

Protokoll Gammaspektrometrie

Fuchs, Gutmann, Kosbab, Kowal, Steindorf, Falker, Richter

23. Januar 2023

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzbeschreibung des Versuches	1
2	Vergleich der Auflösung zwischen Halbleiter-Detektor und Szintillator	2
3	Energiekalibrierung des Spektrometers mit Ge(Li)-Detektor	2
4	Auswertung von Kupfer	3
5	Identifizierung einer unbekannten Probe	4

1 Kurzbeschreibung des Versuches

- Mithilfe von Cobalt-60 werden die Detektoren kalibriert, die Kalibrierung wird mit Cäsium-137 validiert.
- Auf Millimeterpapier wird die Linearität der Zuordnung von Kanallage zu Energie nachgewiesen.
- Es wird eine Kupfer-Probe für 10 Minuten aktiviert, anschließend mit dem Detektor ausgewertet und 10 Minuten später erneut ausgewertet.
- Im Reaktor wird die unbekannte Probe für 10 Minuten aktiviert.
- Die unbekannte Probe wird anhand der Fotopeaks ausgewertet, aufgrund verschobener Kalibrierung wird sie jedoch gegen eine neue unbekannte Probe ausgetauscht.
- Die neue Probe wird anhand der Fotopeaks identifiziert.

2 Vergleich der Auflösung zwischen Halbleiter-Detektor und Szintillator am Beispiel von Cobalt-60

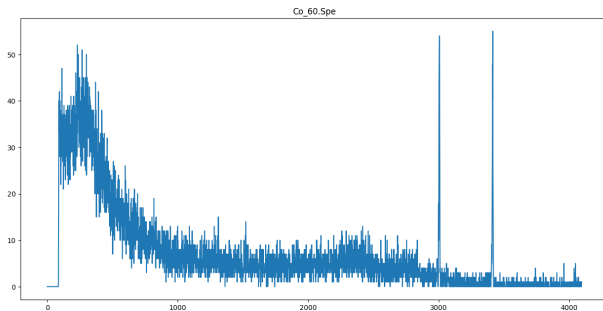


Abbildung 1: Ge(Li) - Halbleiterdetektor

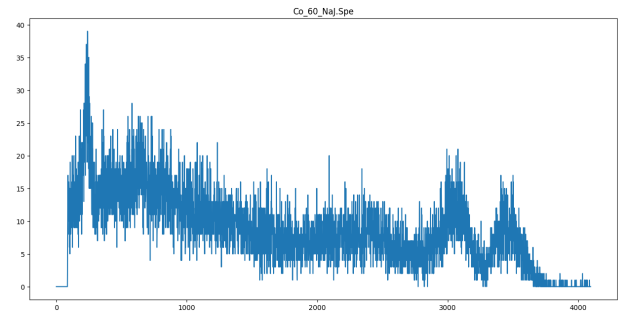


Abbildung 2: NaJ(Tl) - Szintillator

Es ist erkennbar, dass die Auflösung des Halbleiterdetektors höher ist als die des NaJ-Szintillators. Die Halbwertsbreite eines Peaks beträgt im NaJ-Szintillator ca. 200 Kanäle, im Halbleiterdetektor beträgt sie ca. 10 Kanäle.

