

# Praktikum „Radioaktivität und Dosimetrie“

## *Gamma-Strahlung*

### 1. Aufgabenstellung

- 1.1 Aufnahme eines Impulshöhenspektrums von Co-60 mit einem Szintillationszähler und Darstellung der Energiegeraden.
- 1.2 Identifizierung eines unbekanntes Nuklides mit Hilfe seines zu messenden  $\gamma$ -Energiespektrums.
- 1.3 Ermittlung der Ansprechwahrscheinlichkeit eines Szintillationszählers für  $\gamma$ -Strahlung.

### 2. Theoretische Grundlagen

Stichworte zur Vorbereitung:

Radioaktivität,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlung, Zerfallsgesetz, Aktivität, Szintillationszähler,  $\gamma$ -Spektroskopie

Literatur:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| H. Lindner             | Grundriss der Atom- und Kernphysik,<br>Fachbuchverlag Leipzig 1988                       |
| Krieger, Petzold       | Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz<br>Band 1, Kap. 3 und 5, Teubner 1989      |
| W. Stolz               | Radioaktivität<br>B. G. Teubner Verlagsgesellschaft                                      |
| W. Walcher             | Praktikum der Physik, Kap. 6.4,<br>Teubner Verlag 1989                                   |
| W. Ilberg, M. Krötzsch | Physikalisches Praktikum, Kap. 7,<br>Teubner Verlag 1992                                 |
| J. Becker, H.J. Jodl   | Physikalisches Praktikum für Naturwissen-<br>schaftler und Ingenieure<br>VDI-Verlag 1991 |

## 2.1 Gamma-Spektroskopie

Zur Aufnahme des Energiespektrums einer  $\gamma$ -Strahlung werden im wesentlichen Halbleiterdetektoren, Szintillationszähler und Proportionalzählrohre eingesetzt. Diese Detektoren geben einen Spannungsimpuls ab, dessen Höhe eine meist lineare Funktion der von ihnen absorbierten  $\gamma$ -Energie ist. Nach Verstärkung der Impulse werden diese einem Analysator zugeführt, der nur solche Impulse an das Zählwerk abgibt und registrieren lässt, deren Spannung innerhalb eines gewählten Kanals zwischen der Diskriminator- und der Analysatorspannung liegt. Eine bestimmte im Szintillator absorbierte  $\gamma$ -Energie liefert also Impulse, die bei einer ganz bestimmten Kanallage registriert werden. Da die Kanallage außer von dieser Energie noch von apparativen Parametern, insbesondere der eingestellten Hochspannung und der Impulshöhenverstärkung abhängt, ist es notwendig, für die verwendete Apparatur und die gewählten Einstellungen aufgrund von Messungen bekannter  $\gamma$ -Spektren den Spannungskanälen die entsprechenden Energien zuzuordnen (Kalibrierung). Da die Impulshöhe annähernd eine lineare Funktion der absorbierten Energie ist, lässt sich die Kalibrierung schon mit Hilfe von nur zwei bekannten  $\gamma$ -Energien als Energiegerade der Form

$$E = aU + b \quad (1)$$

durchführen.

E:	Absorbierte $\gamma$ -Energie
a, b:	Konstanten
U:	Spannungswert der ausgelösten Impulse (Kanallage)

Bei der Auswertung der aufgenommenen  $\gamma$ -Spektren muss berücksichtigt werden, dass die Wechselwirkung der Strahlung mit Materie infolge unterschiedlicher Effekte erfolgt (Photo-, Compton-, Paarbildungseffekt), bei denen unterschiedliche Anteile der einfallenden  $\gamma$ -Quantenenergie absorbiert werden. Somit kann eine monoenergetische  $\gamma$ -Strahlung mehrere Impulsratenmaxima bei verschiedenen Spannungskanallagen bedingen. Für die Energiebestimmung wird meist das durch den Photoeffekt bedingte Impulsratenmaximum hinzugezogen, das bei dem Kanal mit der höchsten Spannungsschwelle liegt. Die Energiegerade für die Apparatur mit den gewählten Betriebsparametern lässt sich mit Hilfe des zu messenden Spektrums von Co-60 darstellen, da Co-60 beim Zerfall zwei  $\gamma$ -Quanten mit den Energien  $E_{\gamma 1} = 1,33 \text{ MeV}$  und  $E_{\gamma 2} = 1,17 \text{ MeV}$  abstrahlt.

Nach Darstellung der Energiegeraden lässt sich dann auch mit ihrer Hilfe die Energie der  $\gamma$ -Strahlung des unbekanntes Nuklids nach Aufnahme seines Impulshöhenspektrums bestimmen.

