

Radioaktiver Zerfall: Ba-137m

Peter Bützer, Markus Roth

Inhalt

| | |
|---|---|
| Einleitung/Theorie..... | 1 |
| Aufgabe | 2 |
| Durchführung | 2 |
| Beobachtungen/Messungen..... | 2 |
| Reaktionsgleichungen/Berechnungen | 3 |
| Folgerungen..... | 3 |
| Simulation | 3 |
| Simulationsdiagramm (siehe auch) | 3 |
| Zeitdiagramm | 4 |
| Dokumentation (Gleichungen, Parameter)..... | 4 |
| Vergleich | 5 |
| Interpretation | 5 |

„Unter „wahr“ verstehe ich, dass es ein entsprechendes Experiment gibt, das immer und immer wieder zu demselben Resultat führt.“¹

Robert Betts Laughlin (1950-) amerikanischer Physiker

Einleitung/Theorie

Der Radionuklidgenerator enthält als langlebiges Mutternuklid ca. $3.7 \cdot 10^5$ Bq ($10 \mu\text{Ci}$) vom radioaktiven Cs-137 (HWZ = 30,25 Jahre). Cs-137 zerfällt unter Emission von Betastrahlung (${}^0_{-1}e$) in das Barium-Isotop Ba-137. Dieser Übergang erfolgt zu 6.5% direkt in den stabilen Grundzustand des Ba-137 (${}^{137}_{55}\text{Cs} - {}^0_{-1}e \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba}$, $E_{\text{max}} = 1,176$ MeV) und zu 93.5% zu Ba-137m (${}^{137}_{55}\text{Cs} - {}^0_{-1}e \rightarrow {}^{137\text{m}}_{56}\text{Ba}$, $E_{\text{max}} = 514$ keV). Bei Ba-137m steht m für metastabil, denn aus ihm bildet sich mit einer Halbwertszeit von 2,55 min, unter Emission von Gamma-Strahlung, der stabile Grundzustand des Ba-137 (${}^{137\text{m}}_{56}\text{Ba} - {}^0_0\gamma \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba}$, $E_{\text{max}} = 662$ keV)².

Beim Elutionsvorgang wird Ba-137 aus dem Radionuklidgenerator mit einem Ionenaustauschverfahren abgetrennt. Die Aktivität des Ba-137m - Eluats ist, wegen seiner Neubildung aus Cs-137, abhängig von der Zeit, die seit der letzten Elution verstrichen ist.



Messanordnung

¹ Laughlin Robert Betts (1950-) Naturgesetze sind nicht einfach da, NZZ, Mittwoch, 12. September 2007, Nr. 211, B3

² Lieser K.H., Einführung in die Kernchemie, Verlag Chemie GmbH, 1969, 234

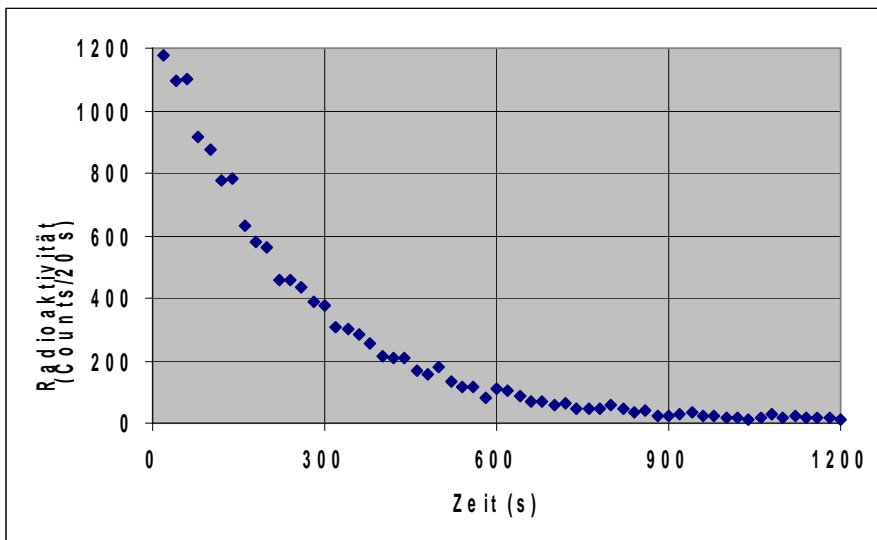
Aufgabe

Man messe und simuliere den zeitlichen Verlauf der Radioaktivität von Ba-137m.

