

# K4 Low-Level-Gamma-Spektroskopie

11.2004

## 1. Versuchsziel

Kernspektren sind in Analogie zu den Schwingungsspektren der Moleküle zur Identifizierung radioaktiver Nuklide am besten geeignet. Da bei vielen Kernumwandlungen Gammastrahlung auftritt, ist die Gammaspektroskopie von besonderer Bedeutung. Die Interpretation der Gammaspektren wird jedoch durch die energieabhängige Wechselwirkung der Gammastrahlung im Detektor und seiner Umgebung erschwert. Mit steigender Energie können neben dem eigentlichen oder Full-Energy-Peak der Compton-Rückstreu-Peak sowie die durch Paarbildung verursachten Single-Escape- bzw. Double-Escape-Peaks gemessen werden.

Als Spektroskopiedetektoren werden heute ausschließlich Halbleiterdetektoren verwendet, die im Vergleich zu den Szintillationszählern ein etwa einhundertfach besseres energetisches Auflösungsvermögen haben, das hauptsächlich von der Statistik der erzeugten Elektronen-Loch-Paare und dem Rauschen der Elektronik bestimmt wird. Die Nachweiswahrscheinlichkeit hängt von der Energie der einfallenden Strahlung und der Größe des Volumens des ladungsträgerarmen Gebietes ab. Da das technologisch aufwendig ist, sind Halbleiterdetektoren mit gleicher Nachweiswahrscheinlichkeit wie Szintillationszähler wesentlich teurer. Durch Kühlen mit flüssigem Stickstoff verringert sich das thermische Rauschen. Im Gegensatz zu Ge(Li)-Detektoren brauchen HPGe-Detektoren nur während der Messung gekühlt zu werden.

Im Versuch sollen neben der Gamma-Spektroskopie, deren physikalischen Grundlagen und Messtechnik, auch Einblicke in wichtige Anwendungen (z. B. in die Materialanalyse und die Bewertung von Umweltradioaktivität) vermittelt werden.

## 2. Experimentelle Aufgabenstellung

Gemeinsam mit dem Betreuer ist eine Auswahl aus den möglichen Aufgabenstellungen für den Versuch zu treffen. Vor Beginn des Versuches ist die Elektronik entsprechend der Bedienungsanleitung anzuschalten und es sind die Einstellungen zu kontrollieren.

1. Aufnahme der Spektren verschiedener Nuklide.
  - 1.1 Vergleichen Sie die Energieauflösung von Szintillationszähler und Halbleiterdetektor.
  - 1.2 Bestimmen Sie die Energien der ausgegebenen Strahlungsquellen und identifizieren Sie die entsprechenden Nuklide.
2. Ermitteln Sie die Nachweiseffektivität in Abhängigkeit von der Energie.
3. Bestimmen Sie die Aktivität einer Umweltprobe.
4. Messung des Raumuntergrundes.
5. Materialanalyse mit Neutronen.
6. Materialanalyse durch Röntgenfluoreszenz.

### 3. Physikalische Grundlagen

Die Funktionsweisen von Szintillationszählern und Halbleiterdetektoren basieren auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien /1,2/. Entsprechend ihrer Bauform, ihrer Polung und dem Aufbau der Sperrschicht gibt es verschiedene Typen von Halbleiterdetektoren mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften /3/. Wichtigste Qualitätsmerkmale für die Gamma-Spektroskopie sind dabei die Energieauflösung und die Nachweiswahrscheinlichkeit, die auf verschiedene Weise bestimmt werden kann /3,4,5/.

Die Identifikation unbekannter Nuklide anhand ihrer Gammaspektren kann mit Hilfe von Nuklidtabellen erfolgen, z. B. /9/. Sie wird durch die Wechselwirkung der Gammastrahlung durch Foto-, Compton- und Paarbildungseffekt erschwert /1,6/.

Während bei der Analyse von Umweltradioaktivität nur langlebige Nuklide aus den natürlichen Umwandlungsreihen und K-40, sowie durch Fall out aus Kernwaffenversuchen bzw. Reaktorunfällen zu berücksichtigen sind /1/, können durch Aktivierung mit Neutronen, z. B. mit Laborneutronenquellen, auch kurzlebige Nuklide erzeugt und nachgewiesen werden /7/.

Durch Bestrahlen mit Gammastrahlung kann Röntgenfluoreszenz angeregt werden, die auch zur Identifizierung von Materialien mit Hilfe von Spekttraltabellen verwendet werden kann und große Bedeutung bei der Spurenelementanalyse erhalten hat /8/.

## 4. Messverfahren

Der Messplatz besteht aus einem Szintillationszähler mit NaI(Tl)-Kristall bzw. einem koaxialen n-dotierten Halbleiterdetektor mit ladungsempfindlichem Vorverstärker, beide stickstoff-gekühlt, einem NIM-Crate mit den Einschüben für Hochspannung und Verstärkung, einem vernetzten Computer mit der Vielkanalanalysatorkarte AccuSpecA mit entsprechender Messsoftware und einer Low-level-Abschirmkammer.

