

## Bestimmung der Halbwertszeit von Ba-137m

### Aufzeichnung und Auswertung der Zerfallskurve mit CASSY

#### Versuchsziele

- Elution der metastabilen Ba-137m-Isotope aus einem Cs-137-Präparat.
- Messung der Aktivität des Eluats in Abhängigkeit von der Zeit und Bestimmung der Halbwertszeit von Ba-137m.

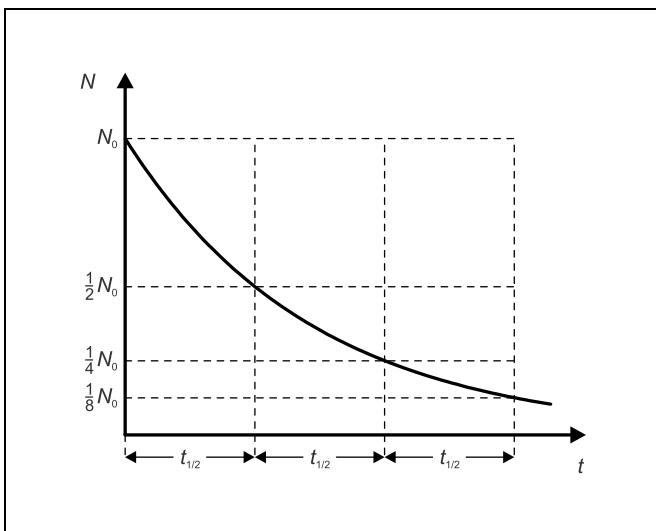
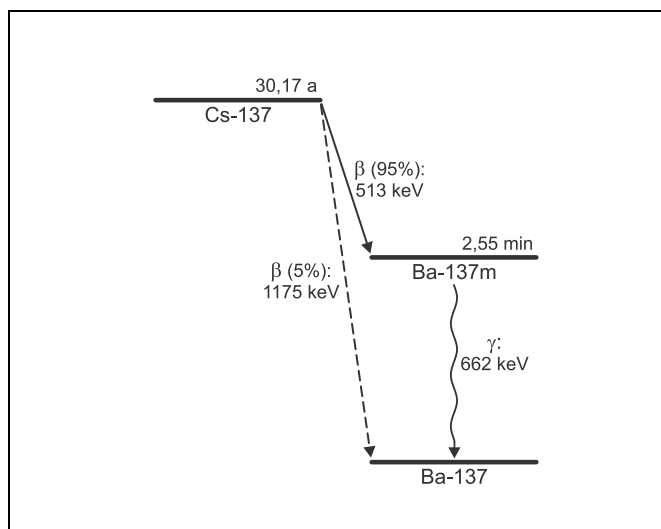


Fig. 1 Radioaktiver Zerfall: Zahl  $N$  der radioaktiven Atomkerne in Abhängigkeit von der Zeit  $t$ .

Fig. 2 Vereinfachtes Zerfallsschema von Cs-137



#### Grundlagen

Befinden sich in einer Probe radioaktive Atomkerne einer Sorte, so zerfallen diese Atomkerne mit der gleichen Wahrscheinlichkeit, ohne dass der Zerfallszeitpunkt für einen einzelnen Kern vorausgesagt werden kann. Werden keine radioaktiven Kerne nachgeliefert, so nimmt ihre Anzahl während des folgenden Zeitintervalls  $dt$  um

$$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt \quad (I)$$

$\lambda$ : Zerfallskonstante

ab. Für die Anzahl  $N$  gilt daher das Zerfallsgesetz

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (II)$$

$N_0$ : Zahl der radioaktiven Kerne zur Zeit  $t = 0$

Es besagt u. a., dass jeweils nach der Halbwertszeit

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (III)$$

die Anzahl der radioaktiven Kerne halbiert ist (siehe Fig. 1). Für die Aktivität der Probe, also die Zahl der Zerfälle pro Zeiteinheit, gilt

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) \quad (IV)$$

Daraus folgt

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \text{ mit } A_0 = \lambda \cdot N_0 \quad (V)$$

d. h. auch die Aktivität  $A(t)$  wird jeweils nach der Halbwertszeit halbiert.

