

# GRUNDPRAKTIKUM I

## VERSUCHSPROTOKOLL

# Gammaspektroskopie

*Clemens Schumann, Tassilo Scheffler*

clemensrubenschumann@googlemail.com,  
tassilo@glief.de

betreut von

NELE STETZUHN, DR. BEATE SCHATTAT UND DR. CHRISTOPH KOHSTALL

15.03.2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><u>Physikalische Grundlagen</u></b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b><u>Quellen</u></b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b><u>Geräte</u></b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b><u>Durchführung</u></b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b><u>Aufbau</u></b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b><u>Messdaten</u></b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Auswertung</b>	<b>11</b>
7.1	Aufgabe 1 . . . . .	11
7.2	Aufgabe 2 . . . . .	11
7.3	Aufgabe 3 . . . . .	11
7.4	Aufgabe 4 . . . . .	11
7.5	Aufgabe 5 . . . . .	11
7.6	Aufgabe 6 . . . . .	11
7.6.1	Fehlerbetrachtung . . . . .	12
<b>8</b>	<b>Diskussion</b>	<b>13</b>

# 1 Physikalische Grundlagen

Atomkerne bestehen aus Protonen und Neutronen. Jeder Atomkern ist über die Anzahl dieser definiert. Das heißt jedes Element  $X$  ist mit  ${}^A_ZX$  definiert.  $A$  ist dabei die Massenzahl und  $Z$  die Ordnungszahl. Dabei gilt für Protonen  ${}^1_1p$  und für Neutronen  ${}^1_0n$ . Diese Kerne können radioaktiv zerfallen, wenn sie instabil sind. Dabei gibt es verschiedene Arten des Zerfalls:

1.  $\alpha$ -Zerfall: Ein Heliumkern wird von dem Element  $X$  emittiert. Dieses wird dann zu einem anderen Element  $Y$ .



2a.  $\beta^+$ -Zerfall: Ein Proton wandelt sich in ein Neutron, ein Positron und ein Neutrino um. Das Positron wird anschließend emittiert.



2b.  $\beta^-$ -Zerfall: Ein Neutron wandelt sich in ein Proton, ein Elektron und ein Antineutrino um. Das Elektron wird anschließend emittiert.



3.  $\gamma$ -Zerfall: Hierbei werden  $\gamma$ -Quanten emittiert. Das heißt, dass sich nur das Energieniveau des Atoms ändert:



Die Energie des  $\gamma$ -Quants kann mit

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (7)$$

berechnet werden.  $h$  ist dabei das Plancksche Wirkungsquantum,  $c$  die Lichtgeschwindigkeit und  $\lambda$  die Wellenlänge des  $\gamma$ -quants.

Der Strahlungsnachweis erfolgt mithilfe eines Geiger-Müller-Zählrohrs. Dieses kann  $\beta^-$ -Strahlung und  $\gamma$ -Strahlung messen, indem die Atome des Gases des Zählrohrs durch das Eintreten der radioaktiven Atome ionisiert werden. Dadurch kommt es zu einer Art Elektronenlawine, da immer mehr Atome ionisiert werden und schließlich zu einem messbaren Stromstoß. Daher kann man mithilfe dessen auch keine zwei exakt aufeinanderfolgende radioaktive Teilchen messen. Für die Intensität der  $\gamma$ -Strahlung gilt:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (8)$$

$$\Leftrightarrow \mu = \frac{\ln(I_0) - \ln(I)}{x} \quad (9)$$

sobald man annimmt, dass die Wechselwirkungswahrscheinlichkeit der durchstrahlten Schichtdicke  $dx$  proportional ist und dass ein Strahlungsquant bei der Wechselwirkung mit dem Strahlungsfeld verloren geht.  $\mu$  bezeichnet hier den Absorptionskoeffizienten. Aus diesem kann leicht die Halbwertsdicke  $x_{0.5}$  berechnet werden:

$$x_{0.5} = \frac{\ln(2)}{\mu} \quad (10)$$

Bei der Interaktion mit Materie gibt es 3 wesentliche Effekte, die zutreffen können.

### 1. Der Photoeffekt

Bei diesem Effekt interagiert ein  $\gamma$ -Quant mit einem Atom. Das  $\gamma$ -Quant gibt dabei seine gesamte Energie an ein Elektron ab, welches damit aus dem Atom "geschossen" wird. Dadurch verschwindet das Photon und das Atom hat ein Elektron weniger.

### 2. Der Compton-Effekt

Hierbei interagiert ein  $\gamma$ -Quant mit einem freien Elektron. Da ein Photon ein Teilchen mit einer relativen Masse ist, hat es auch einen Impuls, welcher an das Elektron weitergegeben wird. Somit gibt es ein Energiequant an das Elektron ab. Das Elektron hat damit eine höhere Energie und das Photon eine niedrigere Bewegungsfrequenz. Da das Photon nicht seine gesamte Energie an das Elektron abgibt, entstehen hierdurch nach dem Stoß  $\gamma$ -Quanten verschiedener Energien. Die Energieübertragung  $T$  auf das Elektron ist abhängig von dem Bewegungswinkel  $\theta$  des Photons nach der Energieübertragung (wenn  $\theta = 0$ , so bewegt sich das Photon in seine ursprünglichen Bewegungsrichtung fort), der Energie des Photons  $E_0$ , der Lichtgeschwindigkeit  $c$  und der Elektronenmasse  $m_0$ :

$$T = \frac{E_0}{1 + \frac{m_0 c^2}{(1 - \cos \theta) E_0}} \quad (11)$$

Durch diesen Zusammenhang entstehen in dem  $\gamma$ -Spektrum von Isotopen eine sogenannte Compton-Kante, welche sich von 0 keV bis zu der Maximalenergie bei einem Winkel von  $\theta = \pi$  erstreckt. Der Zusammenhang lässt sich aus der Energie- und Impulserhaltung herleiten.

