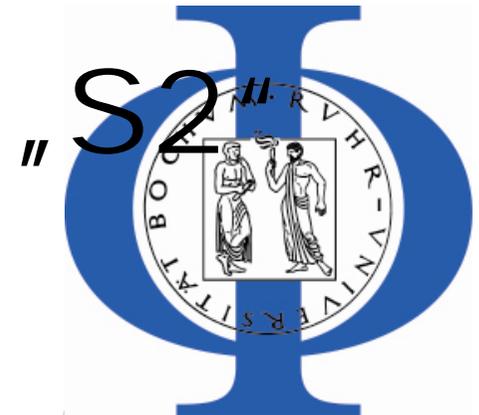


Einführungsseminar zum Physikalischen Praktikum



1. Organisatorisches
2. Unterweisung
3. Demo-Versuch „Radioaktiver Zerfall“
4. **Am Schluss: Unterschriften!**

Praktischer Strahlenschutz



Wechselwirkung von...



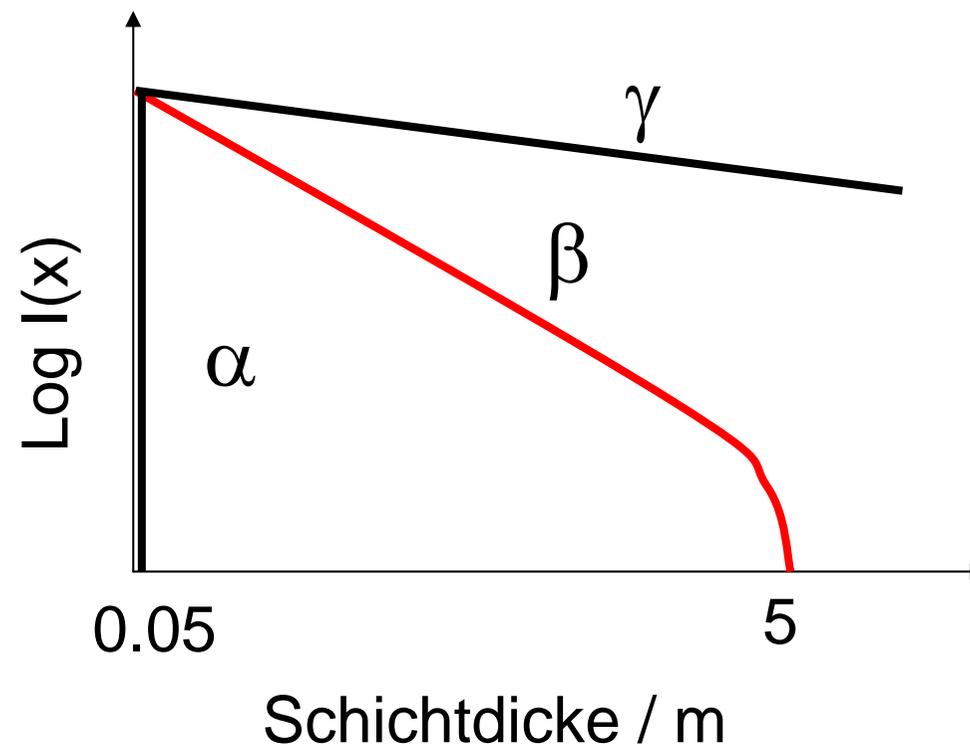
Alpha
Beta
Röntgen
Gamma
Neutronen

...Strahlung mit Materie!

