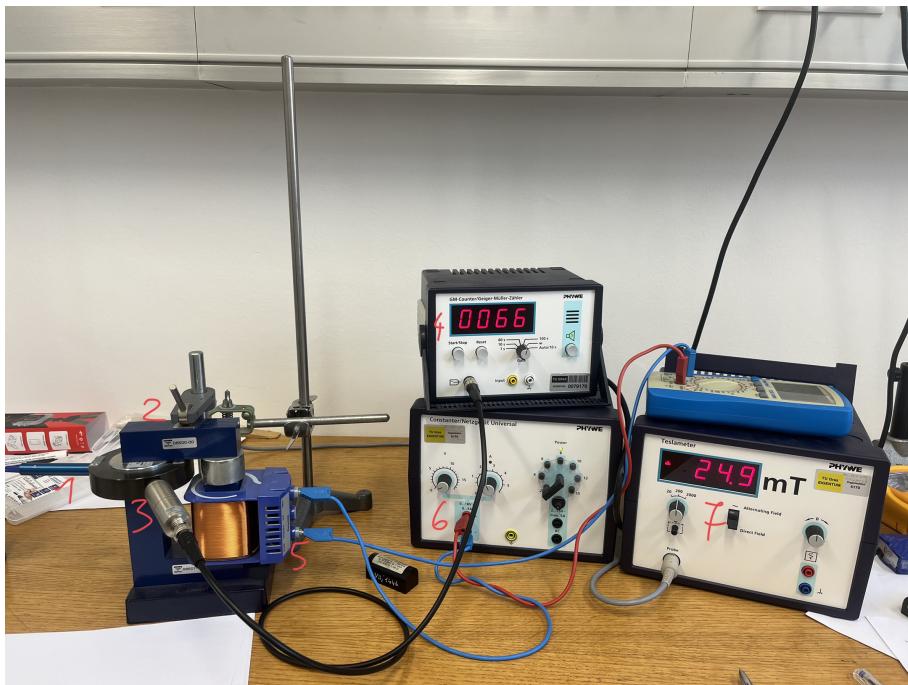


Abbildung 7: Aufbau des Magnetfeldspektrometers

- 1 ... Radioaktive Quelle
- 2 ... Hallsonde (nicht sichtbar im Foto)
- 3 ... Empfänger des Geiger-Müller-Zählers
- 4 ... Anzeige des Geiger-Müller-Zählers
- 5 ... Spule um das Magnetfeld zu erzeugen
- 6 ... Netzgerät für das Magnetfeld (Stecker um die Polung des Magnetfelds zu Ändern)
- 7 ... Teslameter um die Stärke des Magnetfelds zu bestimmen

3.3 Szintilationszähler

Der Aufbau des Szintilationszählers ist in folgender Abbildung 8 sichtbar. Die radioaktive Quelle wird in die, dafür vorgesehene, Halterung ober den Szintilationszähler gesteckt. Um eine Auswertung am PC zu ermöglichen, wird ein Cassy-Lab als Schnittstelle verwendet.

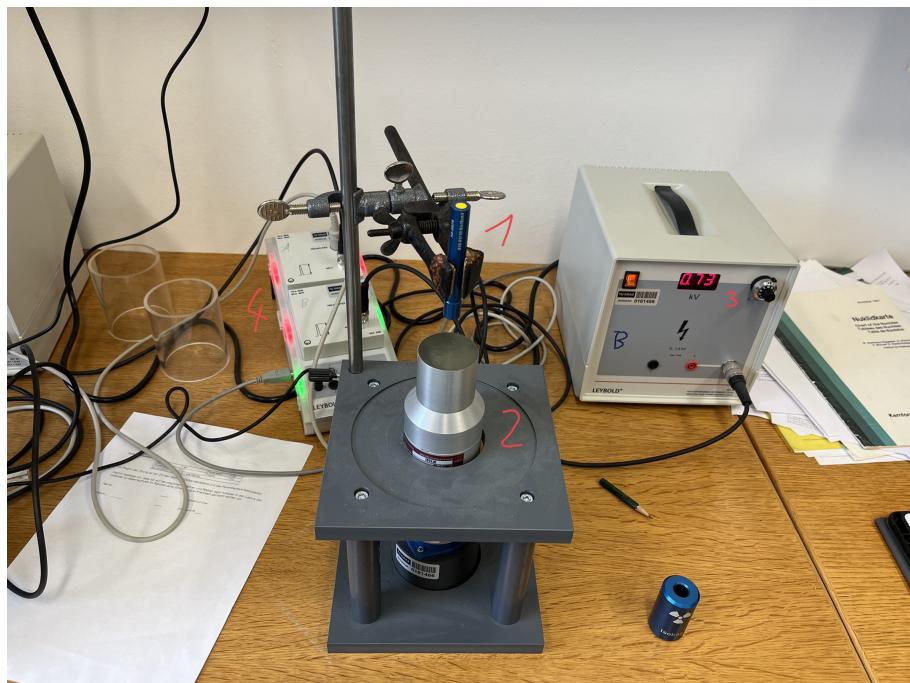


Abbildung 8: Aufbau des Szintilationszählers

- 1 ... Radioaktive Quelle
- 2 ... Szintilationszähler
- 3 ... Spannungsgenerator
- 4 ... Cassy-Lab um Auswertung am PC zu ermöglichen

4 Geräteliste

Die Geräteliste wurde uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt und nur um die verwendeten Strahlungsquellen ergänzt.

Tabelle 1: verwendete Geräte

Gerätetyp	Hersteller	Typ	Inventar-Nr
Digitalzähler	Leybold	57548	161462
Geiger-Müller-Zählrohr	Leybold	5240331	
β Spektrometer	Phywe		
Netzgerät Universal	Phywe	Set Betaspektr.	
Geiger-Müller Zähler	Phywe	P2523200	79179
Spule mit Eisenkern	Phywe		
Teslameter	Phywe		
Hochspannungsnetzgerät	Leybold	52188	161458
Szintillationszähler	Leybold	559901	161460
Sensor-Cassy 2	Leybold		161474
VKA Box	Leybold	524058	161465
$^{22}_{11}\text{Na}$			AG-3518
$^{90}_{38}\text{Sr}$			AG-3676
$^{226}_{88}\text{Ra}$			559435

5 Versuchsdurchführung & Messergebnisse

5.1 Messung der α , β und γ Strahlung ohne und mit verschiedenen dicken Abschirmungen

Um die Abschirmung Strahlungen zu messen, wird der Versuchsaufbau, wie in Unterabschnitt 3.1 beschrieben, vorgenommen. Die Torzeit am Digitalzähler wird dabei auf 10 s gestellt. Als radioaktive Quelle wird $^{22}_{11}\text{Na}$ verwendet, welche, wie bereits beim Aufbau erklärt, in die dafür vorgesehene Halterung gesteckt wird. Der Abstand zwischen der Quelle und dem Zählrohr wird dabei so gering gewählt, dass die dickste Abschirmungsprobe problemlos dazwischen gehalten werden kann, ohne gegen die Probe oder das Zählrohr zu stoßen. Diese Distanz zwischen der radioaktiven Quelle und dem Zählrohr wird mit einem Lineal vermessen und beträgt (15 ± 2) mm. Die unterschiedlichen Abschirmungen werden der Reihe nach in den Aufbau gehalten und die entsprechenden Zählraten notiert, was in folgender Tabelle 2 sichtbar

ist. Dabei ist zu Beachten, dass die jeweilige Abschirmung die gesamte Torzeit im Aufbau ist und man damit nicht gegen die Probe oder das Zählrohr stößt.