### 3. Die Paarerzeugung

Bei der Paarerzeugung interagiert das  $\gamma$ -Quant mit einem Kern. Wichtig dabei ist, dass sich ein Photon in der Nähe des Coulomb-Feldes eines Atomkerns in ein Elektron und ein Positron umwandeln kann und andersherum. Wenn nun Positron und Elektron aufeinander treffen, so entstehen zwei Photonen, also zwei  $\gamma$ -Quanten der Energie

$$E = m_0 c^2 \quad (12)$$

Diese Effekte können mithilfe eines Szintillationsdetektors (Abb.1) gut beobachtet werden. Er setzt sich zusammen aus einem Szintillator und einem Photomultiplier. In dem Szintillator werden durch das eintreffende  $\gamma$ -Quant Photonen in dem NaI - Kristall erzeugt. Dies geschieht, indem die  $\gamma$ -Quanten Elektronen auf höhere Energieniveaus hebt. Sobald diese auf NaI - Atome treffen, werden sie wieder unter Aussendung eines Photons auf ein niedrigeres Energieniveau gesetzt. Diese Photonen lösen dann in dem Photomultiplier Elektronen aus der Kathode. Diese werden anschließend mithilfe einer angelegten Spannung von Dynode zu Dynode beschleunigt. Sie lösen dabei in jeder Dynode mehrere Elektronen, welche dann wieder zur nächsten Dynode beschleunigt werden. Schlussendlich entsteht ein Stromimpuls, welcher groß genug ist, um gemessen zu werden. Mithilfe des A/D-Wandlers kann diese Größe dann am Computer ausgewertet werden. Die Qualität des Szintillationsdetektors kann mithilfe des Auflösungsvermögens  $A$  bestimmt werden. Diese stellt ein Verhältnis von der Kanalnummer  $K$  eines Photopeaks und der Halbwertsdicke  $\Delta K$  dar:

$$A = \frac{\Delta K}{K} \quad (13)$$

Sie ist bei Szintillationsdetektoren zum Beispiel begrenzt durch die statistische Schwankung der Anzahl der ausgelösten Photonen und der nicht konstant gleich großen Vervielfachungsprozesse.

Typisch für das Auflösungsvermögen dieser ist ein Wert um 10% nach [stilli.de/physics/K121.pdf](http://stilli.de/physics/K121.pdf) S.5

Wichtige hierbei betrachtete Zerfallsschemen sind die von  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{241}\text{Am}$  sowie  $^{137}\text{Cs}$ . Diese sehen folgendermaßen aus:

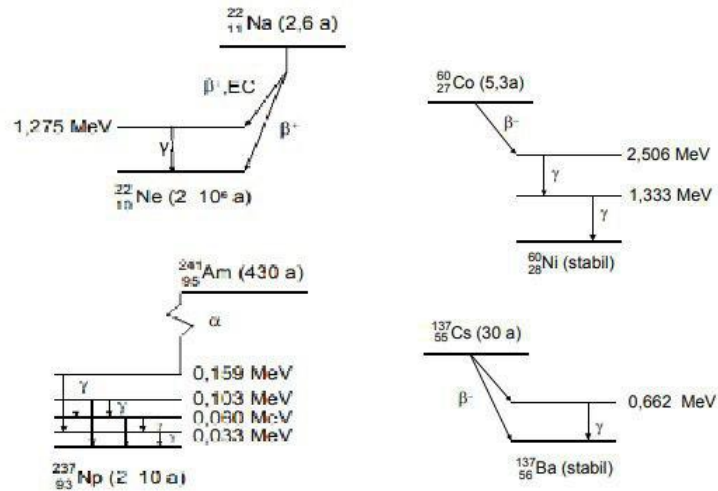


Abbildung 1: Zerfallsschemen von Co-60, Cs-137, Na-22 und Am-241

## 2 Quellen

- GP1-Skript S.45ff.
- [users.physik.fu-berlin.de/~essenber/Dateien/VersucheFP/a4-compton.pdf](http://users.physik.fu-berlin.de/~essenber/Dateien/VersucheFP/a4-compton.pdf)
- <https://www.staff.uni-giessen.de/~gd1186/F-Prak2/node18.html>
- [www.spektrum.de/lexikon/physik/szintillator/14285](http://www.spektrum.de/lexikon/physik/szintillator/14285)

## 3 Geräte

- 1 Szintillationsdetektor von PHYWE mit Natriumiodid-Kristall 'SCINTIBLOC' von SAINT-GOBAIN CRYSTALS & DETECTORS Typ 38x38 Nr. 7949
- 1 Hochspannungs-Netzgerät von NEVA Typ 5250 Nr. 582
- 1 Vielkanal-A/D-Wandler von PHYWE Seriennummer 0211 00354628
- 1 PC 'gp06' von DELL mit Windows (ZEDV) OS und der Anwendung 'measure'
- 1 dazugehöriger Monitor von DELL, Tastatur und Maus
- 1 Präparatesatz Co-60, Cs-137, Na-22, Am-241 von AEA Technology
- 1 zugehöriger Präparatehalter mit Pb-Abschirmung von AEA Technology
- 2 Sätze Absorber (6 um 3mm verschieden dicke Pb Zylinder und 4 10mm und 1 5mm Fe Zylinder)
- 1 Absorbbehälter (Holzbrett mit 11 runden Einhüllungen)
- 1 Dosisleistungsmessgerät GAMMA-SCOUT nach amerikanischen FCC-15 Standard
- diverse Netzkabel zum Verbinden des Computers, des A/D-Wandlers, des Hochspannungs-Netzgerätes und des Szintillationsdetektors
- 1 Schiebeleiste von FUB I.Phys.Inst. Inv.Nr. 203, auf der unter anderem der Szintillationsdetektor befestigt ist

