

## VERSUCH 18

# Hochreine Germaniumdetektoren in der $\gamma$ - Spektrometrie

Katharina Brägelmann  
katharina.braegelmann@tu-dortmund.de

Lars Kolk  
lars.kolk@tu-dortmund.de

Durchführung: 09.12.2019

Abgabe: 13.12.2019

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zielführung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
2.1	Wechselwirkung in Materie . . . . .	3
2.1.1	Comptoneffekt . . . . .	3
2.1.2	Paarbildung . . . . .	4
2.1.3	Photoeffekt . . . . .	4
2.2	Energiekalibration . . . . .	5

# 1 Zielführung

In diesem Versuch werden Gamma-Strahler mit einem Germanium-Detektor untersucht.

## 2 Theorie

### 2.1 Wechselwirkung in Materie

Wenn Photonen in den germanium-Detektor einbringen, geben sie ihre Energie hauptsächlich durch drei Effekte an diesem ab. Diese Effekte - Paarbildung, Comptonstreuung und Photoeffekt - werden in den folgenden Unterkapiteln erleutert. Welcher dieser Effekte jedoch auftritt hängt stark von der Kernladungszahl  $Z$  des Detektors sowie der Energie  $E_\gamma$  der Photonen ab.

Mithilfe des Wirkungsquerschnitts  $\sigma$  und der Anzahl der Photonen  $N_0$  kann die Anzahl der Wechselwirkungen

$$N(D) = N_0 n \sigma dx \quad (1)$$

pro Zeiteinheit bestimmt werden.

#### 2.1.1 Comptoneffekt

Wie im Feynman-Diagramm in Abbildung 1 zu sehen ist, beschreibt der Compton-Effekt das elastische Stoßen eines Photons mit einem ruhenden Elektron.

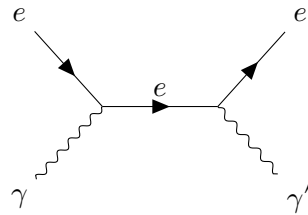


Abbildung 1: Feynman-Diagramm zum Comptoneffekt

Dabei gibt das Photon mit Wellenlänge  $\lambda$  Energie an das Elektron ab, wodurch es zu einer Wellenlängenänderung des Photons kommt:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta) \quad (2)$$

( $\Delta\lambda \doteq \lambda - \lambda'$ ,  $\lambda' \doteq$  Wellenlänge des Photons nach dem Stoß,  $h \doteq$  Planck'sches Wirkungsquantum,  $\theta \doteq$  Streuwinkel,  $m_e \doteq$  Masse des Elektrons,  $c \doteq$  Lichtgeschwindigkeit)

Da sowohl  $m$ ,  $c$ , als auch  $h$  Konstanten sind, hängt die Wellenlängenänderung und somit auch die Energie des Photons nach dem Stoß allein vom Streuwinkel ab.

Für die Energien  $E_{\gamma'}$  des Photons und  $E_e$  des Elektrons nach dem Stoß lassen sich

mithilfe von Energie- und Impulserhaltung die Relationen

$$E_{\gamma'} = E_{\gamma} \frac{1}{1 + \epsilon(1 - \cos(\theta))} \quad (3)$$

$$E_e = E_{\gamma} \frac{1 - \cos(\theta)}{1 + \epsilon(1 - \cos(\theta))} \quad (4)$$

$$(\epsilon = \frac{E_{\gamma}}{mc^2})$$

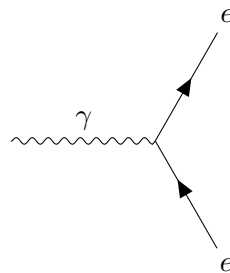
herleiten. Bei einem maximalen Streuwinkel von  $\theta = \pi$  kommt es zu einem Energieübertrag von

$$E_{\text{EL}} = E_{\gamma} \frac{2\epsilon}{1 + 2\epsilon} < E_{\gamma}. \quad (5)$$

Somit kann das Photon nicht seine gesamte Energie übertragen

### 2.1.2 Paarbildung

Paarbildung bezeichnet das Entstehen von Elektron und Positron aus einem einzelnen Photon. Damit dieser Prozess stattfindet, muss für die Energie des Photons  $E_{\gamma} \geq 2m_e \cdot c^2 \approx 1,02\text{MeV}$  gelten. Zusätzlich kann die Paarbildung nur in Anwesenheit weiterer Teilchen stattfinden, da sonst die Impulserhaltung verletzt wird. Dieser Prozess kann hier aber vernachlässigt werden, da die im Versuch verwendete  $^{137}\text{Cs}$ -Quelle lediglich mit einer Energie von 662 keV strahlt. Ein Feynman-Diagramm zur Paarbildung ist in Abbildung 2 zu sehen.



**Abbildung 2:** Feynman-Diagramm zur Paarbildung

### 2.1.3 Photoeffekt

Der Photoeffekt beschreibt das Herauslösen eines Hüllenelektrons durch ein Photon. Dieses wird dabei vom Elektron absorbiert. Zusätzlich nimmt ein Elektron aus einer höheren Schale den Platz des herausgelösten Elektrons ein und emittiert wieder ein Photon. Dabei muss die Energie des Photons größer als die Bindungsenergie des herauszulösenden Elektrons sein. Hier könnte Ihre Werbung stehen.