Durchführung

Man verwendet den Caesium-137/Barium-137m Radionuklidgenerator und ein Messgerät. (für diese Messungen wurde der Vernier Radiation Monitor, das Interface LabPro und die Software LoggerPro verwendet). Messdauer pro Probe 20 Sekunden, gesamte Messdauer 1200 Sekunden.

Beobachtungen/Messungen



| Zeit (s) | Counts | Zeit (s) | Counts | Zeit (s) | Counts |
|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 20 | 1174 | 420 | 209 | 820 | 49 |
| 40 | 1095 | 440 | 209 | 840 | 36 |
| 60 | 1101 | 460 | 169 | 860 | 39 |
| 80 | 917 | 480 | 159 | 880 | 22 |
| 100 | 874 | 500 | 181 | 900 | 24 |
| 120 | 775 | 520 | 132 | 920 | 28 |
| 140 | 783 | 540 | 117 | 940 | 32 |
| 160 | 633 | 560 | 116 | 960 | 22 |
| 180 | 578 | 580 | 84 | 980 | 25 |
| 200 | 565 | 600 | 111 | 1000 | 20 |
| 220 | 456 | 620 | 106 | 1020 | 19 |
| 240 | 456 | 640 | 86 | 1040 | 14 |
| 260 | 437 | 660 | 69 | 1060 | 18 |
| 280 | 390 | 680 | 71 | 1080 | 28 |
| 300 | 374 | 700 | 59 | 1100 | 20 |
| 320 | 305 | 720 | 66 | 1120 | 22 |
| 340 | 299 | 740 | 44 | 1140 | 16 |
| 360 | 284 | 760 | 45 | 1160 | 18 |
| 380 | 257 | 780 | 47 | 1180 | 19 |
| 400 | 215 | 800 | 57 | 1200 | 11 |

Reaktionsgleichungen/Berechnungen

Der radioaktive Zerfall folgt einem exponentiellen Verlauf. Bei der Simulation heisst das, dass die Zerfallsgeschwindigkeit direkt proportional der Anzahl der vorhandenen, radioaktiven Teilchen Ba-137m ist $\rightarrow N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda \cdot t}$.

Folgerungen

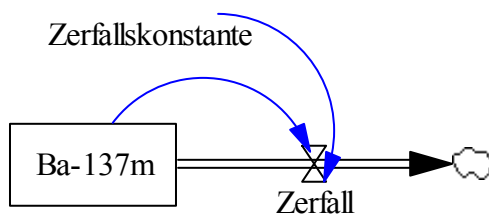
Die Messungen liegen nicht sehr genau auf einer virtuellen Kurve. Das spiegelt die Statistik der Radioaktivität sehr eindrücklich wieder.

Simulation

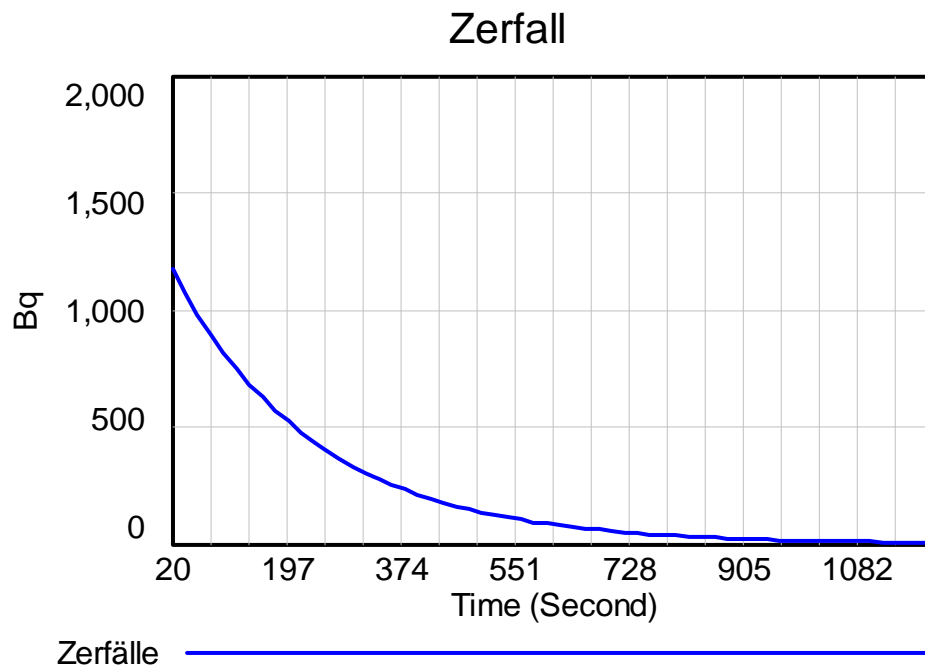
Simulationsdiagramm (siehe auch ³)