Tabelle 2: Erhaltene Zählraten bei verschiedenen Abschirmungsmaterialien bei einer Torzeit von 10 s und einem Abstand der radioaktiven Quelle von (15 ± 2) mm. Die Unsicherheit beträgt dabei für alle Zählraten

z_{Luft} ... erhaltene Zählrate ohne Abschirmung

z_{Papier} ... erhaltene Zählrate mit einem Blatt Papier als Abschirmung

z_{Lineal} ... erhaltene Zählrate mit einem Lineal als Abschirmung (Dicke = $(2,10 \pm 0,05)$ mm)

$z_{Kunststoff}$... erhaltene Zählrate mit einer CD und zugehörigen Soulcase als Abschirmung

$z_{Alu0,4}$... erhaltene Zählrate mit einem Aluminiumblech als Abschirmung, Dicke = $(0,40 \pm 0,05)$ mm

$z_{Alu0,8}$... erhaltene Zählrate mit einem Aluminiumblech als Abschirmung, Dicke = $(0,80 \pm 0,05)$ mm

z_{Alu4} ... erhaltene Zählrate mit einem Aluminiumblech als Abschirmung, Dicke = $(4,0 \pm 0,5)$ mm

z_{Luft} / cps	z_{Papier} / cps	$z_{Kunststoff}$ / cps	$z_{Alu0,4}$ / cps	$z_{Alu0,8}$ / cps	z_{Alu4} / cps
241,6	167,3	9,6	55,1	15,5	2,3
250,3	158,7	9,8	56,6	16,3	2,7
253,0	148,6	9,4	52,9	14,4	2,9
248,5	166,5	9,6	61,7	14,5	2,5
248,3	164,3	9,5	54,2	15,4	2,4

5.2 Aufnahme der Zählrohrcharakteristik

Um die Zählrohrcharakteristik zu bestimmen wird der Aufbau aus Unterabschnitt 3.1 realisiert. Als radioaktive Quelle wird erneut ^{22}Na in die dafür vorgesehene Halterung gesteckt. Nun wird die Betriebsspannung des Netzgerätes so lange gesenkt, bis durch den Digitalzähler kein Geräusch hörbar ist, was anzeigt, dass keine Strahlung auf das Zählrohr gelangt, was bei 316 V der Fall war. Nun wird die Spannung in kontinuierlich erhöht, bis ein Wert von 600 V erreicht ist und die entsprechenden Counts notiert, was in folgender Tabelle 3 sichtbar ist.

Tabelle 3: Erhaltene Zählraten für die Zählrohrcharakteristik bei einer Torzeit von 10 s und einem Abstand der radioaktiven Quelle von (15 ± 2) mm. Die Unsicherheit beträgt dabei für alle Zählraten
 U ... eingestellte Betriebsspannung in V
 z_i ... erhaltene Zählrate bei der entsprechenden Betriebsspannung

U / V	z_1 / cps	z_2 / cps	z_3 / cps
316,0	0,0	0,3	0,0
320,0	6,4	5,6	7,4
324,0	152,5	149,5	150,3
328,0	178,1	180,5	188,5
332,0	187,2	178,2	187,7
336,0	187,7	190,3	189,4
340,0	191,6	188,7	189,7
360,0	192,9	184,7	190,5
380,0	191,9	191,6	186,6
400,0	201,4	197,1	191,2
420,0	196,9	195,0	186,2
440,0	194,6	194,5	193,5
460,0	199,3	201,3	196,3
480,0	186,2	203,3	197,5
500,0	197,1	195,2	193,7
520,0	193,4	201,4	195,3
540,0	197,1	191,5	201,6
560,0	188,4	196,7	198,5
580,0	201,4	207,0	199,3
600,0	195,9	193,8	199,0

5.3 Aufnahme der Zählstatistik

Um die Zählstatistik durchzuführen wird erneut der Versuchsaufbau aus Unterabschnitt 3.1 verwirklicht. Auch wird erneut ^{22}Na als radioaktive Quelle verwendet.

Die Torzeit beträgt für diesen Teil des Versuchs 1 s. Wegen der großen Datenmenge werden die erhaltenen Counts über den Memory Speicher des Digitalzählers direkt auf den Computer übertragen. Die erhaltenen Ergebnisse sind in folgender Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Tabelle der Zählstatistik

t / s	$n / 1$
1,0	483,0
2,0	493,0
3,0	488,0
4,1	519,0
5,0	469,0
6,0	521,0
7,0	508,0
8,1	488,0
9,0	502,0
10,0	482,0
\vdots	\vdots
438,0	503,0
439,0	541,0
440,0	480,0
441,1	478,0
442,0	521,0
443,0	506,0
444,0	482,0
445,1	527,0
446,0	524,0
447,0	532,0
448,0	510,0
449,1	507,0
450,0	482,0

5.4 Bestätigung des Abstandsgesetzes

Um das Abstandsgesetz zu bestätigen wird erneut der Versuchsaufbau aus Unterabschnitt 3.1 verwendet. Um die verschiedenen Abstände zu ermöglichen, wird die radioaktive Quelle, ^{90}Sr , vom Zählrohr entfernt und die entsprechenden Counts bei einer Torzeit von 10 s in Tabelle 5 vermerkt. Bei der Abstandsbestimmung ist zu beachten, dass der tatsächliche Abstand zwischen Quelle und Zählrohr vermerkt wird und nicht jener auf der optischen Bank. Um allerdings den Abstand zu erhöhen kann auf die Skala der optischen Bank geachtet werden, da es sich um eine Differenzmessung handelt und so ausgeschlossen werden kann, dass sich die entstehenden Unsicherheiten durch die Messung mittels Lineal gegenläufig auswirken.

