

# Versuch V14: Tomographie mit Gamma-Strahlung

## Ziel der Arbeit

In diesem Versuch soll die Zusammensetzung eines Würfels mittels Tomographie bestimmt werden. Hierbei wird zum Einen die Tomographie als bildgebendes Verfahren kennengelernt, zum Anderen werden die Kenntnisse von der Wechselwirkung von Gamma-Strahlung mit Materie vertieft.

## Literatur

Zur Vorbereitung auf den Versuch ist jedes Buch über Kernphysik geeignet. In der Uni-Bibliothek stehen zahlreiche Bücher und Artikel zur Verfügung in denen die Grundlagen von radioaktiver Strahlung und der Wechselwirkung mit Materie beschrieben sind z.B.

1. Werner Stolz, Radioaktivität, Hansa Verlag 2005  
<https://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/HT004574529>
2. G. Gilmore, Practical Gamma-ray Spectroscopy, Wiley, 2008  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470861981>
3. Nuclear Data Tabela, Vol. A7, p 257 (1970)  
<https://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/HT012704047>

Die Arbeitsweise eines Szintillationsdetektors, Diskriminators oder auch eines Multichannelanalyzers wird sehr detailliert beschrieben in

4. W.R. Leo, Techniques for Nuclear und particle physics experiments, Springer Verlag  
<https://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/HT006187261>

Bücher und Artikel, die die Datenanalyse behandeln sind z.B.

5. Blobel, E. Lohrmann, Statistische und numerische Methoden der Datenanalyse, Teubner Studienbücher (1998)  
<https://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/HT009221842>

## Vorbereitung

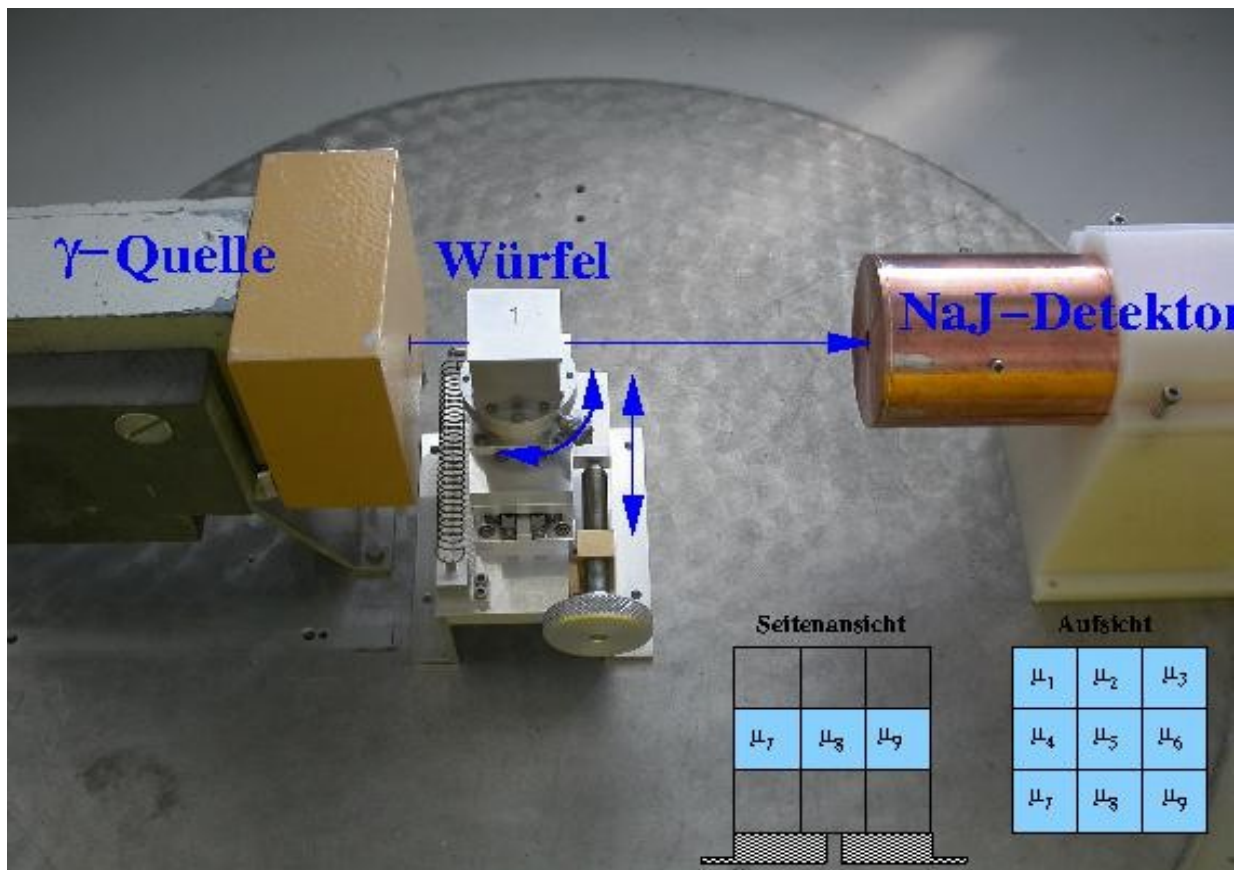
1. Wie funktioniert ein Szintillationsdetektor sowie ein Diskriminator und ein Multichannelanalyzer [4]?
2. Bei welchen Energien liegen die Linien von  $^{60}\text{Co}$  und  $^{137}\text{Cs}$ ? Wie groß sind die jeweiligen Absorptionskoeffizienten (Gesamt, Photoeffekt, Comptoneffekt) für Aluminium, Blei, Eisen, Messing ( $\text{Cu}_{0.63}\text{Zn}_{0.37}$ ) und Delrin (POM) [2,3]?
3. Wie groß muss die gemessene Zählrate sein, wenn die Absorption von Gamma-Strahlung einer  $^{137}\text{Cs}$ -Quelle ( $A=18\text{MBq}$ ) durch einen Bleiblock der Dicke  $D=3\text{cm}$  gemessen wird? Der Abstand zwischen Quelle und NaJ-Detektor soll  $L=32\text{cm}$  betragen; die Blenden an der Quelle und am NaJ-Detektor haben einen Durchmesser von  $d=3\text{mm}$ .
4. Wie groß muss die Zählrate sein, um eine relative statistische Unsicherheit von mindestens 3% zu bekommen?
5. Überlegen Sie sich, welche Projektionen Sie messen wollen und wie die zugehörige Matrix für eine Ebene eines  $3 \times 3 \times 3$  Würfels aussehen muss. Was ist Tomographie[5]?
6. Überlegen Sie sich, welche Projektionen Sie messen wollen und wie die zugehörige Matrix für eine Ebene eines  $3 \times 3 \times 3$  Würfels aussehen muss. Berechnen Sie die zugehörige Matrix. Falls diese singular ist, müssen Sie andere Projektionen verwenden. [5]