- 1 verschiebbare Halterung auf der Schiebeleiste für die Absorbematerialien
- 1 verschiebbare Halterung auf der Schiebeleiste mit Halterung für die radioaktiven Präparate

## 4 Durchführung

Zu allererst sei gesagt, dass in diesem Versuch besondere Vorsicht genommen werden muss, da mit radioaktiven Materialien gearbeitet wird. Der Abstand zu diesen muss maximal gehalten werden, die Aufenthaltsdauer minimal und die Abschirmung bestmöglich gehalten werden. Für die 1. Aufgabe misst man zu vorerst mithilfe des Dosisleistungsmessgerätes die Äquivalenzdosis in der möglichst wenig radioaktiv bestrahlten Luft. Anschließend misst man mithilfe des Messgerätes die Äquivalenzdosis eines  $^{60}\text{Co}$ -Präparates des Präparatsatzes in 0.5m Abstand vom Messgerät. Dieses Präparat ist das höchststrahlendste des Satzes, weshalb man für die anderen Präparate eine niedrigere jährliche Bestrahlung folgern kann.

Für Aufgabe 2 muss man den PC hochfahren, den Monitor, den A/D-Wandler und das Hochspannungsnetzgerät anschalten. Man benötigt das Tool 'measure' auf diesem. Er sollte schon mithilfe der Kabel schlussendlich mit dem Szintillationsdetektor verbunden sein. Nun befestigt man ein Präparat aus dem Präparatesatz in der dafür vorgesehenen Halterung und verschiebt diese möglichst nah an den Szintillationsdetektor. Zwischen Präparat und Detektor sollte möglichst wenig Platz sein. Schließlich startet man eine Messung auf dem PC mit einer Messzeit von 5 min. Dieser sollte dann einen vollständigen Graphen ausliefern, wie in Diagramm 2-5 gezeigt. Man setzt nun für die Peaks einen Gaußkurven-Funktionsfit an und erhält somit den Wert des Peaks und die Standardabweichung dessen. Dieser Vorgang wird mit den anderen Präparaten wiederholt. Zu beachten ist, dass das Natriumisotop einen Vernichtungspeak und einen Photopeak hat, das Cobaltisotop zwei Photopeaks hat und bei dem Americium-Präparat nur der Photopeak der Stärke 0.060 MeV sichtbar ist. Für das letzte Isotop von Caesium lässt sich nur 1 Photopeak auswerten. Das Kalibrierungsdiagramm dient zur Umrechnung von Kanalnummer in Energie. Dazu zeichnet man alle gegebenen Energien der Photopeaks in Abhängigkeit ihrer gemessenen Kanalnummern in ein Diagramm ein. Die Ausgleichsgerade mit zugehöriger Grenzgrade dient fortan der Umrechnung von Kanalnummer in Energie.

Die gesuchte Vernichtungsstrahlung für Aufgabe 3 kann nur bei  $^{22}\text{Na}$  aus dem Diagramm aus Aufgabe 2 abgelesen werden. Für Cobalt ist die Intensität zu gering. Die beiden anderen Präparate strahlen mit Photonen niedrigerer Energien als  $E = m_e c^2$ , weshalb bei diesen keine Paarproduktion stattfindet.

In Aufgabe 4 wird die Auflösung des Detektors bestimmt. Diese wird an einem Beispielphotopeak von dem verwendeten Caesiumisotop aus Aufgabe 2 bestimmt. Sie folgt der Gleichung 13. Für Aufgabe 5 ist das Diagramm des Caesium-Präparates zu betrachten. Die Compton-Kante ist in dem Graphen recht gut erkennbar. Die Kanalnummer rechnet man mithilfe des Kalibrierungsdiagramms in Energie um. Der theoretische Vergleichswert wird der Streuformel in Gleichung 11 entnommen.

Für Aufgabe 6 wird zwischen dem Caesium-Präparat und dem Detektor Blei bzw. Eisen positioniert. Der Aufbau aus Aufgabe 2 bleibt aber soweit erhalten. Man benötigt nun eine Messung der Anzahl der Impulse in den Kanälen des Photopeaks. Diese Kanäle wurden vorher schon bestimmt. Eisen wird mit 45mm Dicke in 5 mm Schritten bis 0 mm Dicke zwischen dem Präparat und dem Detektor gemessen. Es wird jeweils die Anzahl der Impulse notiert und später in logarithmisches Papier eingetragen. Das selbe wird mit Blei in 3 mm Abständen von 18mm bis 0mm vollführt.