→ Demo an Nebelkammer

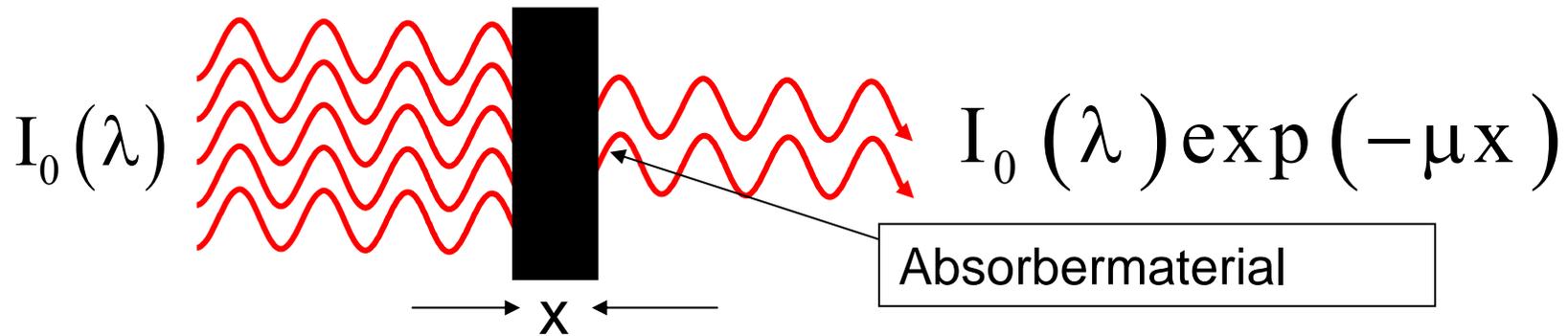
Typische Reichweiten von ionisierender Strahlung in Luft

Kenntnis von Wechselwirkung und Reichweite der Strahlung hilft, sich gegen radioaktive Strahlung zu schützen.



Wechselwirkung von γ und Röntgenstrahlung mit Materie

Intensität von Röntgen- und γ -Strahlung wird beim Durchgang durch Materie abgeschwächt. Die Intensität nimmt exponentiell mit der Schichtdicke x des Absorbermaterials ab:

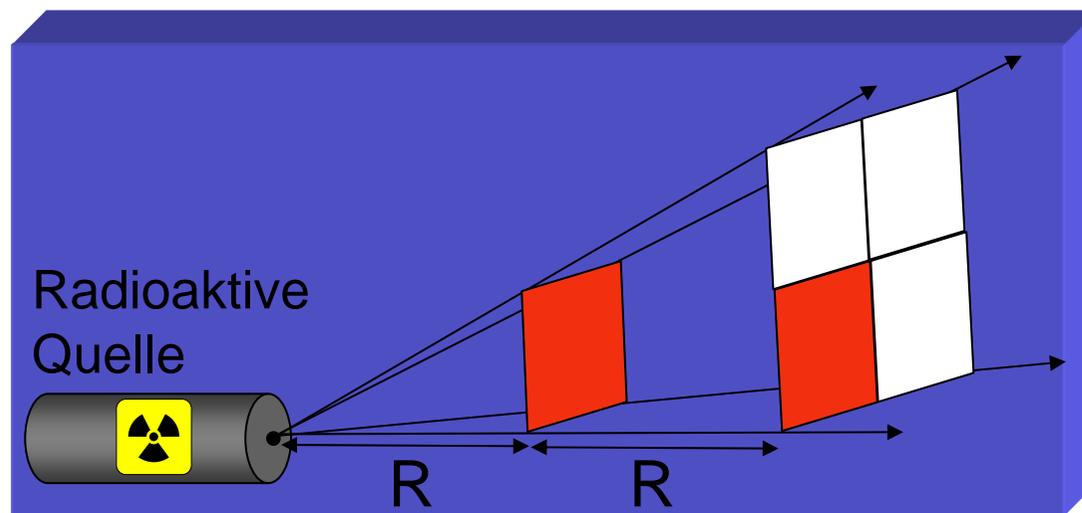
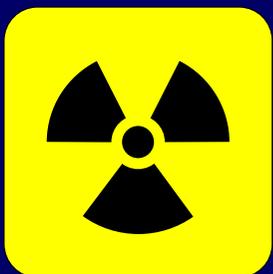