## 5. Hinweise zur Versuchsdurchführung und Auswertung

Nachdem Sie unter Aufsicht des Betreuers mit Hilfe der Bedienungsanleitung die Apparatur eingeschaltet haben, machen Sie sich zunächst mit der Messsoftware vertraut. Verwenden Sie zur Einarbeitung die Kalibrierquelle Cs-137.

Messen Sie das Spektrum mit dem Szintillationszähler. Wählen Sie die Verstärkung so, dass die Eichlinie im Bereich der Kanäle um 7000 liegt und eichen Sie die Anordnung.

Tauschen Sie den Szintillationszähler gegen den Halbleiterdetektor aus und richten Sie die Verstärkung so ein, dass die Eichlinie im gleichen Kanal liegt, wie bei der Messung mit dem Szintillationszähler.

Stellen Sie die Spektren grafisch dar und bestimmen Sie die Halbwertsbreiten der Linien.

Wählen Sie für die weiteren Messungen mit dem Halbleiterdetektor die Verstärkung so, dass die energiereichste Gammalinie von Co-60 etwa im Kanal 4000 liegt. Kontrollieren Sie anschließend die Richtigkeit der Kalibrierung mit anderen Strahlenquellen, deren Energien bekannt sind.

Nehmen Sie danach die Spektren unbekannter Stoffe auf und identifizieren Sie diese an Hand ihrer Gammalinien mit Hilfe einer Nuklidtabelle, z. B. /9,10/.

Beachten Sie, dass bei Langzeitmessungen von Umweltproben das Spektrum des Raumuntergrundes berücksichtigt werden muss und deshalb unter gleichen Bedingungen zu bestimmen ist und abgezogen werden muss.

Die energieabhängige Nachweiseffektivität ist für die quantitative Analyse von Kernspektren notwendig und wird vor allem von der Geometrie des Aufbaus und den Detektoreigenschaften bestimmt. Von (punktförmigen) Quellen bekannter Aktivität wird zuerst ein Übersichtsspektrum aufgenommen. Grenzen Sie für die weiteren Messungen den interessierenden Bereich durch Setzen von zwei Markern links und rechts der ausgewählten Linie ein. Wählen Sie unter **Preset** die Parameter so, dass alle Messungen mit gleicher Genauigkeit

erfolgen. Bei der Auswertung beachten Sie neben der Geometrie der Anordnung, die Totzeit der Messung, den Untergrund der Linie, das Alter der Quelle sowie eventuelle Verzweigungsverhältnisse.

Die Materialanalyse mit Neutronen erfolgt unter Beachtung der Aktivierungskurve. Für die Bestrahlung wird eine Laborneutronenquelle verwendet.

Bei der Materialanalyse durch Röntgenfluoreszenz wird das Probenmaterial mit Hilfe einer relativ intensiven Gammaquelle (Aktivität  $\approx 10^2$  MBq) zum Aussenden von sekundärer Röntgenstrahlung angeregt. Da die Energie der Röntgenstrahlung geringer ist als die der Gammastrahlung, muss die Messanordnung zuvor neu kalibriert werden. Wählen Sie die Verstärkung so, dass die Energie von 200 keV etwa im Kanal 4000 liegt. Kontrollieren Sie zuerst die Abschirmung der Gammaquelle durch Messung ohne Material. Das Spektrum der bestrahlten Probe kann mit Hilfe von Tabellen, z. B. /8/, analysiert werden.

## 6. Arbeitsschutz

Nach einer allgemeinen Information über die Strahlenschutzverordnung und die Laborordnung besprechen Sie mit Ihrem Betreuer das strahlenschutzgerechte Verhalten für Ihre zu bearbeitenden Praktikumsaufgaben.

## 7. Literatur

- /1/ Stolz, W.: Radioaktivität: Grundlagen, Messung, Anwendungen  
Teubner Verlag, Stuttgart 2003
- /2/ Stolz, W.: Messung ionisierender Strahlung  
WTB Akademie-Verlag, Berlin 1985
- /3/ Lieser, K. H: Einführung in die Kernchemie  
VCH, Weinheim 1991
- /4/ Knoll, G.F.: Radiation Detection and Measurement  
John Wiley&Sons, 1989
- /5/ Grupen, C.: Teilchendetektoren  
BI Wissenschaftsverlag, Mannheim 1993

- /6/ Mayer-Kuckuk, T: Kernphysik: Eine Einführung  
Teubner Verlag, Stuttgart 1994
- /7/ Herforth, L. und Koch, S.: Praktikum der Radioaktivität und Radiochemie  
Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1992
- /8/ Periodic Table: WWW-Adresse:  
<http://www.csrri.iit.edu/periodic-table.html>
- /9/ Nuclide Table: WWW-Adresse  
<http://www.webelements.com>
- /10/ Lederer, C.M. u.a. Table of Isotopes  
Wiley, New York 1967  
<http://atom.kaeri.re.kr/>