Tabelle 5: Erhaltene Zählraten bei unterschiedlichen Abständen der Quelle bei einer Torzeit von 10 s. Die Unsicherheit beträgt dabei für alle Zählraten l_{Quelle} ... Abstand der radioaktiven Quelle in cm
 z_i ... erhaltene Zählrate bei entsprechendem Abstand

$l_{\text{Quelle}} / \text{cm}$	z_1 / cps	z_2 / cps	z_3 / cps
2,0	360,9	357,7	363,8
3,0	196,4	185,7	185,0
4,0	119,5	123,4	108,1
6,0	51,7	56,7	58,8
8,0	33,1	33,8	32,7
10,0	21,8	22,3	22,2

5.5 Bestimmung der Endpunktsenergie über Absorption in Aluminium

Um die Endpunktsenergie zu bestimmen, wird erneut der Versuchsaufbau aus Unterabschnitt 3.1 verwendet. Um die unterschiedlichen Aluminiumdicken zu realisieren, werden verschiedene Dias mit unterschiedlicher Anzahl an Aluminiumfolien in die dafür vorgesehene Halterung geschoben. Als radioaktive Quelle wird erneut ^{22}Na , sowie eine Torzeit von 10 s verwendet. Die abgelesenen Werte sind in folgender Tabelle 6 festgehalten.

Tabelle 6: Tabelle der Zählraten bei β -Strahlung bei verschiedenen Dicken einer Aluminiumplatte.

D ... Abstand der radioaktiven Quelle in cm

z_i ... erhaltene Zählrate bei entsprechendem Abstand

D / μm	z_1 / cps	z_2 / cps	z_3 / cps
7,0	715,7	721,6	710,8
14,0	703,9	700,7	713,2
21,0	616,6	614,2	605,2
22,0	601,0	603,5	604,8
28,0	577,3	584,6	574,1
42,0	577,6	582,8	560,3
50,0	528,1	527,0	521,9
55,0	529,5	525,0	524,9
85,0	457,2	456,2	448,9
100,0	402,7	415,1	415,0
110,0	393,7	401,7	405,4
165,0	327,1	336,1	326,5
200,0	274,3	290,1	282,8
220,0	272,2	267,7	269,6
345,0	185,5	193,9	196,7
400,0	172,6	163,3	167,9
600,0	118,7	116,7	115,6
800,0	90,2	93,9	90,3
1000,0	63,1	61,6	68,5
1200,0	52,5	50,8	47,8
1400,0	45,5	45,9	46,8
1600,0	42,7	39,9	43,5
2000,0	30,1	29,3	30,4
4000,0	16,6	17,9	15,3
5600,0	15,8	16,7	15,4

5.6 Aufnahme des Energiespektrums von β Strahlung mit Magnetspektrometer

Um das Energiespektrum der β Strahlung zu bestimmen wird der Aufbau aus Unterabschnitt 3.2 realisiert. Als radioaktive Quelle wird erneut $^{22}_{11}\text{Na}$ in die dafür vorgesehene Halterung gesteckt. Nun wird die Betriebsspannung des Netzgerätes so lange gesenkt, bis das erzeugte Magnetfeld in etwa 5 mT entspricht. Bei den Anschlüssen der Spule ist dabei zu beachten, dass das Magnetfeld richtig gepolt ist, um die Strahlung in die richtige Richtung abzulenken. Nun wird die Spannung durch betätigen des entsprechenden Rades kontinuierlich erhöht und die jeweiligen Zerfälle bei einer Torzeit von 100 s gemeinsam mit dem jeweiligen Wert des Magnetfelds in folgender Tabelle 7 aufgelistet. Dabei ist auch wichtig, dass die Hintergrundstrahlung im entsprechenden Gebäude gemessen wird, indem die selbe Messung auch einmal ohne eingelegte radioaktive Quelle durchgeführt wird, wodurch eine Hintergrundstrahlung von 23 Zerfällen in der entsprechenden Torzeit vermerkt wird. Der dabei erhaltenen Wert muss dann von den vorherigen Werten abgezogen werden.

Tabelle 7: Verzeichnete Zerfälle bei entsprechendem Magnetfeld bei einer Torzeit von 100 s. Die Unsicherheit beträgt dabei

B ... Stärke des Magnetfelds in mT

n ... erhaltene bei erhaltene Anzahl an Zerfällen bei entsprechendem Magnetfeld

B / mT	n / 1
4,50	130
10,10	175
14,90	214
20,20	260
24,90	300
30,00	342
35,00	347
40,10	380
45,10	360
50,00	316
55,00	260
60,00	212
65,00	176

5.7 Aufnahme und Kalibrierung des γ Spektrums

Um das γ Spektrum zu kalibrieren wird der Versuch wie in Unterabschnitt 3.3 erklärt aufgebaut. Um das Referenzspektum aufzunehmen wird eine $^{137}_{55}\text{Cs}$ Quelle in die Halterung eingesetzt. Für die Hochspannung wird dabei ein Wert von 0,73 kV eingestellt.

Mithilfe des Chassy-Labs werden die erhaltenen Daten direkt an den Computer gesendet, wodurch die entsprechenden Spektren geplottet werden können. Da hier die Werte für die Peaks bekannt sind, kann so eine Kalibrierungskurve erzeugt werden, was in folgender Abbildung 9 sichtbar ist.