Verhaltens- regeln



Die drei „A“ im
Praktischen
Strahlenschutz

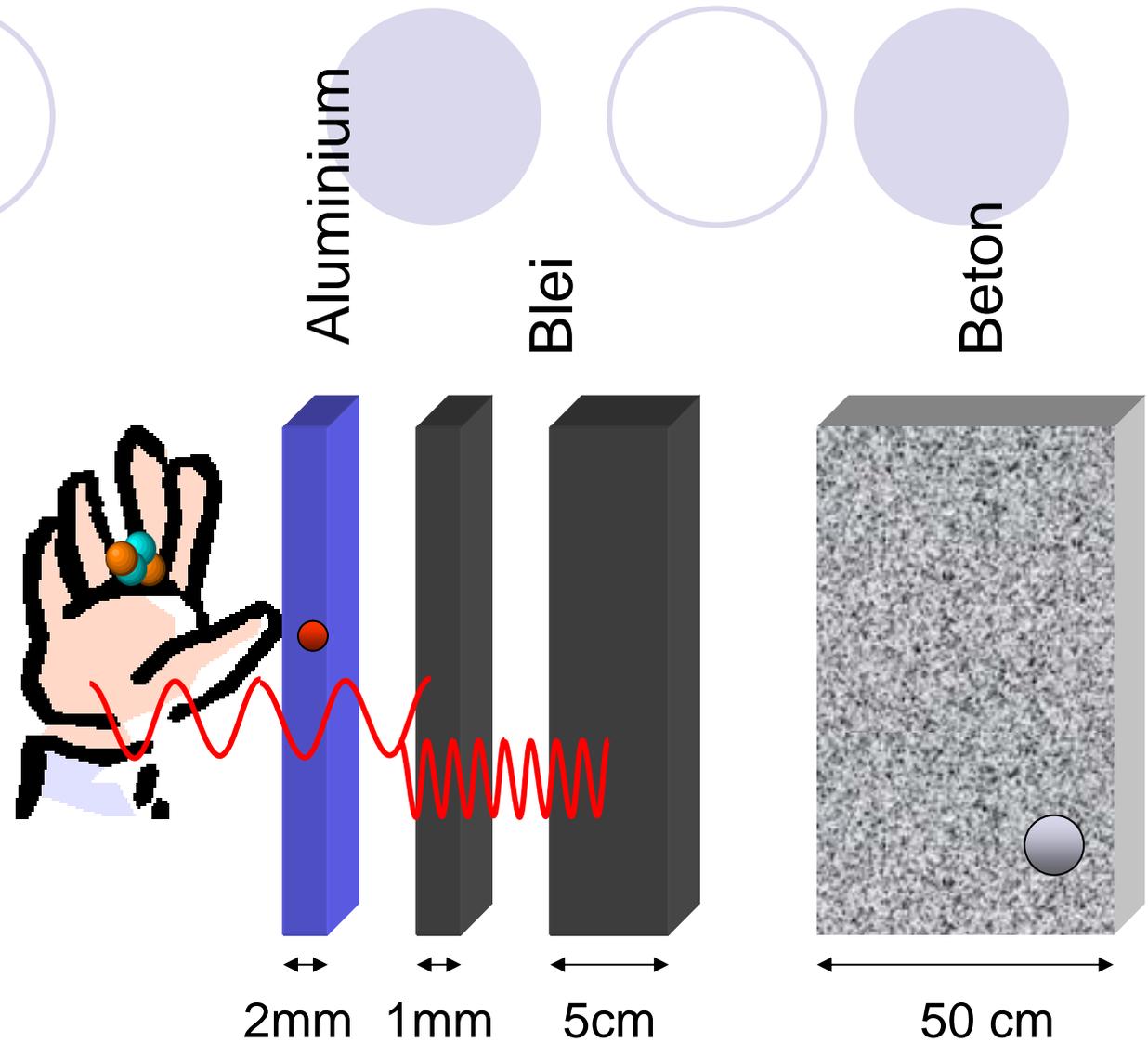
Abstand so
groß wie
möglich!