Die Simulation geht davon aus, dass

1. Die Aktivität von der vorhandenen Anzahl Ba-137m Teilchen bestimmt wird.
2. Der Zerfall eine Zerfallskonstante zeigen muss, die der bekannten Halbwertszeit von 2.55 Minute entsprechen sollte ($\lambda = \ln(2)/\text{HWZ}$).
- 3.

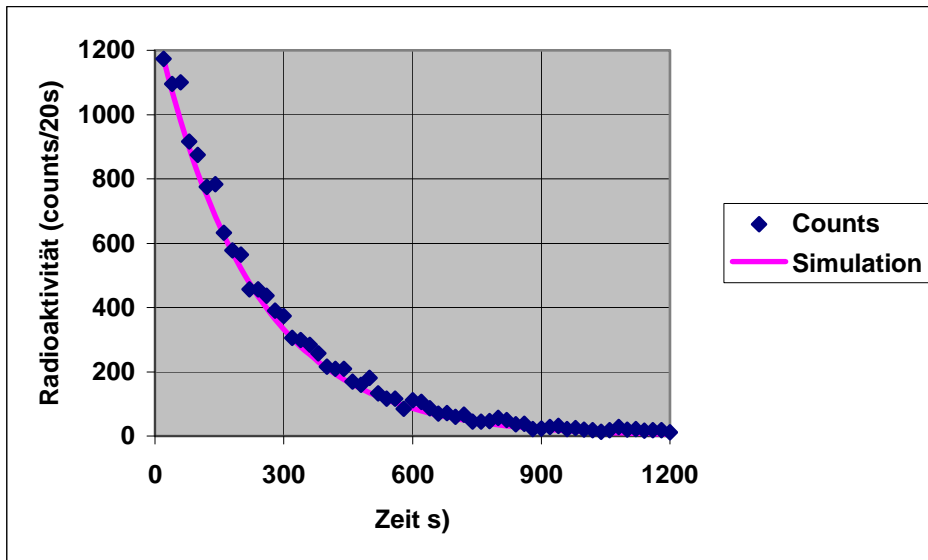


³ Schecker H.P., Physik-Modellieren, Ernst Klett Verlag, Stuttgart/Düsseldorf/Leipzig, 1998

Zeitdiagramm**Dokumentation (Gleichungen, Parameter)**

- (1) "Ba-137m"= INTEG (-Zerfall, 1174) (*Startwert aus dem Experiment*)
- (2) FINAL TIME = 1200
Units: Second
The final time for the simulation.
- (3) INITIAL TIME = 20
Units: Second
The initial time for the simulation.
- (4) SAVEPER = 20 (*pro Messung ein 20 Sekunden Intervall*)
The frequency with which output is stored.
- (5) TIME STEP = 1
The time step for the simulation.
- (6) Zerfall= Zerfallskonstante*"Ba-137m"
- (7) Zerfallskonstante= 0.0045 ($\lambda = \ln(2)/(2.55*60) = 0.0045$)

Vergleich



Interpretation

Mit der Simulation kann einerseits das exponentielle Verhalten sehr gut gezeigt werden, andererseits stimmt auch bei diesem einfachen Experiment die gemessene mit der simulierten Halbwertszeit überzeugend überein.