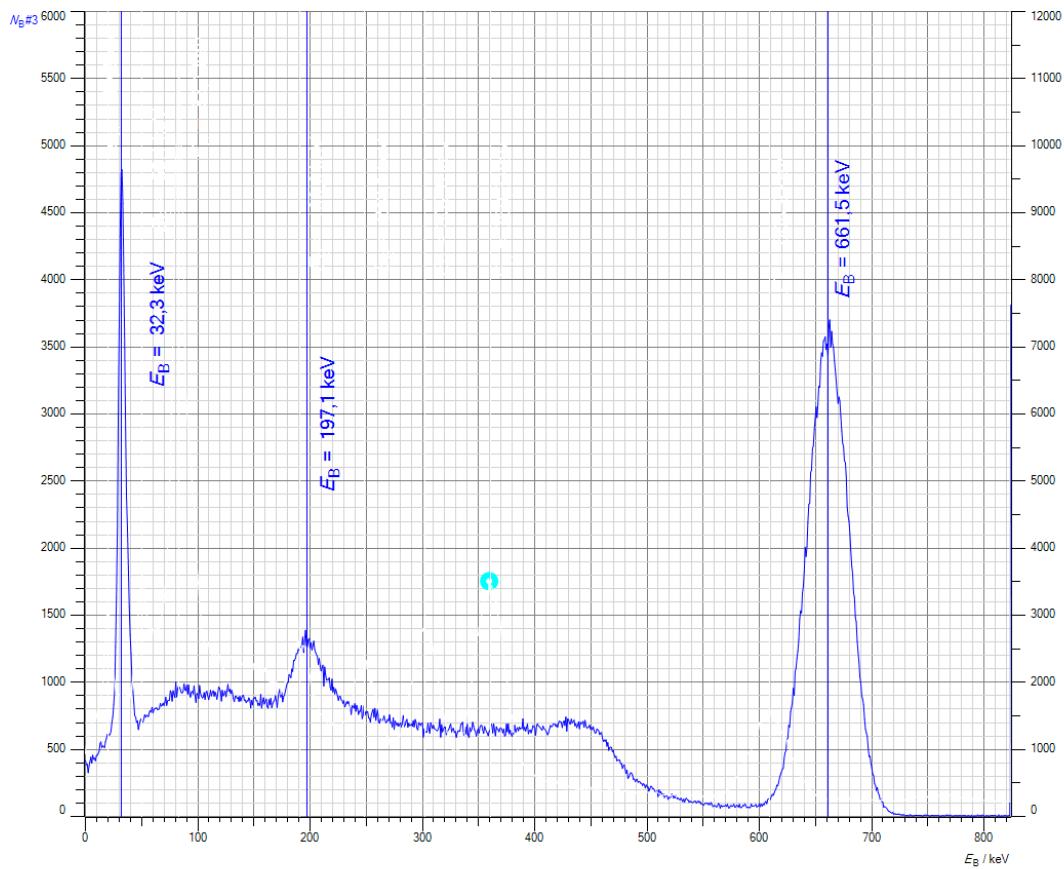


Abbildung 9: Diese Graphik beinhaltet, das zur Kalibrierung verwendete Referenzspektrum einer $^{137}_{55}\text{Cs}$ Probe. Zudem wurden die charakteristischen Energiepeaks dieser Probe markiert.

5.8 Aufnahme des komplexen γ Spektrums und seinen Zerfallsprodukten

Der Versuch wird, wie zuvor beschrieben, wie in Unterabschnitt 3.3 aufgebaut, auch wird erneut eine Spannung von 0,73 kV verwendet. Als radioaktive Quelle wird für diesen Teil des Versuchs das zu vermessende $^{226}_{88}\text{Ra}$ verwendet. auch diese Werte werden auf den Computer übertragen und den zuvor erzeugten Plot bei einer Laufzeit von 2400 s beigefügt. Anhand des zuvor bestimmten Referenzspektums können nun die Peaks des $^{226}_{88}\text{Ra}$ Spektrums vermessen werden.

6 Auswertung

Um zu sehen wie sich die Unsicherheit der Messungen bis in die Ergebnisse fortpflanzt, ist erweiterte Gauss-Methode verwendet worden. Die Grundlagen dieser Methode stammen von den Powerpointfolien von GUM Wolfgang Kessel, 2004. Für die Auswertung ist die Programmiersprache Python im speziellen die Pakete `labtool-ex2`, `pandas`, `sympy`, zur Hilfe genommen worden. Um höchstmögliche Genauigkeit zu garantieren wird erst bei der Darstellung der Wert in Tabellen gerundet.

6.1 Messung der α , β und γ Strahlung ohne und mit verschiedenen dicken Abschirmungen

Keine Auswertung notwendig

6.2 Aufnahme der Zählrohrcharakteristik

Die Daten der Zählraten z_i aus Tabelle 3 werden gemittelt und dessen Standard-error berechnet. Die durch diese Operation erhaltenen Zählraten werden über den Spannungen aus derselben Tabelle 3 aufgetragen, das Resultat ist in Abbildung 10 ersichtlich. Zudem wurde ein Linearer Fit bei dem, für das Zählrohr charakteristische Plateau gemacht. Dafür wurden alle Datenpunkte unter dem 160 V Grenze ignoriert, da diese nicht teil des Plateau sind.

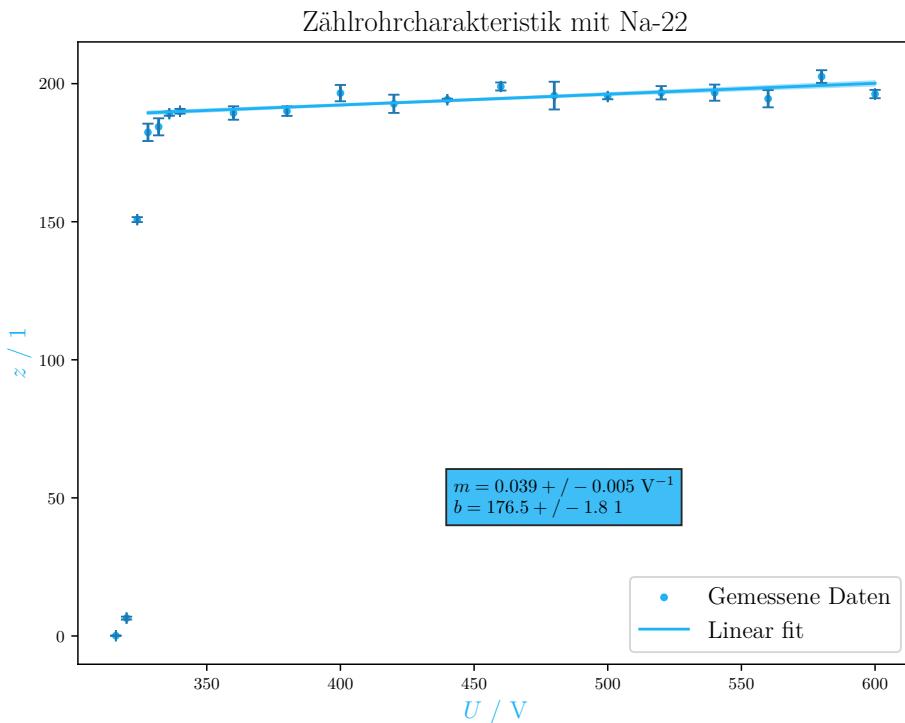


Abbildung 10: In dieser Graphik ist die Zählrohrcharakteristik dargestellt worden, indem die Zählrate z über die Spannung U aufgetragen wurde. Die Daten wurden Tabelle 3 entnommen. Weiters wurde das charakteristische Plateau des Zählrohr linear gefittet. Hier ist m die Steigung der Geraden und b entspricht dem Schnitt der Ordinate

6.3 Aufnahme der Zählstatistik

Die gesamte aufgenommene Messreihe der Zählraten aus Tabelle 4 wurde nun in Klassen mit einer konstanten 5er und 10er Breite h unterteilt und dann als Histogramme dargestellt. Das Histogramm mit der konstanten 5er Breite ist in Abbildung 11 ersichtlich und die mit der 10er Breite ist in Abbildung 12 zu finden.

Des Weiteren wurden mittels der Standardabweichung und dem Mittelwert der Klassen eine Normalverteilung aufgestellt und diese wird über den Verteilungsraum der Messwerte geplottet.

Damit der Vergleich zwischen der Normalverteilung und dem Histogrammen klar

ersichtlich sind werden die Histogramme auf 1 normiert. Um auf die Absolute Häufigkeit zu kommen muss die Relative Häufigkeit p mit dem Stichprobenumfang N und der Breite der h multipliziert werden. Alle relevanten Größen für diese Umrechnung sind in den jeweiligen Bildern ersichtlich.