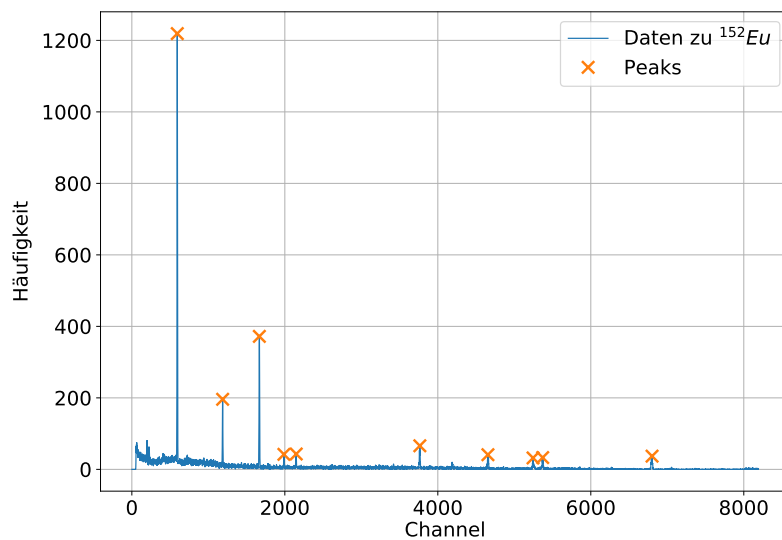
## 2.2 Energiekalibration

- Spektrum geplottet, Counts gegen Channel
- Errorbars?
- Peaks finden lassen, Peaks markiert
- Literaturwerte Energien rausgesucht mit mind. 1% Emissionswahrscheinlichkeit (Quelle)
- Spektrallinien  $E$  normiert mit dem größten Wert der Energie:  $\frac{E}{\max(E)}$
- Channel normiert mit dem letzten Peak  $\frac{\text{channel}}{\max(\text{channel})}$
- Daten mit normierter x-Achse geplottet: norm(E)-0-Diagramm, norm(channel)-Count-Diagramm
- Nicht vorhandene Spektrallinien aus E und doppelte aus Peaks entfernt
- Peak-Channel gegen Energien geplottet, Fit:

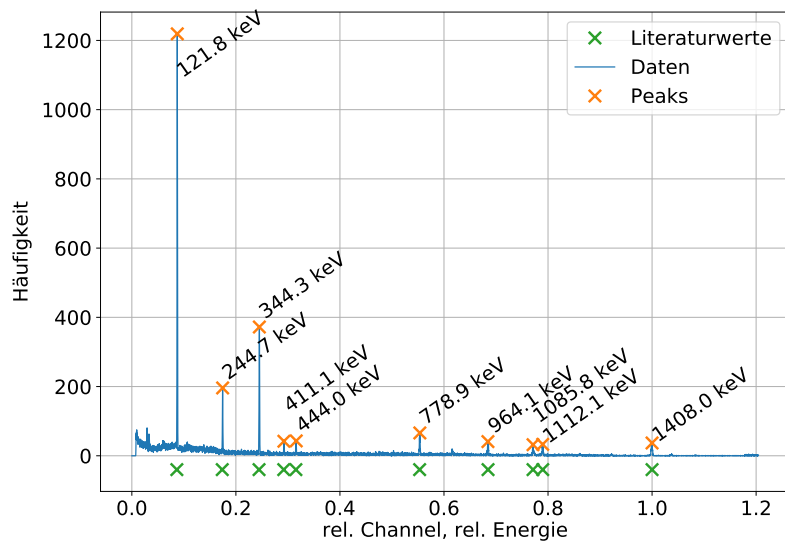
$$E = m \cdot \text{Channel} + n$$

$$m = (0,207\,26 \pm 0,000\,04) \text{ keV/Channel}$$

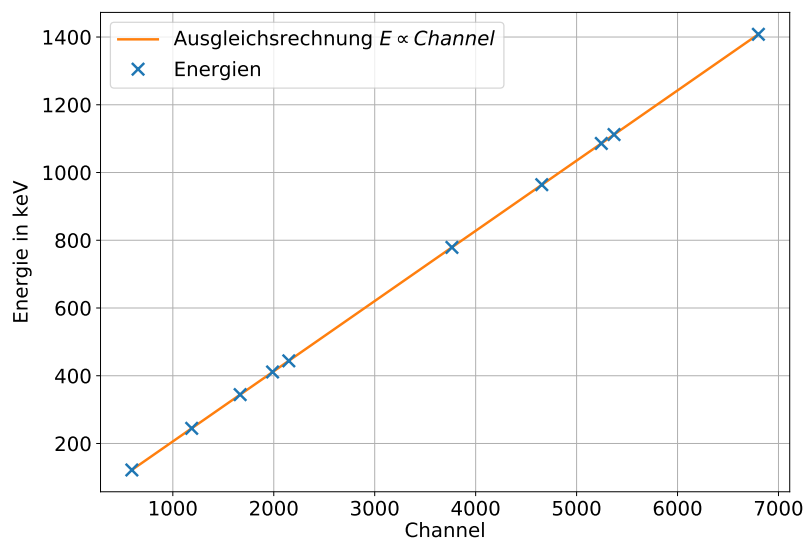
$$n = (-1,22 \pm 0,17) \text{ keV}$$



**Abbildung 3:** Das aufgenommene Spektrum von  $^{152}\text{Eu}$  mit eingezeichneten Peaks.



**Abbildung 4:** Das aufgenommene Spektrum von  $^{152}\text{Eu}$  mit eingezeichneten Peaks und den zugehörigen Literaturwerten nach .



**Abbildung 5:** Ausgleichsrechnung zur Kalibration mithilfe des  $^{152}\text{Eu}$ -Spektrums.