

WS22  
11.11.2022

STARK Matthias - 12004907  
PHILIPP Maximilian - 11839611

FLAB 1  
Zählrohr

## **Inhaltsverzeichnis**

# 1 Aufgabenstellung

- Messung der  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  Strahlung ohne und mit verschiedenen dicken Abschirmungen
- Aufnahme der Zählrohrcharakteristik
- Aufnahme der Zählstatistik
- Bestätigung des Abstandsgesetzes
- Bestimmung der Endpunktenergie über Absorption in Aluminium
- Aufnahme des Energiespektrums von  $\beta$  Strahlung mit Magnetspektrometer
- Aufnahme und Kalibrierung des  $\gamma$  Spektrums
- Aufnahme des komplexen  $\gamma$  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  $\tau$ . Bei diesen Zerfällen kann grundsätzlich zwischen verschiedenen Zerfällen unterschieden werden.

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

Bei  $\beta$  - Zerfall muss zwischen  $\beta^+$  und  $\beta^-$  unterschieden werden.  $\beta^-$  - 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.  $\beta^+$  - Zerfall kommt in der Natur seltener vor, funktioniert aber nach dem gleichen Prinzip, mit dem Unterschied, dass hier die Ordnungszahl erhöht wird.

Bei  $\gamma$  - Zerfall werden keine Teilchen sondern hochfrequente Wellen abgestrahlt. Diese kommen zustande, wenn das Isotop nach  $\alpha$  oder  $\beta$  - Zerfall noch in einem angeregten Zustand ist, wodurch durch die  $\gamma$  - 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 ?? . Daraus kann abgelesen werden, welche Zerfälle vorliegen und auch welche Halbwertszeiten diese haben, wie häufig die Zerfälle also auftreten.

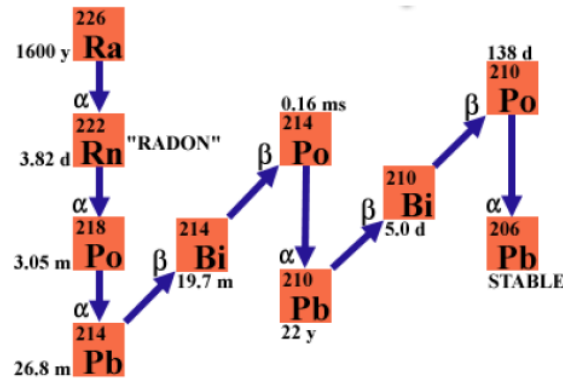


Abbildung 2.1: Zerfallsreihe  $^{226}_{88}\text{Ra}$  empty citation

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,  $\mu$  den Absorptionskoeffizienten der Barriere und  $d$  die Dicke der Barriere.

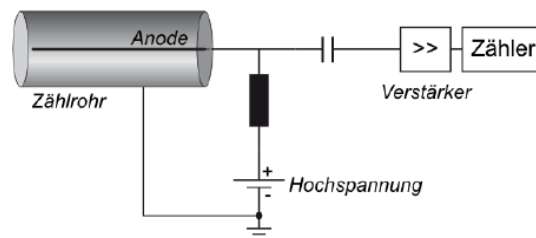
Aus den Absorptionskoeffizienten kann die Ruheenergie  $E_0$  nach folgender Formel berechnet werden:

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

$\rho$  beschreibt dabei die Dichte der Barriere, dessen Absorptionskoeffizient bestimmt wurde.empty citation