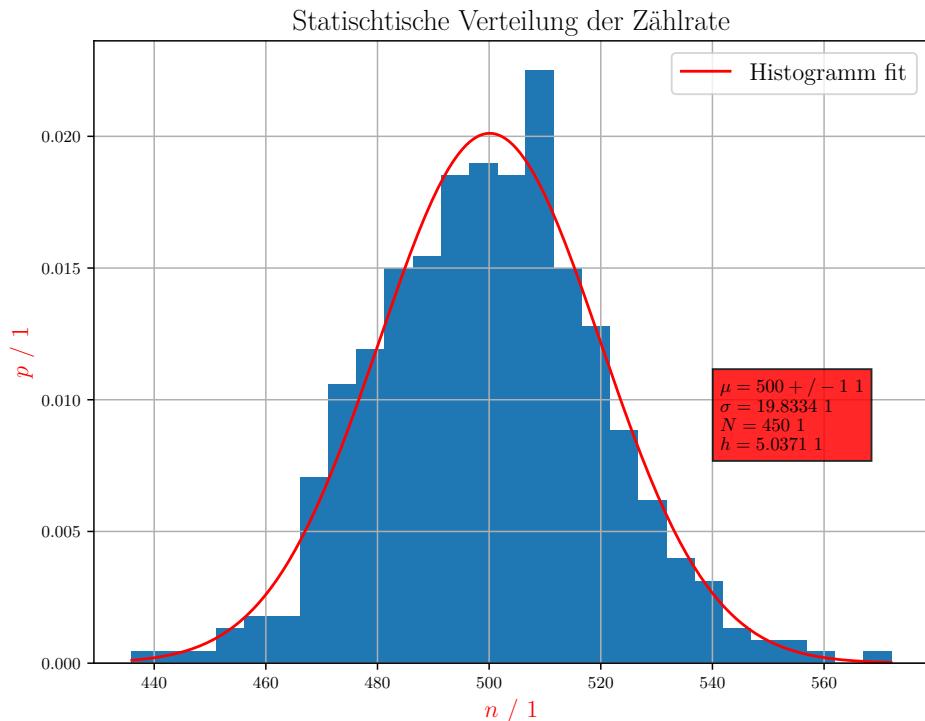


Abbildung 11: Diese Graphik beinhaltet das normierte Histogramm der Messreihe aus Tabelle 4. Hier entspricht N dem Stichprobenumfang und h der Breite der Klassen des Histogramms. Darüber hinaus wurde eine Normalverteilung angelegt unter Verwendung des Mittelwert μ & der Standardabweichung σ vom Messreihensatz. Alle hier in der Box angeführten Variablen haben Einheit 1

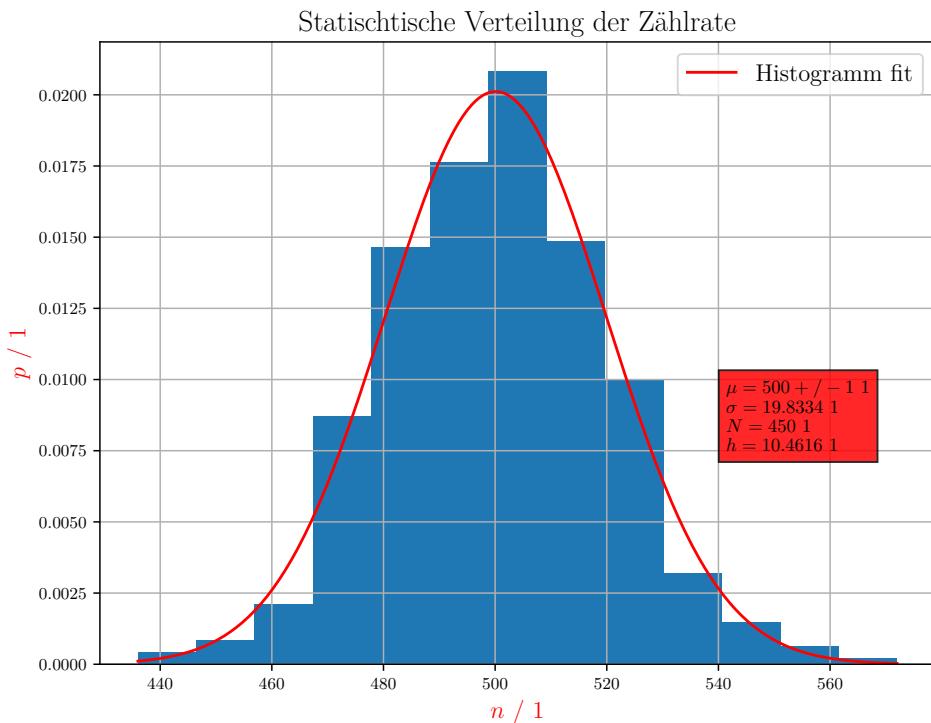


Abbildung 12: Diese Graphik beinhaltet das normierte Histogramm der Messreihe aus Tabelle 4. Hier entspricht N dem Stichprobenumfang und h der Breite der Klassen des Histogramms. Darüber hinaus wurde eine Normalverteilung angelegt unter Verwendung des Mittelwert μ & der Standardabweichung σ vom Messreihensatz. Alle hier in der Box angeführten Variablen haben Einheit 1

6.4 Bestätigung des Abstandsgesetzes

Um die Daten aus Tabelle 5 mit dem Abstandsgesetz, siehe Gleichung 1, vergleichen zu können werden zunächst die Zählraten z_i gemittelt und dessen Standarderror berechnet. Nun wird die gemittelte Zählrate z gegen den Abstand der Quelle l_{Quelle} aufgetragen. Damit das Verhalten der Daten einfacher analysiert werden kann wird auch ein Fit des Abstandsgesetzes gemacht wo k die Proportionalitätskonstante des Abstandsgesetzes ist.