## Versuchsaufbau

Abbildung 1 zeigt den experimentellen Aufbau. Ein  $^{60}\text{Co}$  oder ein  $^{137}\text{Cs}$ -Strahler wird vom Assistenten in eine Bleihalterung eingebaut. Der kollimierte Strahl trifft auf einen 3cm x 3cm x 3cm großen Würfel, der aus 3 x 3 x 3 Elementarwürfel mit je 1 cm Seitenlänge aufgebaut ist. Die 27 Elementarwürfel werden von einem Aluminiumwürfel mit einer Wandstärke von 1 mm zusammengehalten. Die verschiedenen Aluminium Würfel sind mit Zahlen von 1 bis 5 gekennzeichnet. Der Würfel mit der Kennzeichnung 1 besteht nur aus dem Aluminiumgehäuse. Die Würfel 2 und 3 bestehen aus nur einem Material, mögliche Materialien sind Aluminium, Messing, Delrin, Blei und Eisen. Die Würfel mit der Kennzeichnung 4 und 5 beinhalten Elementarwürfel aus den beiden Materialien in Würfel 2 und 3.

Im Experiment wird aus Zeitgründen nur die mittlere Schicht des Würfels untersucht. Der Würfel kann hierzu um seine z-Achse gedreht, sowie senkrecht zur Strahlrichtung verschoben werden, sodaß die zu untersuchende Schicht aus verschiedenen Richtungen durchstrahlt werden kann.

Der Strahl wird durch den zu untersuchenden Würfel abgeschwächt und von einem NaJ-Detektor nachgewiesen. Die vom Szintillationsdetektor erzeugten Pulse werden von einem Vorverstärker verstärkt und von einem Multichannelanalyzer analysiert und entsprechend ihrer Energie in einem Histogramm aufsummiert. Die Detektorspannung und die Vorverstärkerspannung werden an einem Spektroskopie Amplifier eingestellt. Die Diskriminatorschwellen und die Datenaufnahme erfolgen über den Computer mit dem Programm MAESTRO. Eine Programmbeschreibung liegt am Experiment aus. Es ist sinnvoll einen USB-Stick mitzubringen.



4. Wiederholen Sie die Messung für den zweiten Würfel sowie für den Würfel unbekannter Zusammensetzung (Kennzeichnung 3 bis 5).

### **1. Meßprogramm und Auswertung**

1. Nehmen Sie zuerst ein Spektrum der verwendeten Quelle mit dem NaJ-Detektor auf und identifizieren Sie alle Prozesse im Spektrum.
2. Setzen Sie den Würfel mit der Kennzeichnung 1 auf die vorgesehene Halterung und schrauben Sie ihn fest.

**Nicht in den Strahlengang fassen!!!**

3. Nehmen Sie für die von Ihnen vorgesehenen Projektionen die Absorptionsspektren auf. Vergessen Sie nicht I0 zu bestimmen. Wählen Sie Messzeiten von mindestens  $t=300\text{s}$  bzw so, dass die statistische Unsicherheit  $<3\%$  ist.
4. Wiederholen Sie die Messung für die Würfel 2 und 3. Wiederholen Sie die Messung auch für einen der beiden Würfel 4 oder 5.
5. Bestimmen Sie die Materialien und die Zusammensetzung der Elementarwürfel. Die möglichen Materialien sind Aluminium, Messing ( $\text{Cu}_{0.63}\text{Zn}_{0.37}$ ), Delrin, Blei und Eisen.
6. Vergewissern Sie sich, wie die Varianzen der Absorptionskoeffizienten zustandekommen.
7. Bestimmen Sie die totalen Absorptionskoeffizienten für Würfel 2 und Würfel 3. Vergleichen Sie die ermittelten Werte mit Literaturwerten und diskutieren Sie das Ergebnis. Vergleichen Sie hierbei auch für Würfel 2 und 3 die Varianzen der Einzelmessungen und die durch die Ausgleichsmessung bestimmten Messunsicherheiten.
8. Bestimmen Sie unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Aufgabe 7 und der Literaturwerte, welche Anordnung die Elementarwürfel haben und aus welchem Material diese sind.
9. Diskutieren Sie unter Anderem welchen Einfluss die Ausdehnung des Strahles und der umgebene Aluminiumkörper haben.