## 2.2 Zählrohr

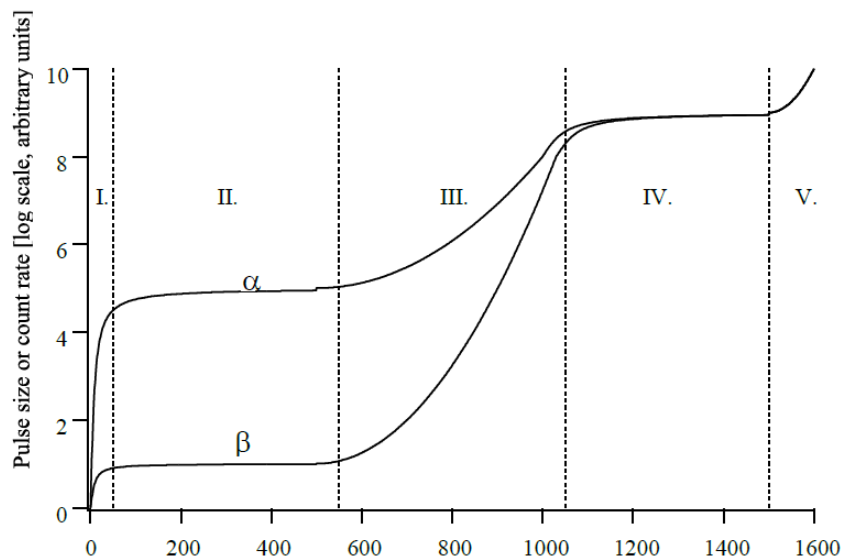
Im Versuch wird ein sogenanntes Geiger-Müller-Zählrohr verwendet, dessen schematischer Aufbau in ?? ersichtlich ist. Es besteht im wesentlichen aus einem mit Zählgas gefüllten Metallrohr, durch dessen Mitte ein dünner Draht, der als Anode fungiert, läuft. Auf diesen Draht wird eine Spannung angelegt. 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 verzeichnet werden kann.



**Abbildung 2.2:** schematischer Aufbau des Zählrohrs empty citation

Der charakteristische Verlauf der Kurve des Zählrohrs ist in ?? ersichtlich. Dabei sind die einzelnen Bereiche zu unterscheiden empty citation :

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



**Abbildung 2.3:** charakteristische Kurve des Zählrohrs für verschiedene Arten von Strahlung für die Bereits erklärten Spannungsbereiche  
**empty citation**

## 2.3 Magnetspektrometer

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

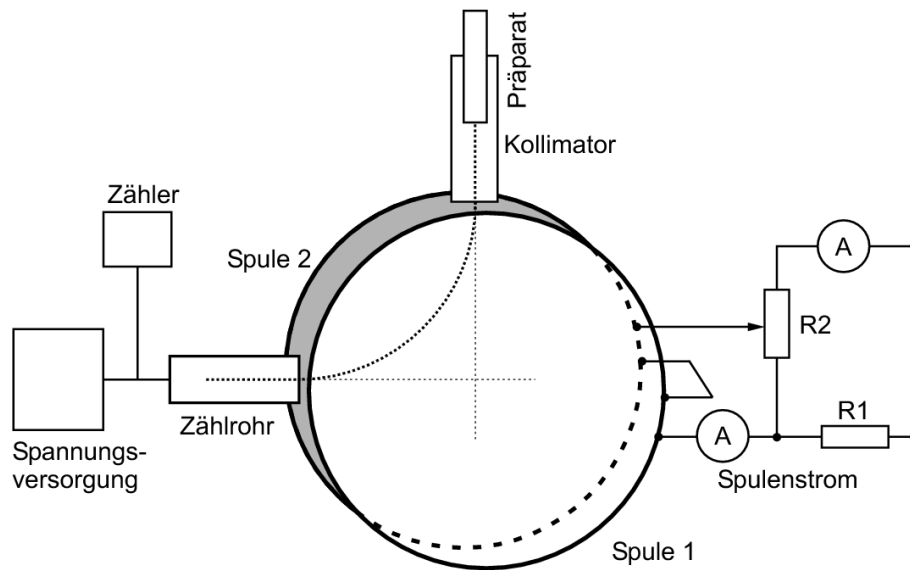


Abbildung 2.4: schematischer Aufbau des Magnetfeldspektrometers  
empty citation

## 2.4 Szintillationszähler

Der schematische Aufbau eines Szintillationszählers ist in ?? sichtbar. Grundsätzlich besteht er aus einem Szintillator, 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 erhaltene Signal darstellt.  
empty citation