## 5 Aufbau

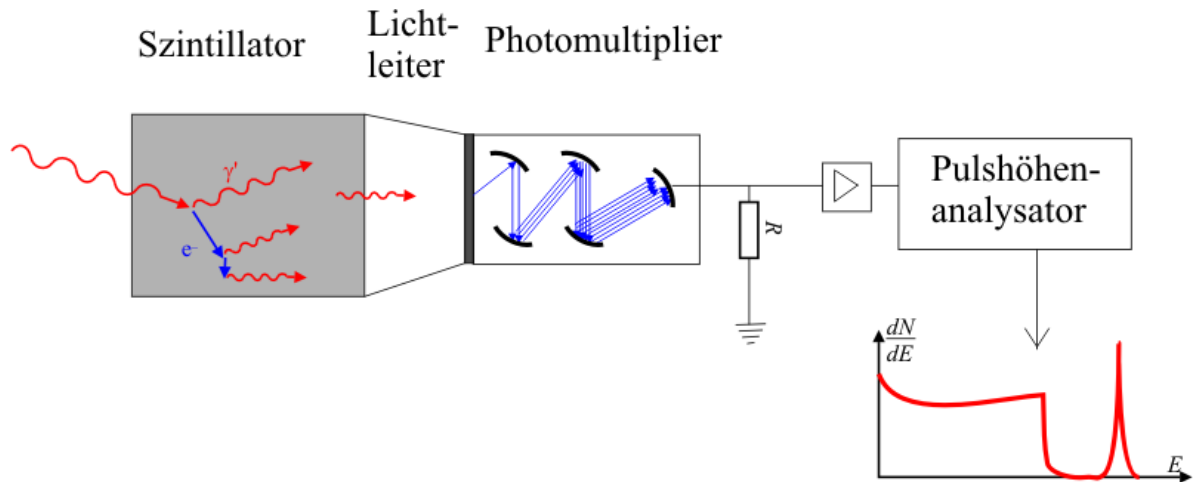


Abbildung 2: Aufbau Szintillationsdetektor

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Szintillationsz%C3%A4hler>

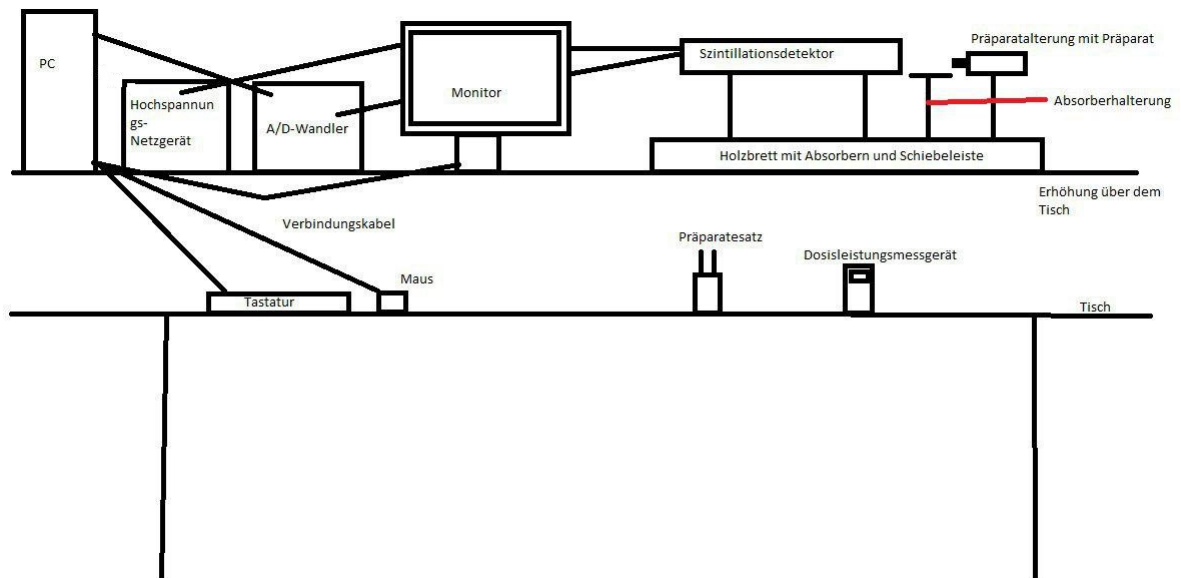


Abbildung 3: Gesamter Versuchsaufbau

## 6 Messdaten

Die Messdaten für Aufgabe 2 sind unter anderem auf dem USB-Stick von Tassilo Scheffler gespeichert (Ordner: TASSILO/messungen). Dort ist auch das Änderungsdatum des 15.03.2018 ersichtlich. Weiterhin sind Messungen unter dem Link

<https://github.com/clerusch/gp1/tree/master/gammaspektroskopie>

ersichtlich. Die Dateien von dem USB-Stick wurden jedoch erst später hochgeladen.

Tabelle 1: Äquivalenzdosiswerte

Ort	gemessene Äquivalenzdosis in $\mu\text{Sv/h}$
Luft	0.2
0.5m Abstand zu $^{60}\text{Co}$ -Präparat	0.5

Tabelle 2: Peaks der Diagramme 4, 5, 6 und 7

Element	Kanalposition Peak 1	Kanalposition Peak 2	Standardabweichung $\sigma$ Peak 1	$\sigma$ Peak 2
$^{60}\text{Co}$	3290	3663	114	91.6
$^{22}\text{Na}$	1499	3542	63.5	101
$^{137}\text{Cs}$	1922	-	69.7	-
$^{241}\text{Am}$	196	-	12.8	-

Tabelle 3: Absorption von  $\gamma$  - Quanten mithilfe von Eisen bei  $^{60}\text{Co}$