Im Versuch wird die Zerfallskurve des metastabilen Zustandes Ba-137m des Isotops Ba-137 aufgezeichnet und die Halbwertszeit bestimmt. Ba-137 ist ein Zerfallsprodukt der langlebigen Muttersubstanz Cs-137, deren Halbwertszeit ca. 30 Jahre beträgt. Cs-137 zerfällt unter Emission von  $\beta$ -Strahlung zu Ba-137. Dieser Übergang erfolgt zu 95 % in den metastabilen Zustand Ba-137m (siehe Fig. 2), der mit einer Halbwertszeit von nur 2,551 min unter Emission von  $\gamma$ -Strahlung in den Grundzustand von Ba-137 zerfällt.

Die Muttersubstanz wird in einem Cs/Ba-137m Isotopengenerator aufbewahrt. Die beim  $\beta$ -Zerfall des Cs-137 entstehenden metastabilen Isotope Ba-137m werden zu Versuchsbeginn mit einer angesäuerten Kochsalzlösung aus dem Isotopengenerator gespült (eluiert). Dann wird die Aktivität des Eluats aufgezeichnet.

**Geräte**

1 Cs/Ba-137m Isotopengenerator . . . . .	559 815
1 Fensterzählrohr . . . . .	559 01
1 GM-Box . . . . .	524 033
1 Sensor CASSY . . . . .	524 010
1 CASSY Lab . . . . .	524 200
1 Kleiner Stativfuß, V-förmig . . . . .	300 02
1 Stativstange, 47 cm . . . . .	300 42
2 Leybold-Muffen . . . . .	301 01
2 Universalklemme 0 ... 80 mm Ø . . . . .	666 555
1 Satz 10 Reagenzgläser, 16 × 160 mm . . . . .	664 043
1 Becherglas, 250 ml, n.F., Hartglas . . . . .	664 103

*zusätzlich erforderlich:*

1 PC mit Windows 95 / 98 / NT

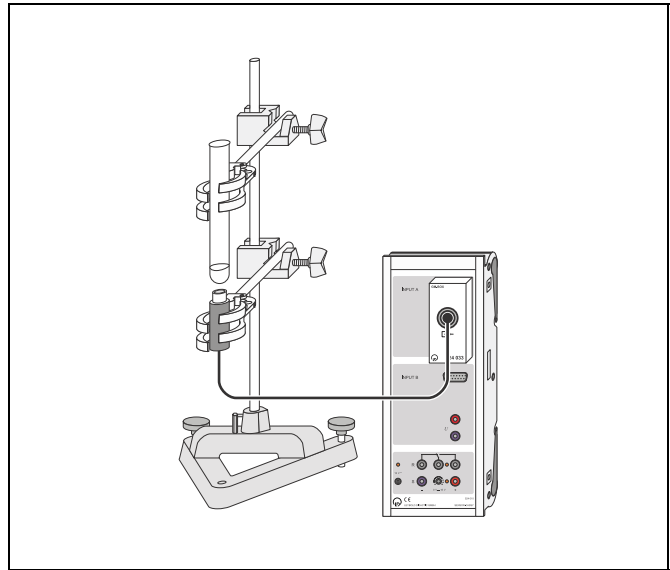


Fig. 3 Versuchsaufbau zur Aufzeichnung der Zerfallskurve des metastabilen Ba-137m mit CASSY.

**Aufbau**

Der Versuchsaufbau ist in Fig. 3 dargestellt.

- Universalklemmen in ca. 6 cm Abstand an der Stativstange befestigen.
- Fensterzählrohr nach oben gerichtet in untere Universalklemme einspannen und Schutzkappe entfernen.
- Reagenzglas darüber in ca. 0,5 cm Abstand zum Eintrittsfenster einspannen.
- Sensor-CASSY an seriellen Eingang des Computers (z. B. COM1) anschließen, GM-Box aufstecken und Fensterzählrohr anschließen.

**Durchführung****Festlegung der Messparameter:**

- Software CASSY Lab aufrufen und im Register „CASSY“ des Dialogfensters „Einstellungen“ auf „Anordnung aktualisieren“ klicken.
- Auf die Darstellung der GM-Box klicken und folgende Einstellungen wählen:  
Messgröße: „Rate RA1“, Messbereich: „100 1/s“, Torzeit: 12 s
- Im Register „Darstellung“ des Dialogfensters „Einstellungen“ auswählen:  
x-Achse: t, y-Achse: RA1
- Als Messparameter wählen:  
– „automatische Aufnahme“, „Intervall: 100 ms“

**Elution von Ba-137m:**

- Kunststoffschlauch auf Spritze stecken, ca. 2–3 ml aus der Elutionslösung in die Spritze ziehen und anschließend Kunststoffschlauch entfernen.
- Schutzkappe am Gewindestutzen des Cs/Ba-137m Isotopengenerators (blaues Typenschild) abschrauben und Spritzen spitze aufschrauben (siehe Fig. 4).
- Schutzkappe vom Auslaufstutzen des Cs/Ba-137m Isotopengenerators abziehen und Auslauföffnung über das eingespannte Reagenzglas halten.