Eine der wichtigsten Eigenschaften einer Zählleinrichtung ist die Ansprechwahrscheinlichkeit  $f_A$ , d. h. die Anzahl der registrierten Impulse bezogen auf die Anzahl der auf den Detektor treffenden Teilchen oder Quanten. Die Ansprechwahrscheinlichkeit hängt entscheidend von den Eigenschaften des Detektors (Abmessungen des Detektors, Art des Detektormediums) und von den Eigenschaften der Strahlung (Art und Energie der Strahlung) ab. Bei Quanten und ungeladenen Teilchen wird die Ansprechwahrscheinlichkeit sehr stark durch die Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der geladene Sekundärteilchen entstehen. Bei Auslösezählrohren gilt für geladene Teilchen  $f_A \approx 1$ .

### 3 Versuchsdurchführung

#### 3.1 Impulshöhenspektrum von Co-60 und Identifizierung eines unbekanntes Nuklides

Das Impulshöhenspektrum von Co-60 wird mit einer Kanalbreite von 0,1...0,2 V aufgenommen. Impulsverstärkung und Detektorhochspannung sollten so gewählt werden, dass die Impulsratenmaxima in einem Kanal zwischen 7 V und 10 V liegen. Dabei soll die Detektorhochspannung zwischen 800 V und 1000 V liegen. Bei dieser Spannung arbeitet der Szintillationszähler mit der kleinsten spektralen Bandbreite.

Das Impulshöhenspektrum wird graphisch dargestellt und die Energiegerade ermittelt. In den gleichen Graph wird das Impulshöhenspektrum des unbekanntes Nuklids eingezeichnet und die Energie des unbekanntes Nuklids ermittelt. Aus einem am Arbeitsplatz liegenden Tabellenbuch wird das unbekanntes Nuklid ermittelt.

#### 3.2 Ansprechwahrscheinlichkeit

Mit dem Detektor wird die Impulsrate eines punktförmigen Co-60-Präparates ( $T_{1/2} = 5,271 \text{ a}$ ), dessen Beta-Strahlung von der Umhüllung absorbiert wird, gemessen. Die Aktivität des Präparates betrug im Januar 1962  $A=3,7 \text{ MBq}$ . Die Ansprechwahrscheinlichkeit  $f_A$  wird aus der Beziehung zwischen Aktivität und Impulsrate berechnet.

$$A = \frac{R}{f_G f_{AB} f_S f_T f_R f_U f_A f_E} \quad (2)$$

$f_G$  : Geometriefaktor                       $f_{AB}$  : Absorptionsfaktor  
 $f_S$  : Selbstabsorptionsfaktor            $f_T$  : Zeitauflösungsfaktor  
 $f_R$  : Rückstreufaktor                       $f_U$  : Einstreuung aus der Umgebung  
 $f_A$  : Ansprechwahrscheinlichkeit        $f_E$  : Anzahl der Quanten pro Zerfall

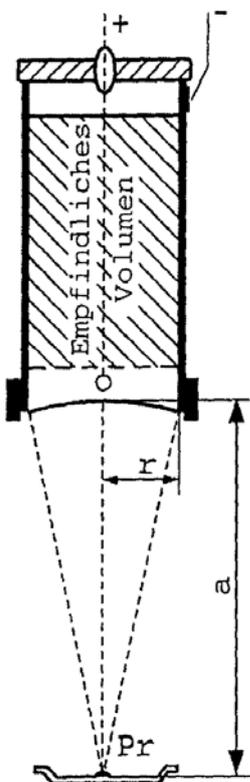
Der Faktor  $f_E$  ergibt sich aus dem Zerfallsschema des Co-60 zu zwei.

Die Aktivität  $A$  zum heutigen Zeitpunkt wird über das Zerfallsgesetz berechnet.

Der Geometriefaktor  $f_G$  für ein punktförmiges Präparat wird aus der folgenden Beziehung berechnet:

$$f_G = 0,5 \left( 1 - \frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2}} \right) \quad (3)$$

a: Abstand Quelle-Detektor      r: Radius der Strahleneintrittsfläche



Die von einem Präparat ausgehenden Strahlen verlaufen nach allen Richtungen des Raumes, d. h., sie verteilen sich auf den Raumwinkel  $4\pi$ . Das Zählrohr erfasst hier von nur einen Bruchteil, der als Verhältnis des wirksamen Raumwinkels zum Raumwinkel  $4\pi$  aufgefasst werden kann. Dieses Verhältnis wird als Geometriefaktor  $f_G$  bezeichnet (Abb. 1).

Die Faktoren  $f_S$ ,  $f_R$ ,  $f_{AB}$ ,  $f_T$  und  $f_U$  in Gl. (2) können bei der Messung von  $\gamma$ -Strahlung näherungsweise 1 gesetzt werden.

Abb.1: Vom Glockenzählrohr erfasstes Strahlenbündel