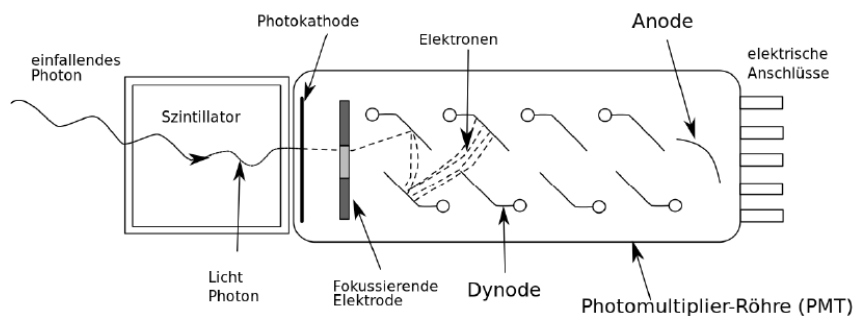


Abbildung 2.5: schematischer Aufbau und Strahlengang im Szintillationszähler  
empty citation

### 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 ?? 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.

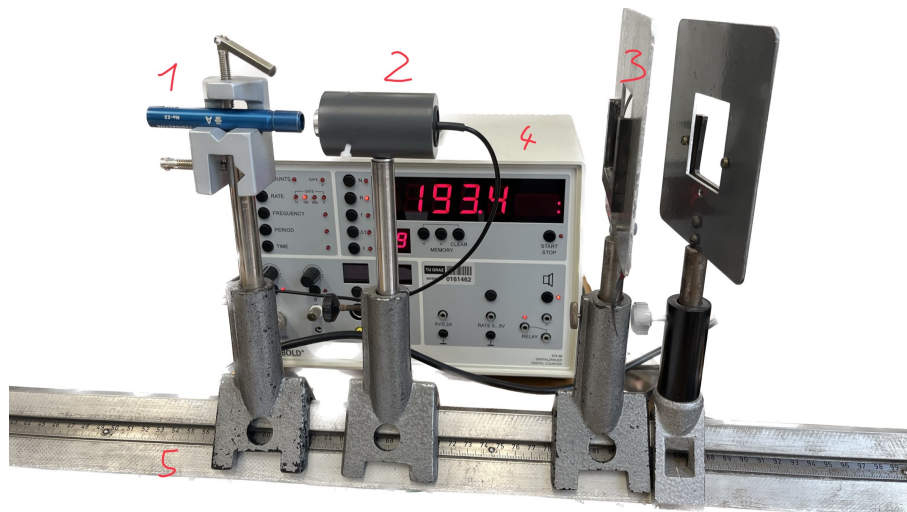


Abbildung 3.1: Aufbau des Digitalzähler

- 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  $\beta$  Strahlung messbar zu machen, wird folgender Aufbau aus ?? 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.