**Sicherheitshinweise**

Beim Umgang mit radioaktiven Präparaten sind länderspezifische Auflagen zu beachten, in der Bundesrepublik Deutschland z. B. die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV). Die im Versuch verwandten radioaktiven Stoffe sind nach StrlSchV für den Unterricht an Schulen bauartzugelassen. Da sie ionisierende Strahlung erzeugen, müssen beim Umgang dennoch folgende Sicherheitsregeln befolgt werden:

- Cs/Ba-137m Isotopengenerator vor dem Zugriff Unbefugter schützen.
- Vor Benutzung den Cs/Ba-137m Isotopengenerator auf Unversehrtheit überprüfen.
- Zur *Abschirmung* den Cs/Ba-137m Isotopengenerator im Schrank aufbewahren.
- Zur Gewährleistung einer *möglichst kurzen Expositionszeit* und einer *möglichst geringen Aktivität* den Cs/Ba-137m Isotopengenerator nur für die Elution des Ba-137m aus dem Schutzbehälter nehmen und bei der Elution des Ba-137m unbedingt Laborhandschuhe tragen.

Nach ca. 30 min beträgt die Restaktivität des Ba-137m im Eluat ein Tausendstel der Anfangsaktivität. Die Verunreinigung des Eluats mit Cs-137 ist kleiner als 50 Bq/ml.

- Zur Beseitigung des Eluats ca. eine halbe Stunde warten und danach Eluat in die Kanalisation geben.

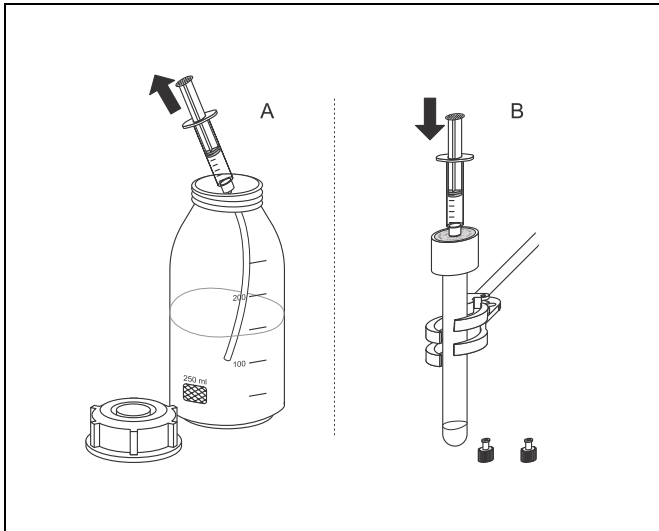


Fig. 4 Elution des Ba-137m aus dem Cs/Ba-137m Isotopengenerator.

- Durch vorsichtiges Drücken des Spritzenkolbens die Elutionslösung durch Cs/Ba-137m Isotopengenerators pressen.  
Der Elutionsvorgang sollte nach 10–20 s beendet sein.

**Aufzeichnung der Messwerte:**

- Aufzeichnung der Messwerte mit dem Button oder der Taste F9 starten und nach etwa 700 s beenden.
- Messung mit oder F2 unter einem aussagekräftigen Namen speichern.

*Hinweis:*

Das radioaktive Gleichgewicht zwischen Cs-137 und dem Tochternuklid Ba-137m ist bereits nach 20 Minuten wieder hergestellt. Somit kann im Abstand von 20 Minuten eine weitere Elution vorgenommen werden.

Die Lebensdauer des Cs/Ba-137m Isotopengenerators wird durch Verunreinigungen begrenzt, die mit der Elutionslösung in den Generator gelangen und mit der Zeit die sehr feinporigen Filter verstopfen. Bei Verwendung der hochreinen Originalelutionslösung kann der Generator 500–1000mal eluiert werden.