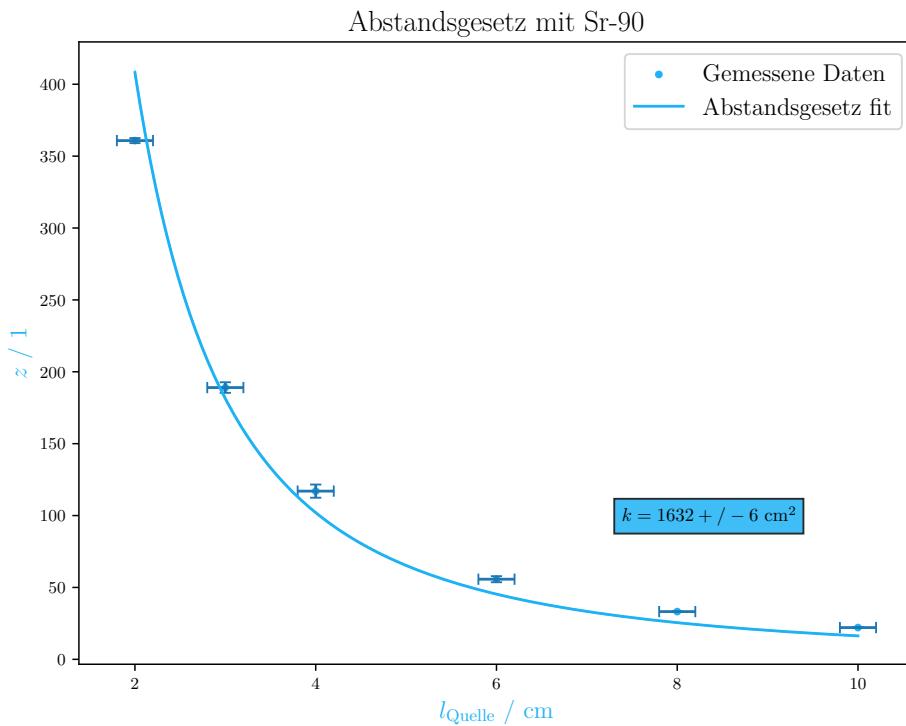


Abbildung 13: In dieser Graphik ist das Abstandsgesetz bei einer ^{90}Sr Probe grafisch dargestellt, durch das Auftragen der Zählrate z über dem Quellenabstand l_{Quelle} . Dabei wurden die Daten aus Tabelle 5 entnommen. Zudem wurde das Abstandsgesetz, siehe Gleichung 1, mit diesen Datenpunkten gefittet (blaue Kurve), dabei ist k die Proportionalitätskonstante.

6.5 Bestimmung der Endpunktsenergie über Absorption in Aluminium

Um mit Gleichung 3 die Endpunktsenergien bestimmen zu können muss aus den Daten die Absorptionskoeffizienten der verschiedenen β -Emittoren durch eine Überlagerung mehrerer Exponentialfunktionen, nach dem Beer-Lambertschen Gesetz, siehe Gleichung 2, durch einen Fit bestimmt werden.

Da jedoch dies Gleichung exponentiell von der Eingangsgröße der Dicke D abhängt bietet es sich an bei dieser Gleichung den Logarithmus zu nehmen und diese Gleichungen zu linearisieren.

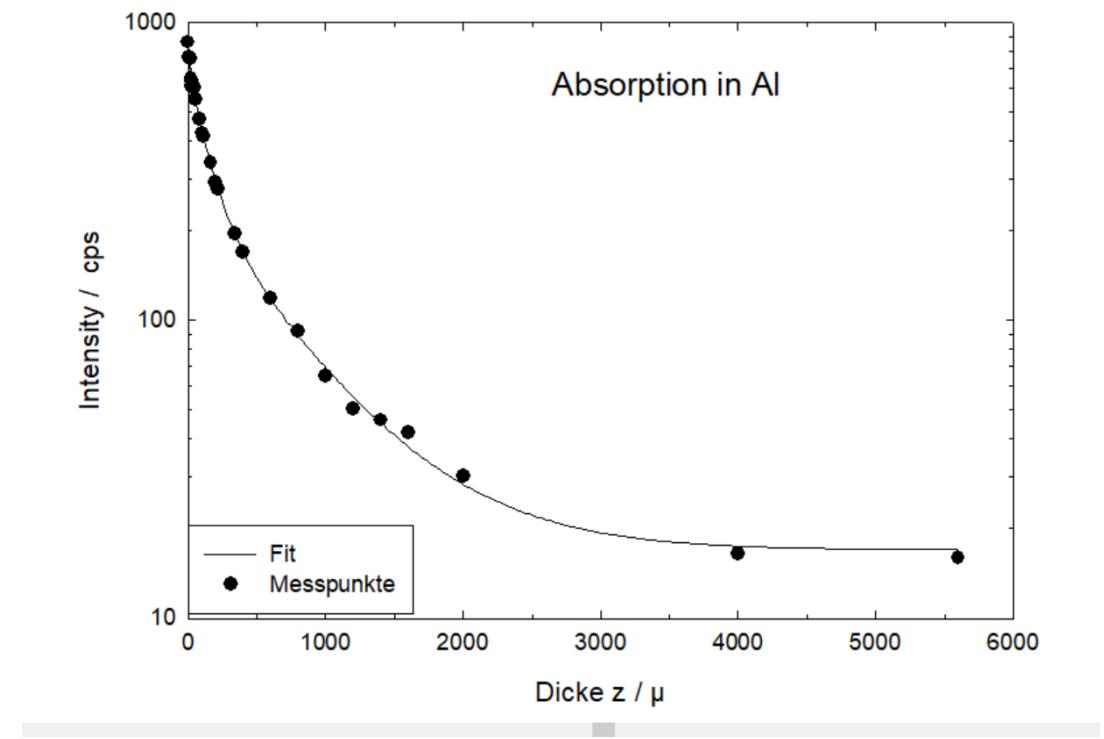


Abbildung 14: Diese Kurve beinhaltet die Absorptionskurve von Al bei β -Strahlung in einfach logarithmischer Darstellung. In diesem Diagramm ist D der Aluminiumplatte und z ist die Zählrate der durchdrungenen Teilchen.

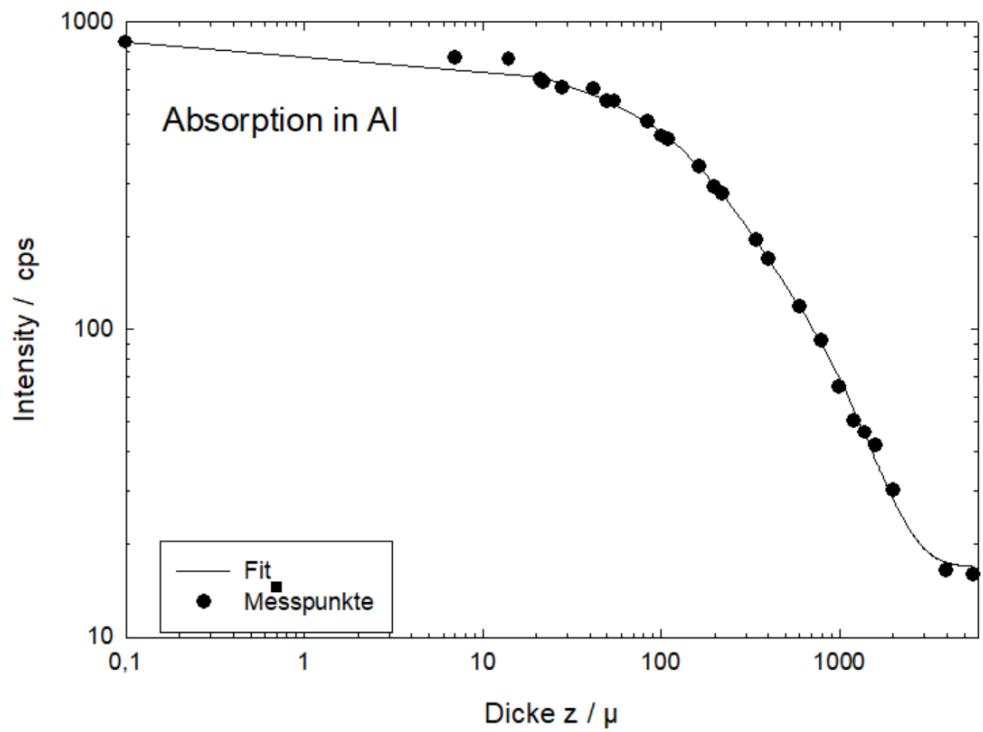


Abbildung 15: Diese Kurve ist doppelt-logarithmische Darstellung der Absorptionskurve von Al bei β -Strahlung. In diesem Diagramm ist D der Aluminiumplatte und z ist die Zählrate der durchdrungenen Teilchen.