Breite des Eisens	Impulse des Photoeffekt-Peaks	Fehlerwert $\sqrt{\text{Impulse}}$
0	5078	71.26
5	4723	68.72
10	4049	63.63
15	3538	59.48
20	3129	55.94
25	2851	53.39
30	2523	50.23
35	2208	46.99
40	2035	45.11
45	1815	42.60



Tabelle 4: Absorption von $\gamma$ - Quanten mithilfe von Blei bei $^{60}\text{Co}$		
Breite des Bleis	Impulse des Photoeffekt-Peaks	Fehlerwert $\sqrt{\text{Impulse}}$
0	5028	70.91
3	3824	61.84
6	3147	56.10
9	2544	50.44
12	2042	45.19
15	1725	41.53
18	1434	37.87

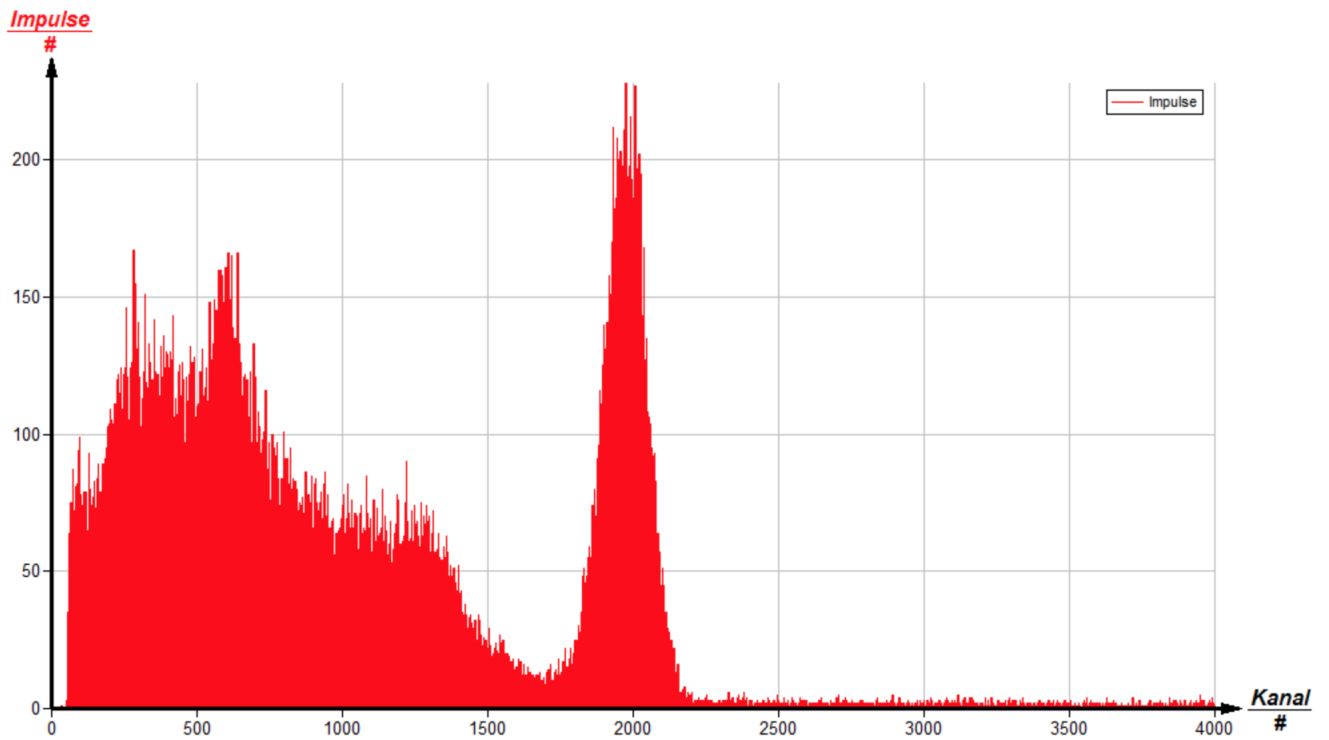


Abbildung 4: Caesium-137 Spektrum

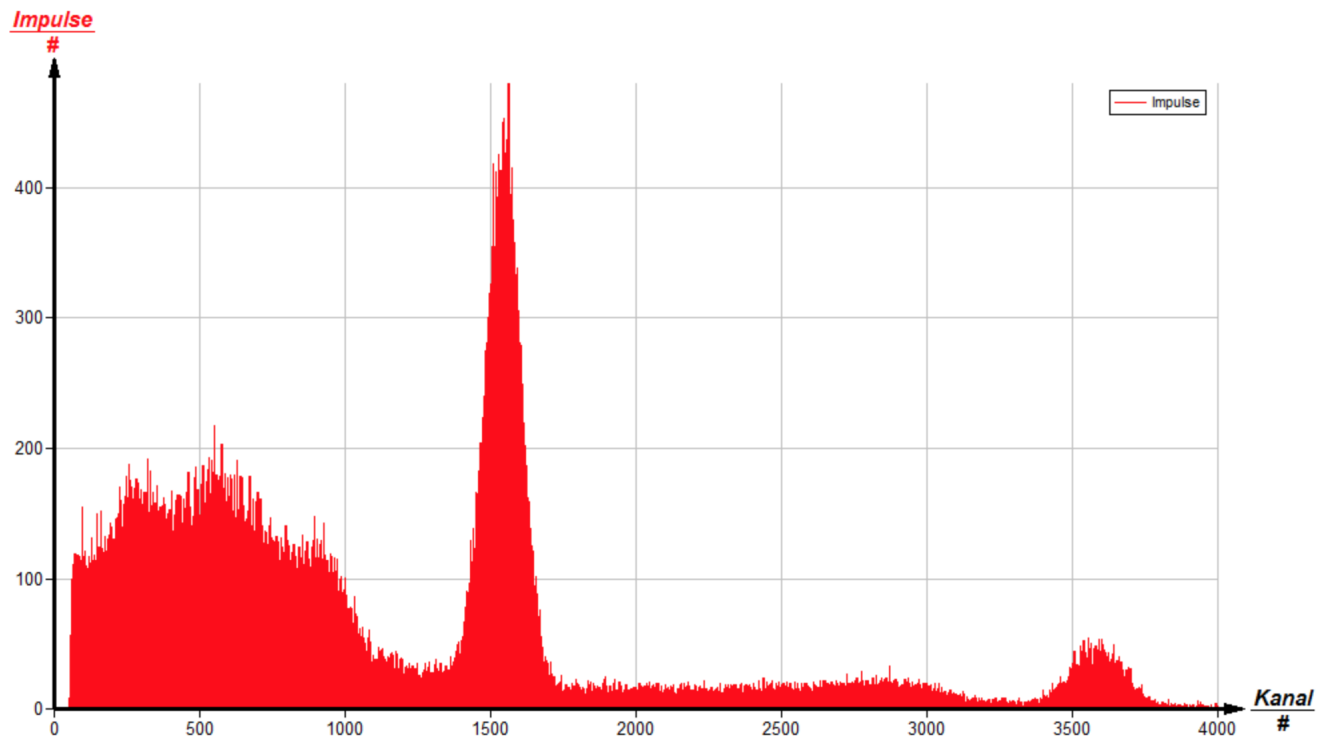


Abbildung 5: Natrium-22 Spektrum

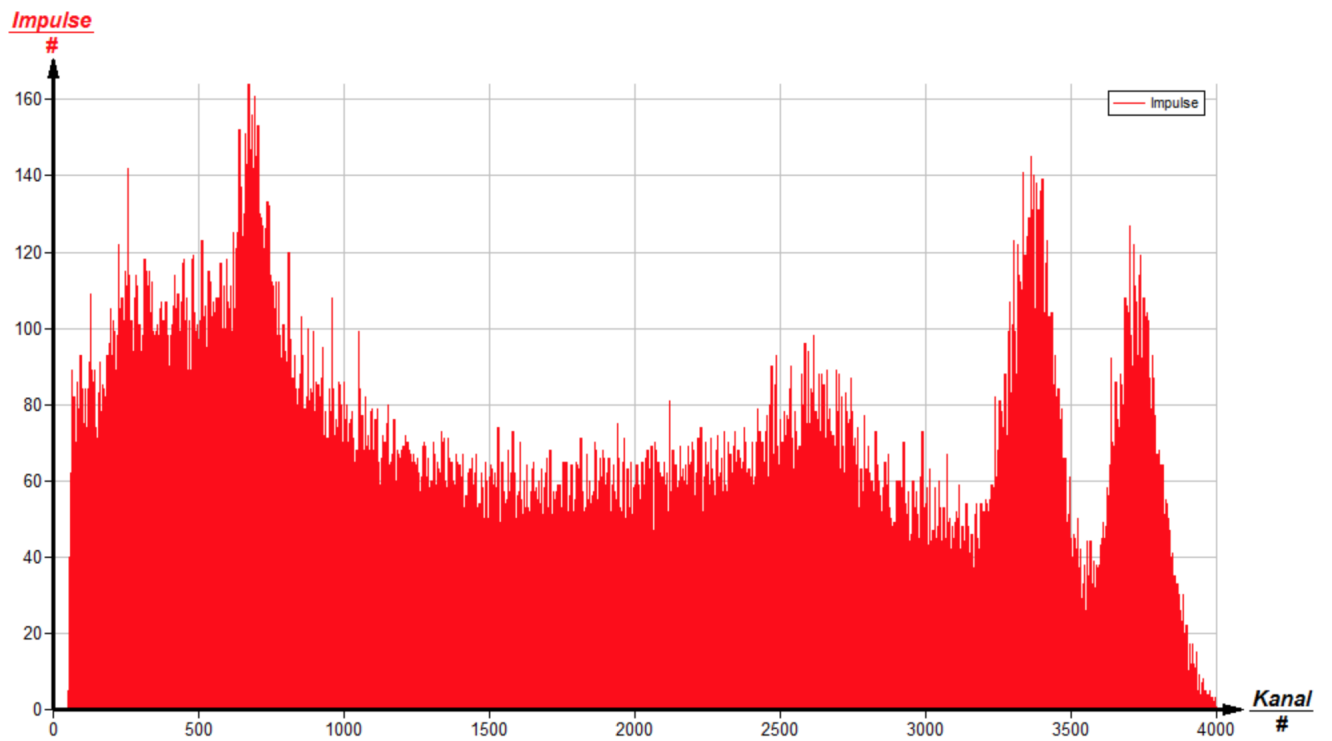


Abbildung 6: Cobalt-60 Spektrum



Abbildung 7: Americium-241 Spektrum

## 7 Auswertung

### 7.1 Aufgabe 1

gemessene Äquivalenzdosis der Luft:  $0.2 \mu\text{Sv/h}$

gemessene Äquivalenzdosis durch  $^{60}\text{Co}$  bei 0.5 m Entfernung zu dem Messgerät:  $0.5 \mu\text{Sv/h}$

Äquivalenzdosis/Jahr = Dosis/h  $\cdot 24 \cdot 365$  = Dosis/h  $\cdot 8.760$

$\Rightarrow$  Äquivalenzdosis der Luft/Jahr =  $1.752 \text{ mSv}$ ,  $^{60}\text{Co}$ -Äquivalenzdosis/Jahr =  $4.380 \text{ mSv}$

### 7.2 Aufgabe 2

Die Aufnahme der  $\gamma$  - Spektren erfolgte in den Abbildungen 4, 5, 6 und 7. Das Diagramm 1 (Kalibrierung) wurde mithilfe der gemessenen Photopeaks in Tabelle 1 und der vorgegebenen Werte aus den Zerfallsschemen (Abb. 1) konstruiert. Die Grenzgerade ergibt sich aus der Standardabweichung der Peaks. Von nun an können Kanalnummern hiermit Energien zugeordnet werden.