**Messbeispiel und Auswertung**

Fig. 5 zeigt die Zerfallskurve von Ba-137m. Zur weiteren Auswertung und zur Bestimmung der Halbwertszeit  $t_{1/2}$ :

- Mit der rechten Maustaste in das Diagramm klicken, Menüpunkt „Anpassung durchführen → Exponentialfunktion  $e^x$ “ auswählen und Anfang und Ende des Anpassungsbereichs mit der Maus markieren.
- Mit der Tastenkombination Alt+W waagerechte Linie aktivieren und diese mit der Maus auf einen glatten Zählratenwert (z. B. 80 1/s) setzen.
- Weitere waagerechte Linien bei der Hälfte, einem Viertel und einem Achtel des gewählten Wertes setzen.
- Jeweils mit der Tastenkombination Alt+S senkrechte Linien aktivieren und diese mit der Maus auf die Schnittpunkte der angepassten Kurve mit den waagerechten Linien setzen.
- Mit der Tastenkombination Alt+D die Differenzmessung aktivieren und die Halbwertszeit  $t_{1/2}$  als Abstand zweier benachbarter senkrechter Linien bestimmen.

Aus Fig. 5 entnimmt man  $t_{1/2} = 145,2 \text{ s} = 2,42 \text{ min}$

Literaturwert:

$t_{1/2} = 153,08 \text{ s} = 2,5514 \text{ min}$

**Ergebnis:**

Die Anzahl  $N(t)$  der zur Zeit  $t$  noch nicht zerfallenen Kerne eines radioaktiven Stoffes und seine Aktivität  $A(t)$  nehmen exponentiell mit der Zeit ab. Charakterisiert wird die Abnahme durch die Halbwertszeit  $t_{1/2}$ . Sie gibt an, nach welcher Zeit die Anzahl bzw. die Aktivität auf die Hälfte ihres Ausgangswertes abgesunken sind.

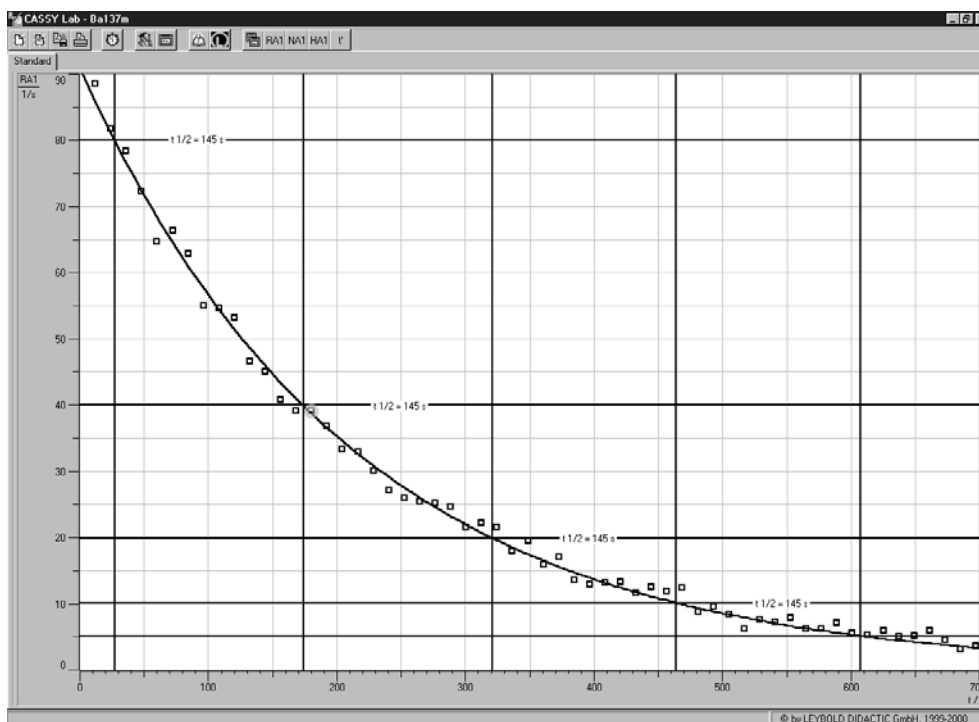


Fig. 5 Zerfallskurve von Ba-137m, aufgezeichnet und ausgewertet mit CASSY