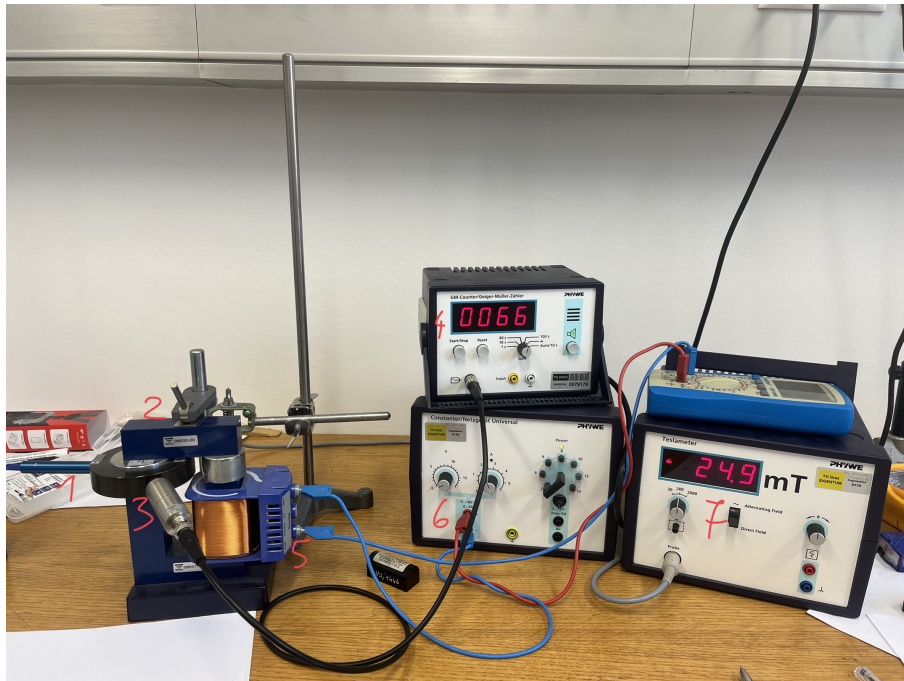


Abbildung 3.2: Aufbau des Magnetfeldspektrometers

- 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 ?? 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.

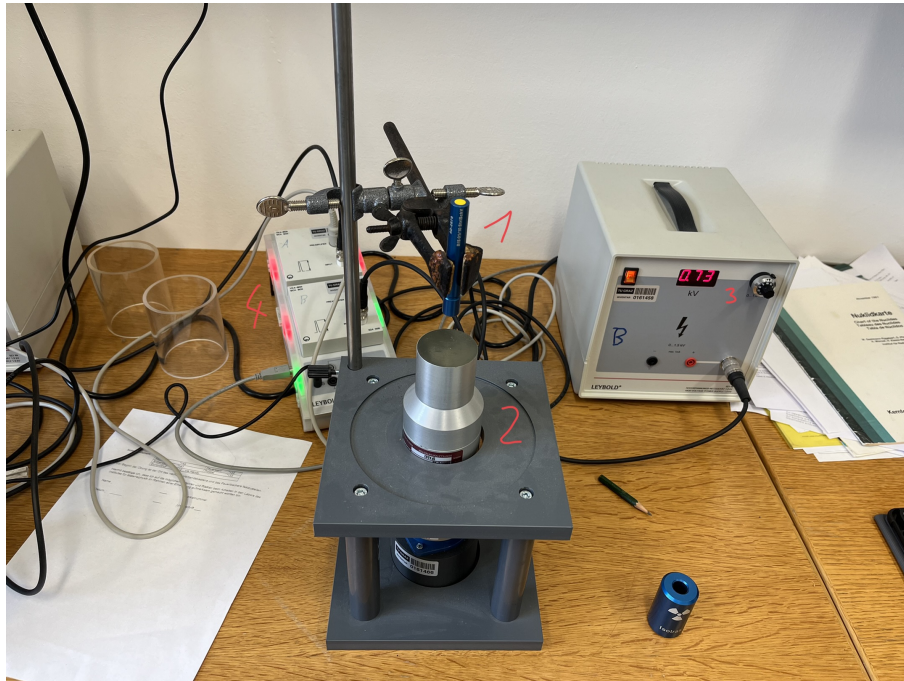


Abbildung 3.3: Aufbau des Szintilationszählers

- 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. **empty citation**

**Tabelle 4.1:** verwendete Geräte

Gerätetyp	Hersteller	Typ	Inventar-Nr
Digitalzähler	Leybold	57548	161462
Geiger-Müller-Zählrohr	Leybold	5240331	
$\beta$ 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 $\alpha$ , $\beta$ und $\gamma$ Strahlung ohne und mit verschiedenen dicken Abschirmungen