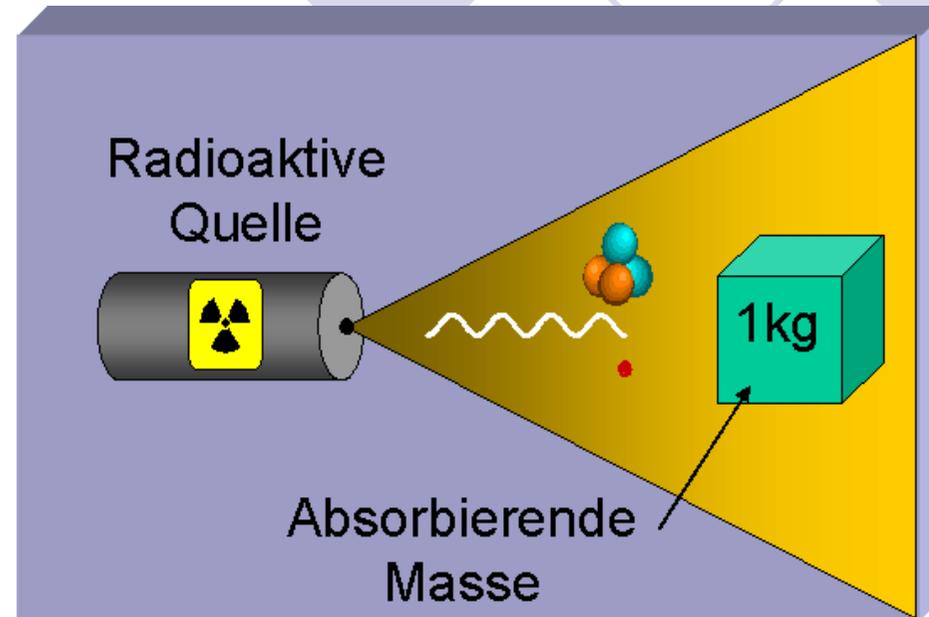
$$\text{Dosis} \sim 1/R^2$$

Geeignete
Abschirmung
für verschiedene
Strahlenarten!

Alpha
Beta
Röntgen
Gamma
Neutronen

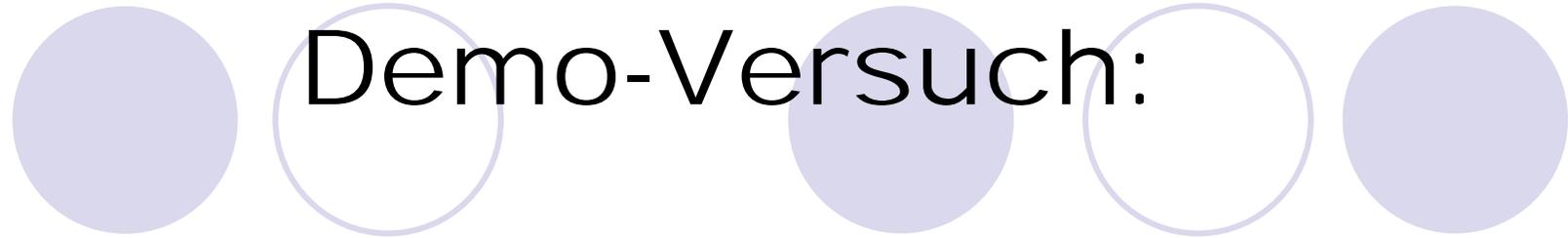


Aufenthalts-
dauer so kurz
wie möglich!