6.6 Aufnahme des Energiespektrums von β Strahlung mit Magnetspektrometer

Um eine Energiespektrum darstellen zu können müssen die Werte aus Tabelle 7 mittels Gleichung 4 zur Impulsen p oder mittels Gleichung 5 zur Energien E transformiert werden. Die erhaltenen Werte für p und E sind in Tabelle 8 zu finden.

Tabelle 8: Dies sind die errechneten Energien E und des Impulse p der β -Strahlung einer $^{22}_{11}\text{Na}$ Probe vom Magnetspektrometer. Mit Daten aus Tabelle 7 und der Energieimpulsbeziehung und Lorentzkraft wurden die folgenden Daten erstellt:

$E \dots$ ist die Energie β -Strahlung einer $^{22}_{11}\text{Na}$ Probe
 $p \dots$ ist der Impuls β -Strahlung einer $^{22}_{11}\text{Na}$ Probe

$E_{\text{kin}} / \text{MeV}$	p / MeV
$0,0044 \pm 0,0008$	$0,067 \pm 0,006$
$0,022 \pm 0,004$	$0,151 \pm 0,011$
$0,047 \pm 0,006$	$0,223 \pm 0,015$
$0,083 \pm 0,011$	$0,30 \pm 0,02$
$0,122 \pm 0,015$	$0,37 \pm 0,03$
$0,170 \pm 0,019$	$0,45 \pm 0,03$
$0,22 \pm 0,03$	$0,52 \pm 0,04$
$0,28 \pm 0,03$	$0,60 \pm 0,04$
$0,34 \pm 0,04$	$0,68 \pm 0,05$
$0,40 \pm 0,04$	$0,75 \pm 0,05$
$0,46 \pm 0,05$	$0,82 \pm 0,06$
$0,52 \pm 0,05$	$0,90 \pm 0,06$
$0,59 \pm 0,06$	$0,97 \pm 0,06$

Mit den Werten aus Tabelle 8 und Tabelle 7 lässt sich durch Auftragen der Anzahl an Zerfällen n über den Impulsen p und Energien E ein Energiespektrum erstellen. Um den Peak numerisch zu bestimmen wurden die Daten mit einer Gaussverteilung, welche einen zusätzlichen Amplitudenparameter A hat, gefittet.

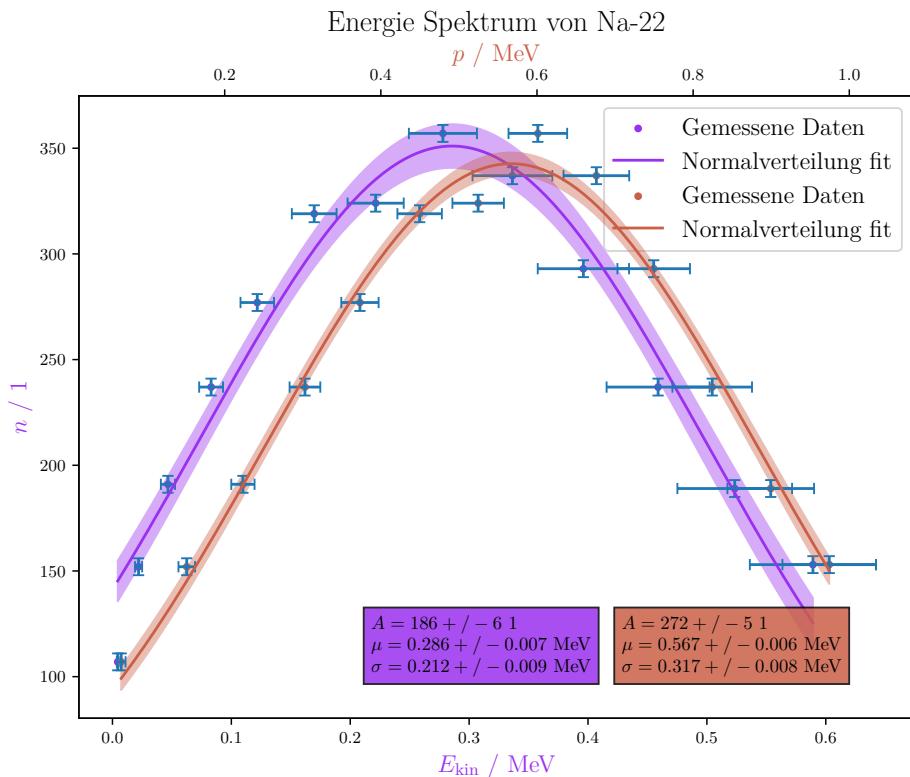


Abbildung 16: Hier ist das Energiespektrum (violette) und Impulsspektrum (braun) der β -Strahlung einer ^{22}Na Probe ersichtlich. Mittels der Energien E und Impuls p , aus Tabelle 8, und der Anzahl der Zerfälle n aus Tabelle 7 wurden Spektren erstellt und mit einer Gaussverteilung, welche einen zusätzlichen Amplitudenparameter A hat, gefittet

6.7 Aufnahme des komplexen γ Spektrums und seinen Zerfallsprodukten

Nach der Kalibrierung in Unterabschnitt 5.8 und der Aufnahme des γ -Spektrum der ^{226}Ra Zerfallsreihe Unterabschnitt 3.2, wurden die erhaltenen Daten in Abbildung 17 dargestellt. Zudem wurde die Peaks per Hand ausgewertet und in der Graphik eingezeichnet. Für diese Operationen wurde die "Leybold Cassy-Lab 2" Software genutzt.