### 7.3 Aufgabe 3

Der Vernichtungsstrahlungs-Peak von  $^{22}\text{Na}$  liegt nach Tabelle 2 bei Kanalnummer 1499. Aus dem Kalibrierungsgraphen liest man für diesen Kanal eine Energie von  $E = (0.53 \pm 0.02)\text{MeV}$  ab. Der Fehler bestimmt sich aus der Grenzgeraden aus  $(0.55 - 0.53)\text{MeV}$ . Der theoretische Vergleichswert wird mithilfe von Gleichung 12 bestimmt. Dieser ergibt dann  $E = 0.511 \text{ MeV}$ .

### 7.4 Aufgabe 4

Mit der Gleichung 13 und der Tabelle 2 ergibt sich für das Auflösungsvermögen von dem verwendeten Szintillationsdetektor bei  $^{137}\text{Cs}$ :

$$A = \frac{69.7}{1922} = 0.036 = 3.6\% \quad (14)$$

### 7.5 Aufgabe 5

Die Compton-Kante liegt bei unserer Abbildung 5 bei Kanalnummer 1408, also nach Kalibrierungsdiagramm bei  $(0.50 \pm 0.02) \text{ MeV}$ . Der theoretische Vergleichswert nach der Streuformel (Gleichung 11) ergibt mit dem Zerfallsschema von dem Caesiumisotop, welches  $E_0 = 0.662\text{MeV}$  liefert. Außerdem wird der Wert  $m_0c^2 = 0.511\text{MeV}$  Aufgabe 3 entnommen.

$$T = \frac{0.662\text{MeV}}{1 + \frac{0.511\text{MeV}}{(1 - \cos\pi) \cdot 0.662\text{MeV}}} = 0.478\text{MeV} \quad (15)$$

### 7.6 Aufgabe 6

Hierfür wurden nur die Kanäle selektiert, welche dem Photopeak angehörig sind. Die Impulse in diesem Bereich wurden gemessen und in den Tabellen 3 und 4 niedergelegt. Um den Absorptionskoeffizienten zu berechnen benötigt man Gleichung 9, da diese Werte aus den angelegten Diagrammen ersichtlich sind. Es wurde jeweils für einen beliebigen Punkt der

Ausgleichsgeraden die Anzahl der Impulse und die Dicke  $x$  notiert. Es ergibt sich somit:

$$\mu_{Eisen} = \frac{\ln(5078) - \ln(3250)}{20mm} = 0.022 \frac{1}{mm} \quad (16)$$

$$\mu_{Blei} = \frac{\ln(5028) - \ln(2600)}{9mm} = 0.073 \frac{1}{mm} \quad (17)$$

Die Halbwertsdicke ergibt sich aus Gleichung 10 mit dem bereits errechneten Wert  $\mu$ :

$$x_{0.5,Eisen} = \frac{\ln(2)}{0.022 \frac{1}{mm}} = 31.51mm \quad (18)$$

$$x_{0.5,Blei} = \frac{\ln(2)}{0.073 \frac{1}{mm}} = 9.50mm \quad (19)$$

### 7.6.1 Fehlerbetrachtung

Der betrachtete Fehler ergibt sich aus der Grenzgeraden und ist für die Anzahl der Impulse gültig. Aus Tabelle 3 und 4 wird der Fehlerwert für  $I_0$  abgelesen. Der Fehler für die Dicke  $x$  ist nicht bekannt. Wie die Fehler der Anzahl der Impulse den Absorptionskoeffizienten bzw. die Halbwertsdicke beeinflusst, bestimmt die Gaußsche Fehlerfortpflanzung.

$$\Delta\mu = \sqrt{\left(\frac{1}{I_0 x} \Delta I_0\right)^2 + \left(\frac{-1}{I x} \Delta I\right)^2} \quad (20)$$

$$\Rightarrow \Delta\mu_{Eisen} = \sqrt{\left(\frac{1}{5078 \cdot 20mm} \cdot 71.26\right)^2 + \left(\frac{-1}{3250 \cdot 20mm} \cdot 70\right)^2} = 0.0013 \frac{1}{mm} \quad (21)$$

$$\Rightarrow \Delta\mu_{Blei} = \sqrt{\left(\frac{1}{5028 \cdot 9mm} \cdot 70.91\right)^2 + \left(\frac{-1}{2600 \cdot 9mm} \cdot 70\right)^2} = 0.0034 \frac{1}{mm} \quad (22)$$