Um die Abschirmung Strahlungen zu Messen, wird der Versuchsaufbau, wie in ?? 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  $(15 \pm 2)$  mm. Die unterschiedlichen Abschirmungen werden der Reihe nach in den Aufbau gehalten und die entsprechenden Zählraten notiert, was in folgender ?? 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 5.1:** Erhaltene Zählraten bei verschiedenen Abschirmungsmaterialien bei einer Torzeit von 10 s und einem Abstand der radioaktiven Quelle von  $(15 \pm 2)$  mm. Die Unsicherheit beträgt dabei für alle Zählraten  $z_{Luft} \dots$  erhaltene Zählrate ohne Abschirmung  
 $z_{Papier} \dots$  erhaltene Zählrate mit einem Blatt Papier als Abschirmung  
 $z_{Lineal} \dots$  erhaltene Zählrate mit einem Lineal als Abschirmung (Dicke  $= (2,10 \pm 0,05)$  mm)  
 $z_{Kunststoff} \dots$  erhaltene Zählrate mit einer CD und zugehörigen Soulcassette als Abschirmung  
 $z_{Alu0,4} \dots$  erhaltene Zählrate mit einem Aluminiumblech als Abschirmung, Dicke  $= (0,40 \pm 0,05)$  mm  
 $z_{Alu0,8} \dots$  erhaltene Zählrate mit einem Aluminiumblech als Abschirmung, Dicke  $= (0,80 \pm 0,05)$  mm  
 $z_{Alu4} \dots$  erhaltene Zählrate mit einem Aluminiumblech als Abschirmung, Dicke  $= (4,0 \pm 0,5)$  mm

$z_{Luft}$	$z_{Papier}$	$z_{Lineal}$	$z_{Kunststoff}$	$z_{Alu0,4}$	$z_{Alu0,8}$	$z_{Alu4}$
241,6	167,3	19,4	9,6	55,1	15,5	2.3(0)
250,3	158,7	21,7	9,8	56,6	16,3	2.7(0)
253,0	148,6	21,4	9,4	52,9	14,4	2.9(0)
248,5	166,5	22,8	9,6	61,7	14,5	2.5(0)
248,3	164,3	21,3	9,5	54,2	15,4	2.4(0)

## 5.2 Aufnahme der Zählrohrcharakteristik

Um die Zählrohrcharakteristik zu bestimmen wird der Aufbau aus ?? 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 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 kontinuierlich erhöht, bis ein Wert von 600 V erreicht ist und die entsprechenden Counts notiert, was in folgender ?? sichtbar ist.

**Tabelle 5.2:** Erhaltene Zählraten für die Zählrohrcharakteristik bei einer Torzeit von 10 s und einem Abstand der radioaktiven Quelle von  $(15 \pm 2)$  mm. Die Unsicherheit beträgt dabei für alle Zählraten  $U \dots$  eingestellte Betriebsspannung in V  
 $z_i \dots$  erhaltene Zählrate bei der entsprechenden Betriebsspannung

$U$	$z_1$	$z_2$	$z_3$
V			
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 ?? verwirklicht. Auch wird erneut  $^{22}_{11}\text{Na}$  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 ?? aufgelistet.

**Tabelle 5.3:** Tabelle der Zählstatistik

$t$	$n$
s	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
11,0	492,0
12,1	509,0
13,0	514,0
14,0	469,0
15,0	506,0
16,1	514,0
17,0	468,0
18,0	513,0
19,0	513,0
20,1	478,0
21,0	532,0
22,0	544,0
23,0	487,0
24,1	515,0
25,0	503,0
26,0	489,0
27,0	468,0
28,0	492,0
29,0	436,0
30,0	505,0
31,0     14 / 45	452,0
32,0	480,0
33,0	505,0
34,0	494,0
35,1	483,0

## 5.4 Bestätigung des Abstandsgesetzes

Um das Abstandsgesetz zu Bestätigen wird erneut der Versuchsaufbau aus ?? verwendet. Um die verschiedenen Abstände zu ermöglichen, wird die radioaktive Quelle,  $^{90}_{38}\text{Sr}$ , vom Zählrohr entfernt und die entsprechenden Counts bei einer Torzeit von 10 s in ?? 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 5.4:** Erhaltene Zählraten bei unterschiedlichen Abständen der Quelle bei einer Torzeit von 10 s. Die Unsicherheit beträgt dabei für alle Zählraten