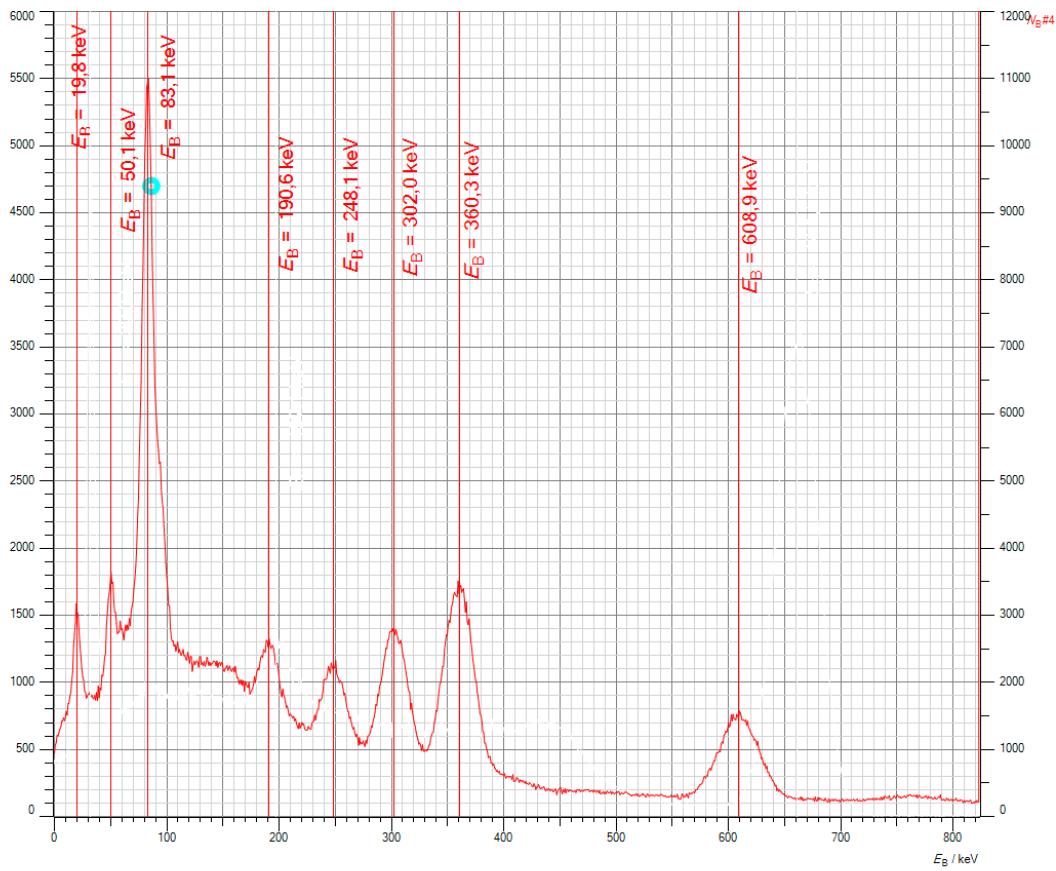


Abbildung 17: In dieser Graphik ist das Gammaspektrum der $^{226}_{88}\text{Ra}$ und dessen Zerfallsprodukte ersichtlich. Zusätzlich sind die Energiepeaks ausgemessen und markiert worden.

Die eingezeichneten Spitzenwerte werden nun hier nochmals übersichtlich in der Tabelle 9 nochmals angeführt.

Tabelle 9: Peaks bei dem $^{226}_{88}\text{Ra}$ Energiespektrum
 $E \dots$ ist die Energie der Peaks im Gammaspektrum einer $^{226}_{88}\text{Ra}$ Probe

$E /$ keV
19,8
50,1
83,1
190,6
248,1
302,0
360,3
608,9

Diskussion

Tabelle 10: Peaks bei dem $^{226}_{88}\text{Ra}$ Energiespektrum
 $E \dots$ sind die Energien der gemessenen Peaks im Gammaspektrum einer $^{226}_{88}\text{Ra}$ Probe
 $E_{\text{lit}} \dots$ sind die Literaturwerte der Energien der Peaks im Gammaspektrum einer $^{226}_{88}\text{Ra}$ Probe

$E /$ keV	Substanz	$E_{\text{lit}} /$ keV
19,8	$^{212}_{82}\text{Pb}$	19,6
50,1	$^{214}_{83}\text{Bi}$	53
83,1	$^{214}_{84}\text{Po} ^{214}_{83}\text{Bi}$	79,3 und 77,1
190,6	$^{222}_{86}\text{Rn}$	186
248,1	$^{214}_{83}\text{Bi}$	242
302,0	$^{214}_{83}\text{Bi}$	295
360,3	$^{214}_{83}\text{Bi}$	352
608,9	$^{214}_{84}\text{Po}$	609

WS22
11.11.2022

STARK Matthias - 12004907
PHILIPP Maximilian - 11839611

FLAB 1
Zählrohr

7 Zusammenfassung

Literaturverzeichnis

Wolfgang Kessel, B. *Die ISO/BIPM-GUM Sicht:Schätzwert & Messunsicherheit.*
2004.

Abbildungsverzeichnis

1	Zerfallsreihe $^{226}_{88}\text{Ra}$	3
2	schematischer Aufbau des Zählrohrs	4
3	charakteristische Kurve des Zählrohrs für verschiedene Arten von Strahlung für die Bereits erklärten Spannungsbereiche	5
4	schematischer Aufbau des Magnetfeldspektrometers	6
5	schematischer Aufbau und Strahlengang im Szintilationszähler	6
6	Aufbau des Digitalzähler	7
7	Aufbau des Magnetfeldspektrometers	8
8	Aufbau des Szintilationszählers	9
9	Kalibrierungsmessung einer $^{137}_{55}\text{Cs}$	18
10	Aufnahme der Zählrohrcharakteristik bei $^{22}_{11}\text{Na}$ Probe mit linearem Fit	20
11	Histogramm der Zählstatistik mit Klassen der Größe 5	21
12	Histogramm der Zählstatistik mit Klassen der Größe 10	22
13	Abstandsgesetz einer $^{90}_{38}\text{Sr}$ Probe	23
14	Absorptionskurve von Al bei β -Strahlung	24
15	Doppelt-logarithmsche Darstellung der Absorptionskurve von Al bei β -Strahlung	25
16	Energie- und Impulsspektrogramm der β -Strahlung einer $^{22}_{11}\text{Na}$ Probe . .	27
17	Energiespektrum der γ -Strahlung einer $^{226}_{88}\text{Ra}$ Probe	28

Tabellenverzeichnis

1	verwendete Geräte	10
2	Erhaltene Zählraten bei verschiedenen Abschirmungsmaterialien . . .	11
3	Erhaltene Zählraten für die Zählrohrcharakteristik	12
4	Tabelle der Zählstatistik	13
5	Erhaltene Zählraten bei unterschiedlichen Abständen der Quelle . .	14
6	Tabelle der Zählraten bei β -Strahlung bei verschiedenen Dicken einer Aluminiumplatte. D . . . Abstand der radioaktiven Quelle in cm z_i . . . erhaltene Zählrate bei entsprechendem Abstand	15
7	Verzeichnete Zerfälle bei entsprechendem Magnetfeld	17

8	Energie- und Impulswerte der β -Strahlung einer ^{22}Na Probe	26
9	Peaks bei dem $^{226}_{88}Ra$ Energiespektrum E . . . ist die Energie der Peaks im Gammaspektrum einer $^{226}_{88}Ra$ Probe	29
10	Peaks bei dem $^{226}_{88}Ra$ Energiespektrum E . . . sind die Energien der gemessenen Peaks im Gammaspektrum einer $^{226}_{88}Ra$ Probe E_{lit} . . . sind die Literaturwerte der Energien der Peaks im Gammaspektrum einer $^{226}_{88}Ra$ Probe	29