$$\text{Dosis} = \text{Dosisleistung} * \text{Zeit}$$

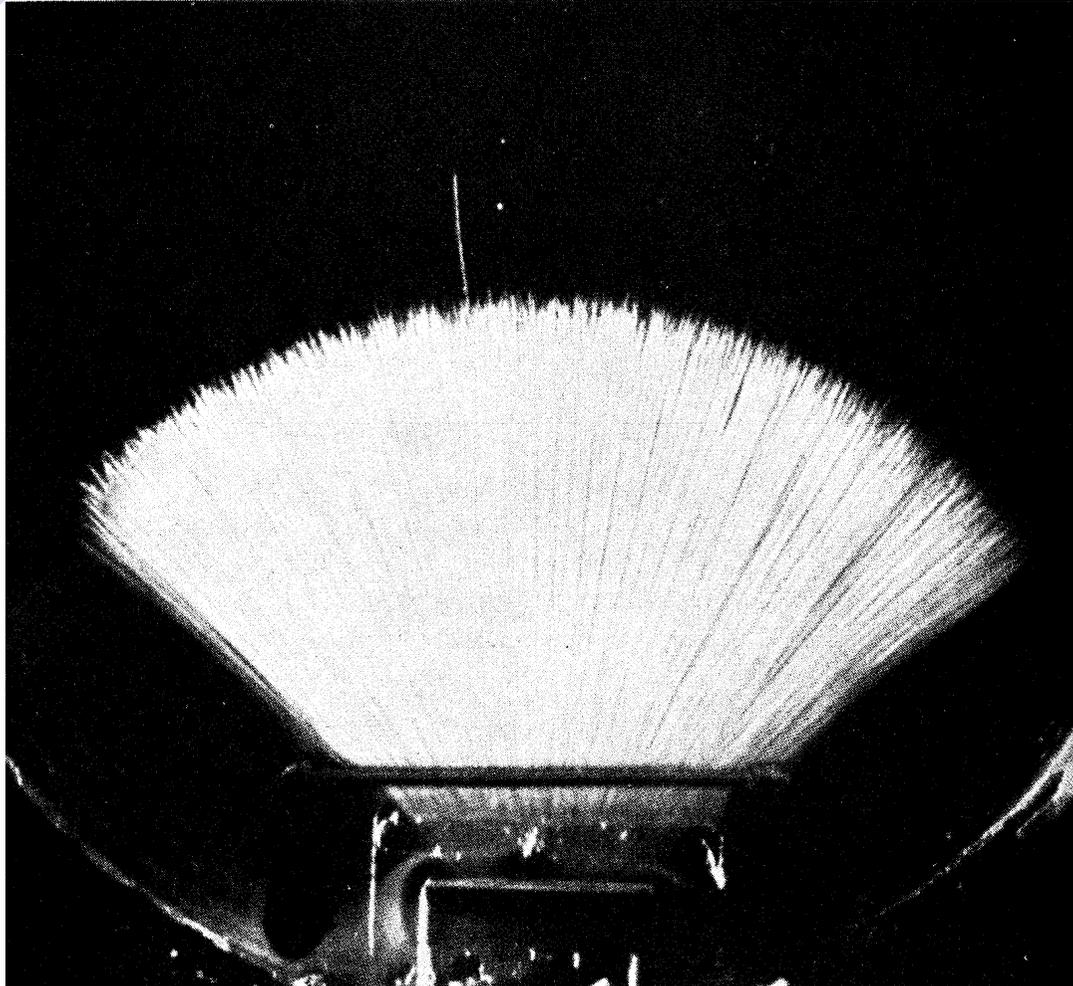




Demo-Versuch:

„Radioaktiver Zerfall eines
kurzlebigen Isotops“

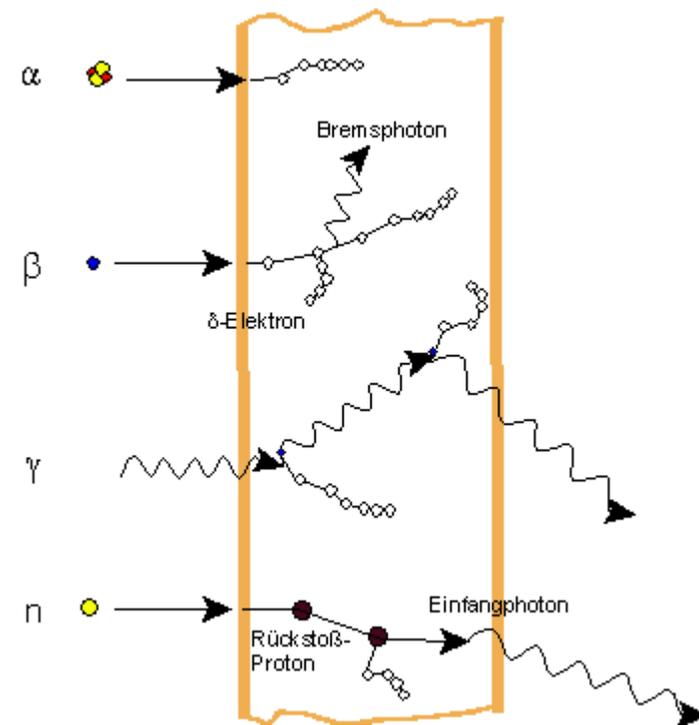
1. Grundlagen



Emission von ionisierender Strahlung

Bei Kernreaktionen werden die folgenden Teilchen emittiert:

- α - Teilchen = He - Kerne
- β^- - Elektronen = negativ geladene Teilchen
- β^+ - Positronen = positiv geladene Teilchen
- γ - hochenergetische elektromagnetische Wellen
- n - Neutronen (nur bei Kernspaltung)
- p - Protonen (nur bei künstlicher Kernreaktion)



Radioaktiver Zerfall von Kernen - ein statistisches Ereignis

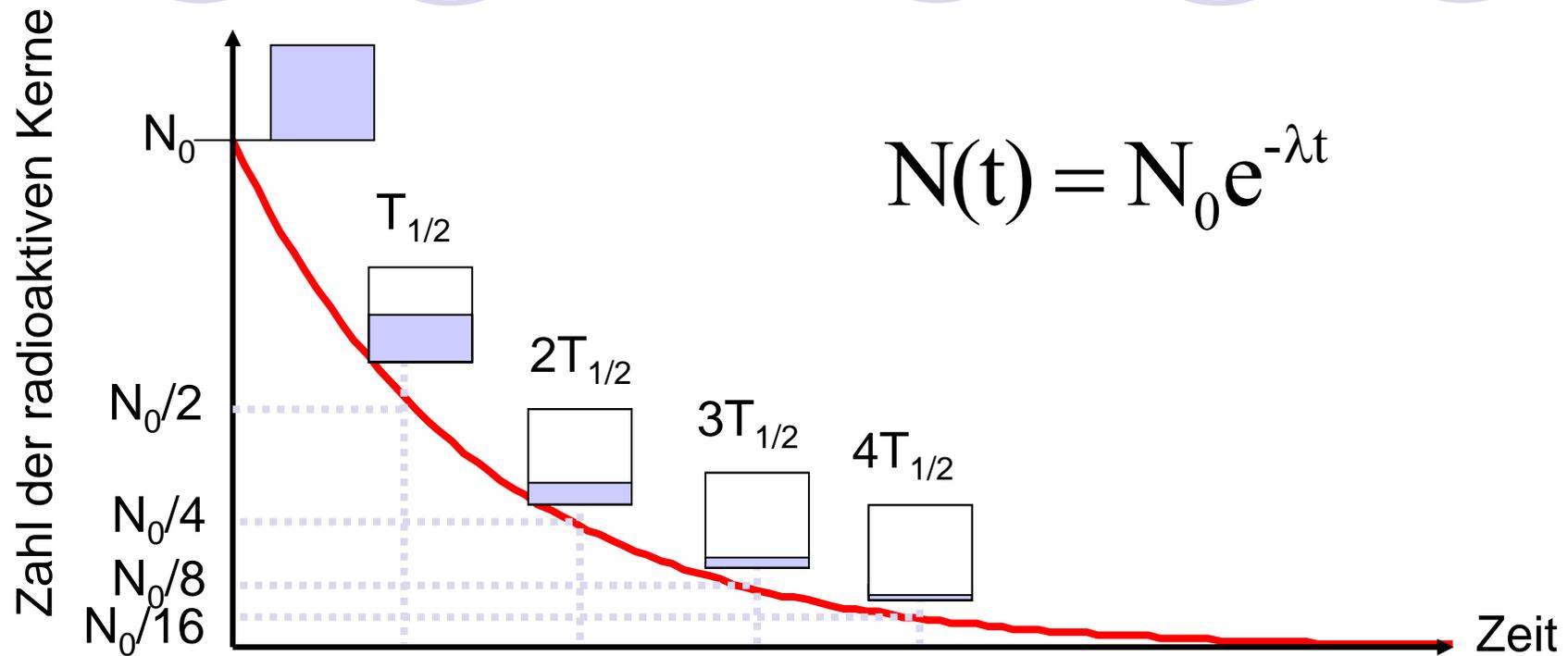
- $\mathbf{N(t)}$ = Zahl der radioaktiven Kerne zur Zeit t
- $\Delta\mathbf{N}$ = Zahl der Zerfälle in einem Zeitintervall Δt
- $\mathbf{N(t)} - \Delta\mathbf{N}$ = Zahl der nach Δt verbliebenen aktiven Kerne
- Ansatz: Zahl der Zerfälle im Zeitintervall Δt ist