3 Energiekalibrierung des Spektrometers mit Ge(Li)-Detektor

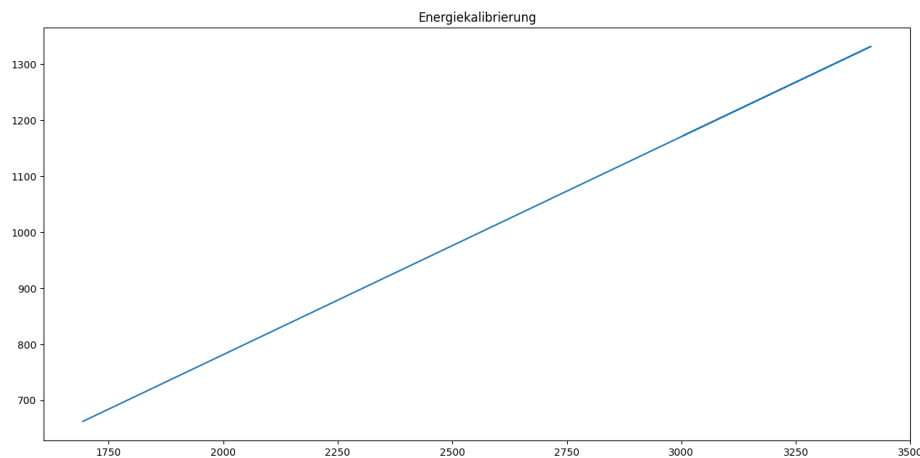


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Kanallage und Energie

Es werden die Kanallagen und Energien von Cobalt-60 und Cäsium-137 in einem Diagramm aufgetragen. Wie in Abbildung 3 zu sehen, besteht zwischen Kanallage und Energie des Fotopeaks ein linearer Zusammenhang.

4 Auswertung von Kupfer

Eine Kupferprobe wird im Reaktor für 10 Minuten aktiviert. Anschließend wird das Gammaspektrum im Detektor bestimmt, nach 10 Minuten wird eine weitere Messung durchgeführt.