$l_{\text{Quelle}}$  ... Abstand der radioaktiven Quelle in cm

$z_i$  ... erhaltene Zählrate bei entsprechendem Abstand

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

## 5.5 Bestimmung der Endpunktenergie über Absorption in Aluminium

Um die Endpunktenergie zu Bestimmen, wird erneut der Versuchsaufbau aus ?? verwendet. Um die unterschiedlichen Aluminiumdicken zu realisieren, werden verschieden Dias mit unterschiedlicher Anzahl an Aluminiumfolien in die dafür vorgesehene Halterung geschoben. Als radioaktive Quelle wird erneut  $^{22}_{11}\text{Na}$ , sowie eine Torzeit von 10 s verwendet. Die abgelesenen Werte sind in folgender ?? festgehalten.

## 5.6 Aufnahme des Energiespektrums von $\beta$ Strahlung mit Magnetspektrometer

Um das Energiespektrum der  $\beta$  Strahlung zu bestimmen wird der Aufbau aus ?? 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 100s gemeinsam mit dem jeweiligen Wert des Magnetfelds in folgender ?? 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 5.5:** Verzeichnete Zerfälle bei entsprechendem Magnetfeld bei einer Torzeit von 100 s. Die Unsicherheit beträgt dabei  
 $B \dots$  Stärke des Magnetfelds in mT  
 $n \dots$  erhaltene bei erhaltene Anzahl an Zerfällen bei entsprechendem Magnetfeld

$B$	$n$
mT	1
$4,50 \pm 0,10$	$130 \pm 4$
$10,10 \pm 0,10$	$175 \pm 4$
$14,90 \pm 0,10$	$214 \pm 4$
$20,20 \pm 0,10$	$260 \pm 4$
$24,90 \pm 0,10$	$300 \pm 4$
$30,00 \pm 0,10$	$342 \pm 4$
$35,00 \pm 0,10$	$347 \pm 4$
$40,10 \pm 0,10$	$380 \pm 4$
$45,10 \pm 0,10$	$360 \pm 4$
$50,00 \pm 0,10$	$316 \pm 4$
$55,00 \pm 0,10$	$260 \pm 4$
$60,00 \pm 0,10$	$212 \pm 4$
$65,00 \pm 0,10$	$176 \pm 4$

## 5.7 Aufnahme und Kalibrierung des $\gamma$ Spektrums

Um das  $\gamma$  Spektrum zu kalibrieren wird der Versuch wie in ?? erklärt aufgebaut. Um das Referenzspektrum 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 ?? sichtbar ist.

## **5.8 Aufnahme des komplexen $\gamma$ Spektrums und seinen Zerfallsprodukten**

Der Versuch wird, wie zuvor beschrieben, wie in ?? 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 Referenzspektrums können nun die Peaks des  $^{226}_{88}\text{Ra}$  Spektrums vermessen werden.

## **6 Auswertung**

### **6.1 Messung der $\alpha$ , $\beta$ und $\gamma$ Strahlung ohne und mit verschiedenen dicken Abschirmungen**

### **6.2 Aufnahme der Zählrohrcharakteristik**

### **6.3 Aufnahme der Zählstatistik**

### **6.4 Bestätigung des Abstandsgesetzes**

### **6.5 Bestimmung der Endpunktsenergie über Absorbtion in Aluminium**

### **6.6 Aufnahme des Energiespektrums von $\beta$ Strahlung mit Magnetspektrometer**

### **6.7 Aufnahme und Kalibrierung des $\gamma$ Spektrums**

### **6.8 Aufnahme des komplexen $\gamma$ Spektrums und seinen Zerfallsprodukten**

## **Diskussion**

## **7 Zusammenfassung**

WS22  
11.11.2022

STARK Matthias - 12004907  
PHILIPP Maximilian - 11839611

FLAB 1  
Zählrohr

## **Abbildungsverzeichnis**

## **Tabellenverzeichnis**