$$\Delta\mathbf{N} \sim - \mathbf{N(t)} \Delta t$$

- Einführen einer Proportionalitätskonstanten (Zerfallskonstante) λ : $\Delta\mathbf{N} = - \lambda \mathbf{N(t)} \Delta t$
- Integration liefert das **Zerfallsgesetz** \rightarrow

$$\mathbf{N(t)} = \mathbf{N}_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Zerfallsgesetz und Halbwertszeit



Halbwertszeit:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

λ = Zerfallskonstante

Zusammenhang zwischen Zerfallskonstante λ und Halbwertszeit $T_{1/2}$

$$\frac{1}{2} \cdot N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}}$$

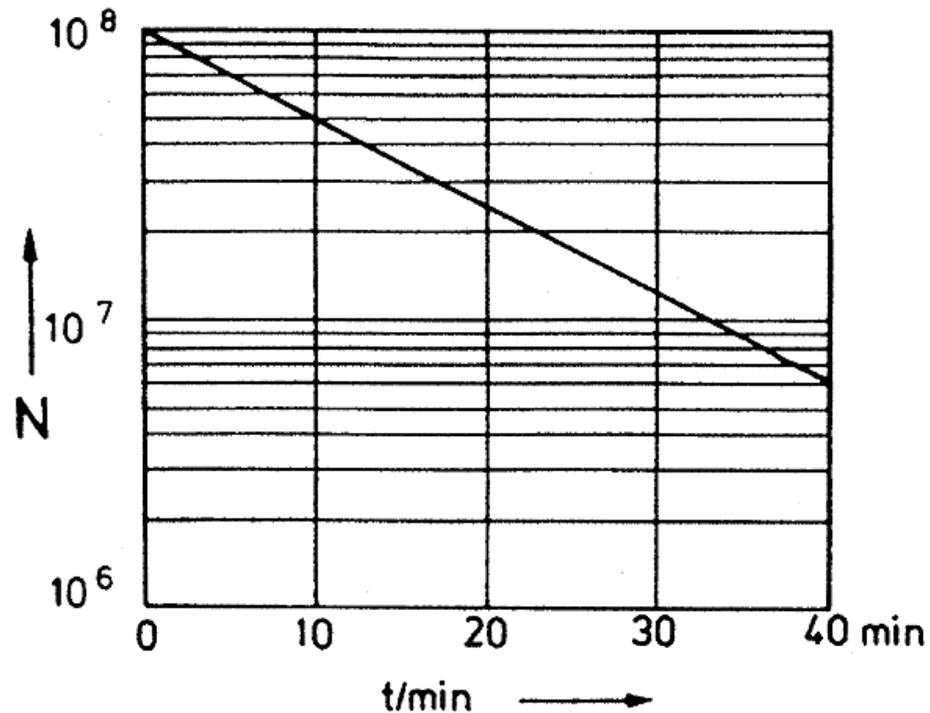
$$\Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\Rightarrow \ln 1 - \ln 2 = -\lambda \cdot T_{1/2}$$