Der Fehlerwert für die Halbwertsdicke ergibt sich dann aus dem Fehlerwert für den Absorptionskoeffizienten:

$$\Delta x_{0.5} = \sqrt{\left(\frac{-\ln(2)}{\mu^2} \Delta\mu\right)^2} \quad (23)$$

$$\Rightarrow \Delta x_{0.5,Eisen} = \frac{\ln(2)}{0.022 \frac{1}{mm}} \cdot 0.0013 \frac{1}{mm} = 1.9mm \quad (24)$$

$$\Rightarrow \Delta x_{0.5,Blei} = \frac{\ln(2)}{0.073 \frac{1}{mm}} \cdot 0.0034 \frac{1}{mm} = 0.44mm \quad (25)$$

## 8 Diskussion

In Aufgabe 1 hat man mithilfe des Äquivalenzdosisleistungsmessgerätes die ungefähre Körperdosis pro Jahr von 1.75 mSv in der Luft und von 4.38 mSv in 0.5m Entfernung zu dem Cobalt-Präparat ermittelt. Dieser Wert überschreitet die Richtlinien für die Strahlenbelastung, die ein normaler Bürger abbekommen darf pro Jahr. Dies ist jedoch unproblematisch, da der Aufenthalt in dem Versuchsraum nur sehr gering war, im Vergleich zu einem Jahr und weil man sich bei solchen noch geringfügigen Mengen an Strahlung noch keine großen Sorgen um seine Gesundheit machen muss, soweit man vorsichtig damit umgeht.

Für Aufgabe 2 wurden die Abbildungen 3, 4 und 5 angelegt mithilfe von einer 5 minütigen Messung. Man erkennt hierbei die Photoeffekt- und Vernichtungsstrahlungs-Peaks sehr gut und auch die Compton-Kante für das Caesiumisotop lässt sich gut erkennen. Das angelegte Kalibrierungsdiagramm ergibt dementsprechend auch einen linearen Verlauf. Die Messungen sind also gut verlaufen.

Der Vernichtungsstrahlungs-Peak von der  $\gamma$ -Strahlung von  $^{22}\text{Na}$  wurde in Aufgabe 3 ausgewertet. Dieser ergab mit Vergleich des Kalibrierungsdiagrammes einen Wert von  $(0.53 \pm 0.02)\text{MeV}$ . Im Vergleich zu den theoretisch bestimmten 0.511 MeV ist dieser Wert also identisch mit dem theoretischen Wert, da der theoretische Wert in dessen Fehlerintervall liegt. Die Messung ist somit sehr gut verlaufen.

Aufgabe 4 befasste sich mit der Ermittlung des Auflösungsvermögens des Szintillationsdetektors, welcher 3.6 % ergab. Dieser Wert befindet sich ungefähr in der normalen Größenordnung für Szintillationsdetektoren von ca. 10%. Somit ist das Auflösungsvermögen des benutzten Detektors sogar ein Stück besser.

In Aufgabe 5 wurde die Compton-Kante von dem Caesiumisotop ausgewertet. Messtechnisch wurden mithilfe des Zerfallsdiagrammes und des Kalibrierungsdiagrammes ein Wert von  $(0.50 \pm 0.02)\text{MeV}$  ermittelt. Der theoretische Wert ergibt sich aus der Streuformel in Gleichung 11 und wird zu 0.478 MeV errechnet. Daraus schlussfolgert man, dass der gemessene Wert im Vergleich mit dem errechneten Wert verträglich ist. Eine Fehlerquelle dafür könnte die Breite der Compton-Kante sein, welche sich über einige Kanäle erstreckt. Alles in allem ist diese Aufgabe mit Versuch aber auch gut gelungen.

Die Halbwertsdicke und die Absorptionskoeffizienten von Blei und Eisen wurden in Aufgabe 6 bestimmt mithilfe von Abschirmung des Photoeffekt-Peaks bei dem radioaktiven  $^{137}\text{Cs}$ . Es ergaben sich die Werte:

$$\mu_{\text{Eisen}} = (0.022 \pm 0.002) \frac{1}{\text{mm}} \quad (26)$$

$$\mu_{\text{Blei}} = (0.073 \pm 0.004) \frac{1}{\text{mm}} \quad (27)$$

$$x_{0.5, \text{Eisen}} = (32 \pm 2)\text{mm} \quad (28)$$

$$x_{0.5, \text{Blei}} = (9.5 \pm 0.5)\text{mm} \quad (29)$$

$$(30)$$

Theoretische Vergleichswerte findet man zum Beispiel auf [www.onmeda.de](http://www.onmeda.de), welches Werte von

$$x_{0.5, \text{Eisen}} = 10.6\text{mm} \quad (31)$$

$$x_{0.5, \text{Blei}} = 4.22\text{mm} \quad (32)$$

aussagt bei ca. 0.5 MeV Gammastrahlung. Dieser Wert liegt ein wenig unter der verwendeten Gammastrahlung. Die theoretischen Werte sind jedoch trotzdem signifikant unterschiedlich zu

den ermittelten Werten, was eventuell daran liegt, dass zwischen dem Präparat und dem Szintillationsdetektor auch etwas Luft war, da mit einer 45mm dicken Eisenschicht angefangen wurde. Die Messung von 0mm Eisen zwischen Präparat und Detektor hatte somit eine 45mm dicke Luftschicht dazwischen. Diese sollte jedoch die  $\gamma$ -Strahlung nicht so sehr beeinflussen wie es in diesem Versuch geschehen ist. Dementsprechend müssen noch andere unbekannte Einfüsse eingewirkt haben. Der Versuch ist deshalb nur teils gelungen, da wenigstens die Halbwertsdicke von Blei deutlich unter der von Eisen liegt, was einen durchaus sinnvollen Bezug darstellt.