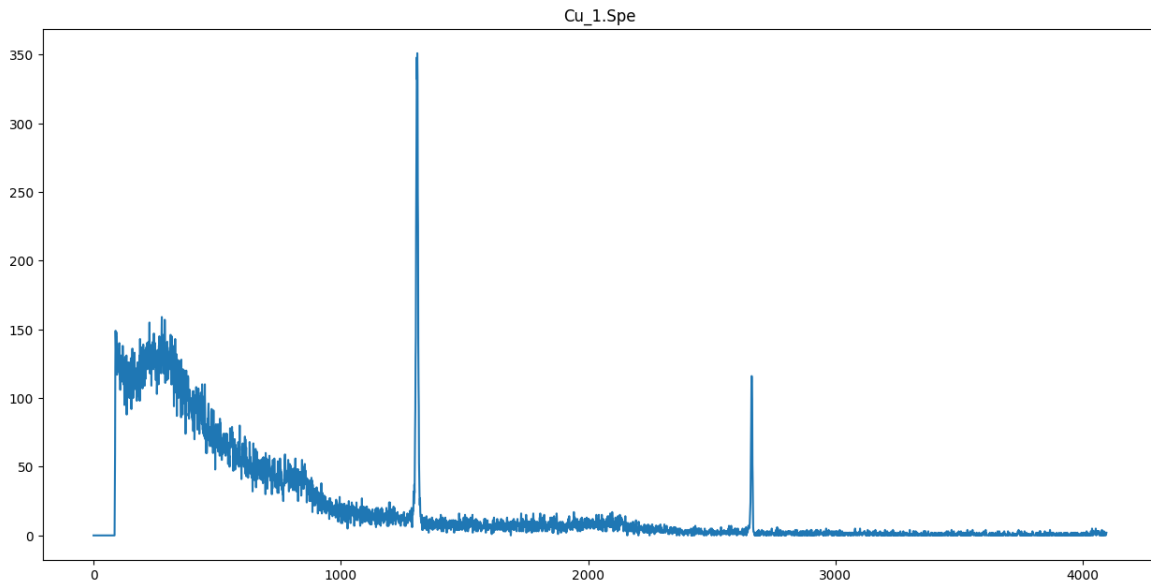


Abbildung 4: Kupfer direkt nach Bestrahlung

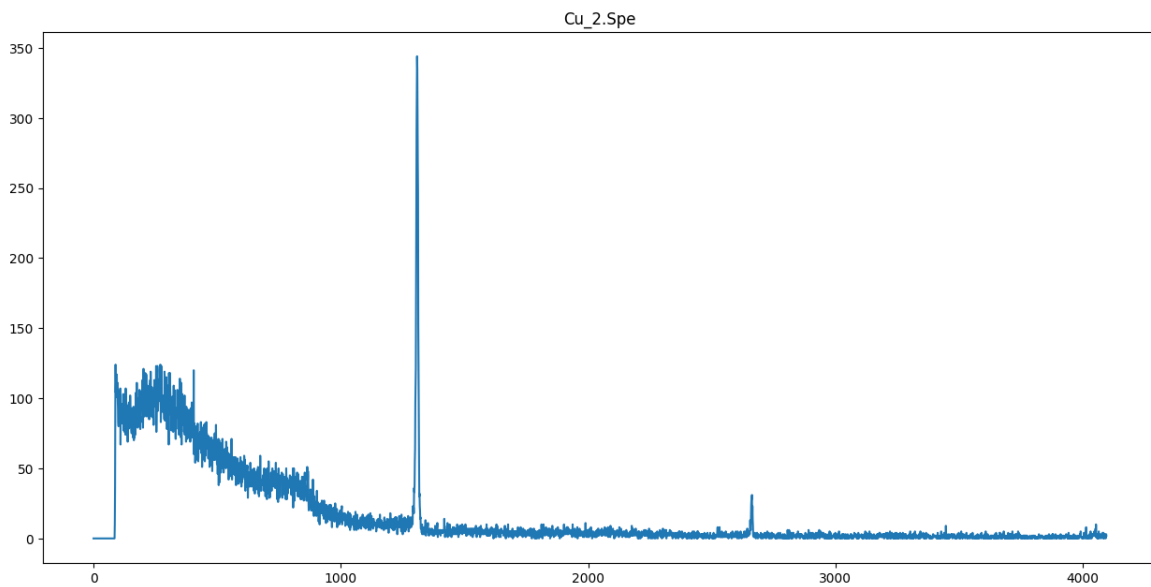


Abbildung 5: Kupfer nach 10 Minuten

Klar erkennbar sind die beiden erzeugten Fotopeaks bei Kanal 1309 und 2661. Dabei wird der erste Peak bei Kanal 1309 von dem Kupferisotop ^{64}Cu erzeugt, der zweite wird von ^{66}Cu erzeugt.

Abklingzeit [min]	Messzeit [s]	Netto-Peakflächen [# Impulse]		Peakflächen- verhältnis
		Cu-66	Cu-64	
0	200	625	3073.5	4.9176
10	200	126	2855.5	22.6627

Aus den Netto-Peakflächen von Cu-64 lässt sich die Halbwertszeit des Nuklids berechnen:

$$\begin{aligned}
 T_{1/2} &= \frac{-\ln(2) \cdot t}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} \\
 &= \frac{-\ln(2) \cdot 10 \text{ min}}{\ln\left(\frac{126}{625}\right)} \\
 &= 4.3 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Bezieht man in die Rechnung jedoch ein, dass die Aktivität während der 200 Sekunden Messzeit bereits abnimmt, und addiert die Hälfte der Messzeit auf die Wartezeit ergibt sich als Halbwertszeit:

$$\begin{aligned}
 T_{1/2} &= \frac{-\ln(2) \cdot (10 \text{ min} + 100 \text{ s})}{\ln\left(\frac{126}{625}\right)} \\
 &= 5.05 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Der errechnete Wert von 5,05 Minuten liegt dabei sehr nah an der tatsächlichen Halbwertszeit von 5,1 Minuten.

5 Identifizierung einer unbekannten Probe

Nach 10-minütiger Aktivierung der unbekannten Probe wird mithilfe des Ge(Li)-Halbleiterdetektors ihr Gammaspektrum gemessen. Es ergibt sich folgende graphische Auswertung:

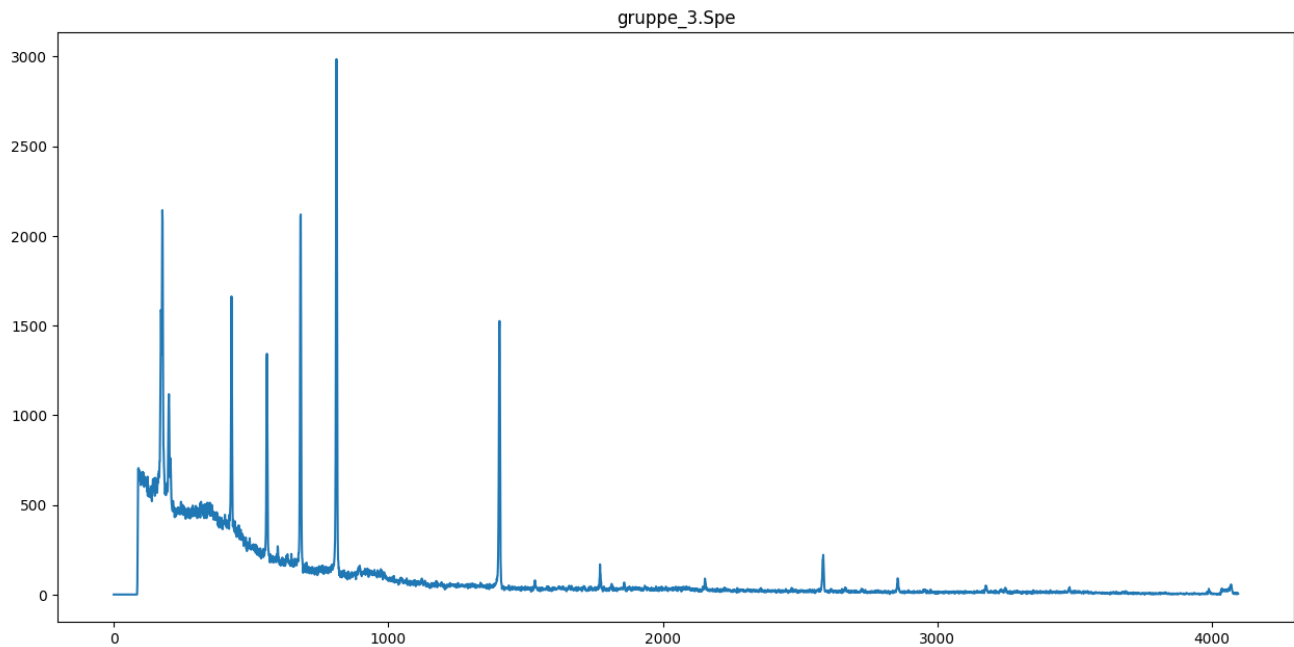


Abbildung 6: Gammaspektrum der unbekannten Probe

Anschließend kann je nach gewünschter Genauigkeit eine visuelle oder rechnerische Peakbestimmung durchgeführt werden.

Als rechnerische Peakanalyse wurde im Zuge dieses Protokolls die vom Analyseprogramm erstellte SPE-Datei eingelesen sowie mithilfe eines Vergleichs der Anstiege benachbarter Abschnitte die Peakkandidaten aufgestellt.

Anschließend wurden durch Vergleich mit je 20 Umgebungskanälen sowie diverser Mindestanforderungen an die Peakhöhe eine feinere Auswahl möglicher Fotopeaks herausgefiltert.

Diese Analyse lieferte folgende Kandidaten für Fotopeaks:

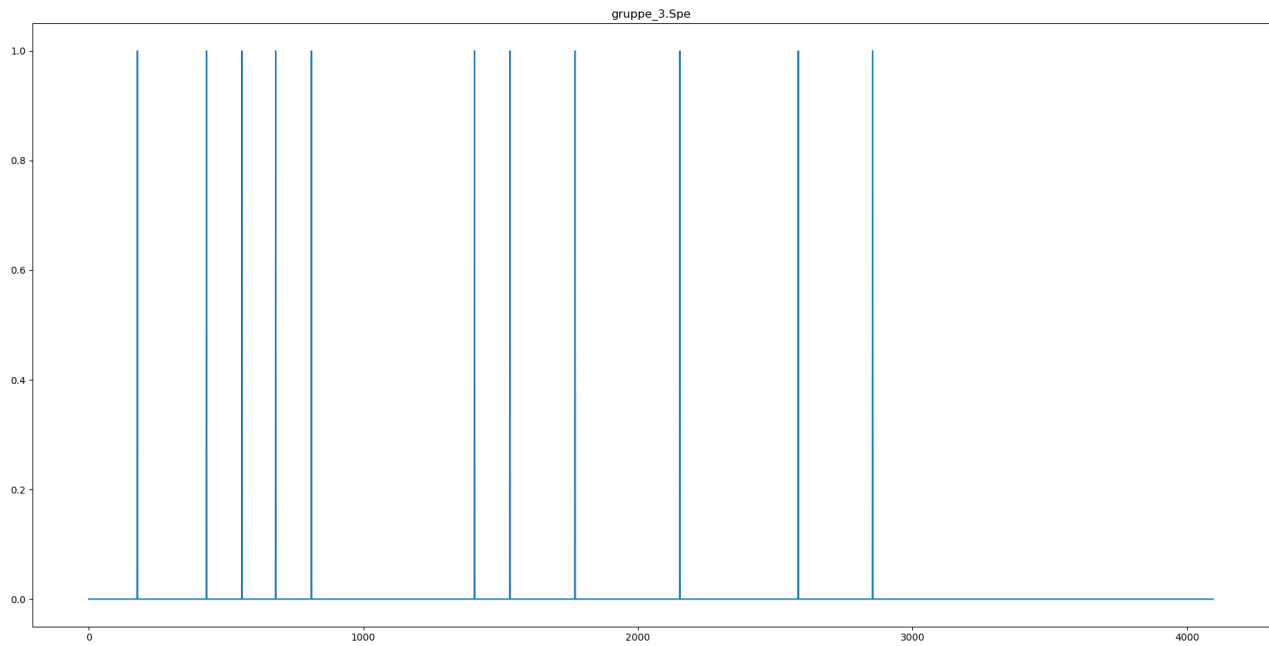


Abbildung 7: Kandidation für Fotopeaks

Mithilfe während des Versuches mitgeschriebener, nach Kalibrierung erzeugter Kanalnummer-Energie-Paaren, kann anschließend mittels lineare Regression (siehe Abbildung 3) näherungsweise die Energiekalibrierung des Analyseprogramm rekonstruiert werden.

Kanalnummer	Energie[keV]
428	186
559	243
679	295
810	352
1406	610

Tabelle 1: Kalibrierungspaare

$$E = f(K) = 0.43345K + 0.66809$$

Damit können nun den errechneten Fotopeaks die jeweiligen Energien bezüglich der im Praktikumsversuch verwendeten Kalibrierung zugeordnet werden:

Kanalnummer	Energie [keV]
177	77.39
429	186.62
558	242.53
681	295.85
811	352.20
1405	609.67
1534	665.58
1771	768.31
2153	933.89
2584	1120.70
2855	1238.17

Tabelle 2: durch Kalibrierung gegebene Relation zwischen Kanalnummer und Energie

Die gemessenen Fotopeaks können nun mit den Gammaenergien bekannter Nuklide verglichen werden, um eine Identifizierung der unbekannten Probe zu erreichen.

Der bei einer Energie von 77.39 keV identifizierte Peakkandidat stellt sich bei Vergrößerung des Spektrums als eine Ansammlung mehrerer Impulsausschläge heraus:

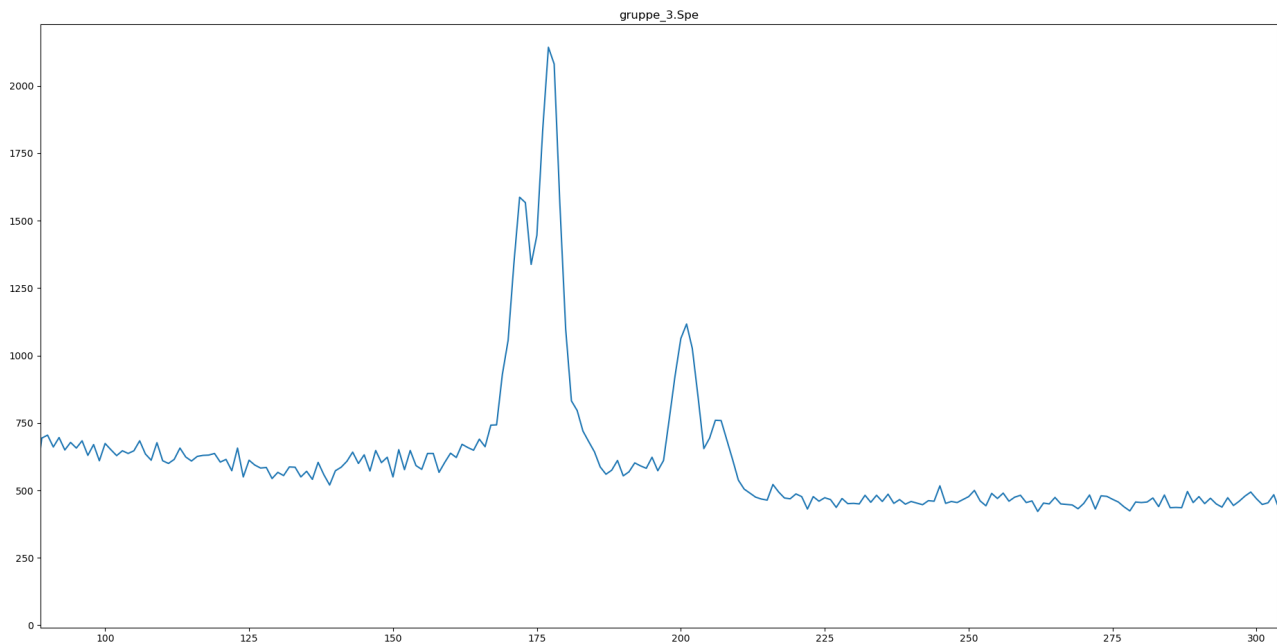


Abbildung 8: Vergrößerung des Gammaspektrums der unbekannten Probe um 77.39 keV

Aufgrund dieser diffusen Verteilung sowie der Lage im Energiespektrum lässt sich hinter diesen Impulsen Röntgenstrahlung vermuten.

Alle Peakkandidaten oberhalb der Kanalnummer 1500 haben aufgrund ihrer geringen Peakhöhe vermutlich ebenfalls keinen direkten Ursprung im Gammazerfall des Ausgangselements, sondern werden von Zerfallsprodukten emittiert.

Damit ergeben sich für die Recherche Fotopeaks mit Energien im Bereich von 186.5 keV, 242.5 keV, 296 keV, 352 keV sowie 609.5 keV.

Bei der unbekannten Probe handelt es sich um Radium-Leuchtfarbe.

Der Gammazerfall des zugehörigen Isotops ^{226}Ra erzeugt jedoch nur für eine Energie von 186.211 keV messbare Fotopeaks. Die drei darauffolgenden Peakkandidaten werden von dem Zerfallsprodukt Blei ^{214}Pb , sowie alle weiteren von dem Zerfallsprodukt Bismut ^{214}Bi erzeugt.

Aus diesem Grund ist es während des Praktikumsversuches nicht gelungen, eine eindeutige Identifizierung der unbekannten Probe anhand des gemessenen Gammaspektrums zu erreichen.

Nuklid	Messwert [keV]	Literaturwert [keV]	Abweichung [keV]
^{226}Ra	186.62	186.211	0.41
^{214}Pb	242.53	241.997	0.54
^{214}Pb	295.85	295.224	0.62
^{214}Pb	352.20	351.932	0.26
^{214}Bi	609.67	609.312	0.35
^{214}Bi	665.58	665.453	0.13
^{214}Bi	768.31	768.356	0.05
^{214}Bi	933.89	934.061	0.18
^{214}Bi	1120.70	1120.287	0.42
^{214}Bi	1238.17	1238.110	0.06

Tabelle 3: Vergleich gemessener zu tatsächlicher Energiewerte

Die Energien der gemessenen Peakpositionen entsprechen dabei sehr exakt den tatsächlichen Gammastrahlungsenergien der Zerfallsprodukte, es ergibt sich eine maximale Abweichung von 0.62354 keV sowie eine durchschnittliche Abweichung von 0.300839 keV.