$$\Rightarrow \ln 2 = \lambda \cdot T_{1/2}$$

$$\Rightarrow T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

Logarithmische Darstellung des radioaktiven Zerfalls



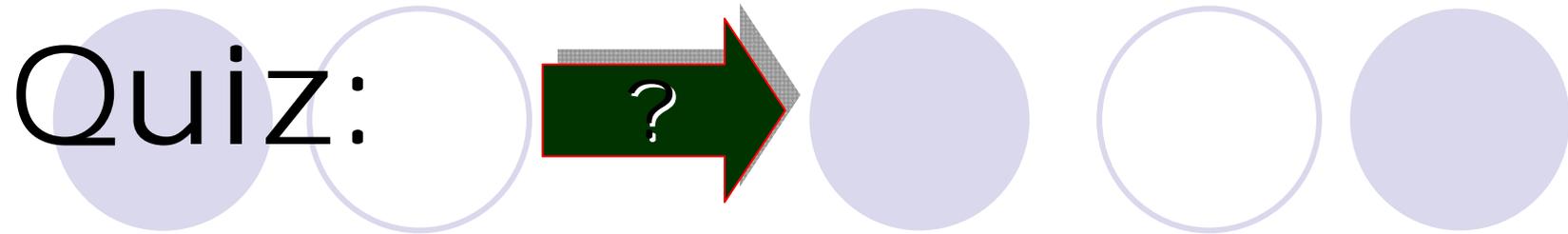
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow$$

$$\log N(t) = -\lambda \cdot t \cdot \log e + \log N_0$$

$$\log N(t) = -\lambda \cdot 0,43 \cdot t + \log N_0$$

$$y = m \cdot t + b$$

Logarithmische Darstellung liefert einen linearen Zusammenhang zwischen $N(t)$ und t mit negativer Steigung!

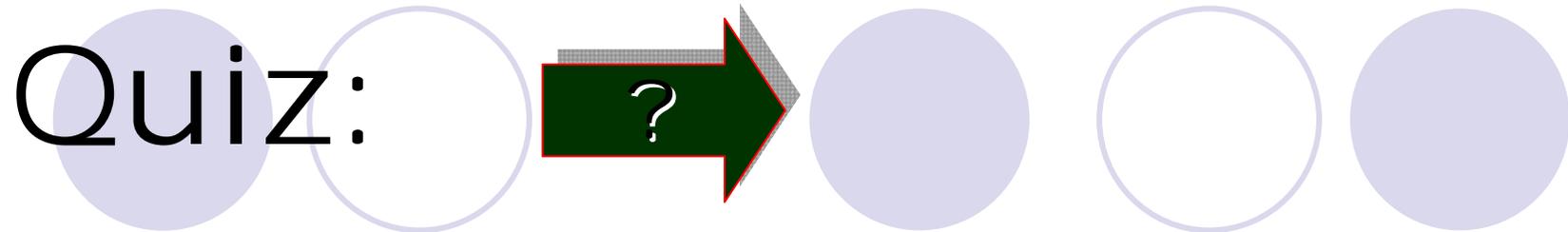


Eine radioaktive Substanz hat eine Halbwertszeit von 6 Tagen. Wie viel davon ist nach 12 Tagen zerfallen?

- A alles
- B 50 Prozent
- C 25 Prozent
- D 12,5 Prozent
- E Keine der Aussagen (A) - (D) trifft zu.

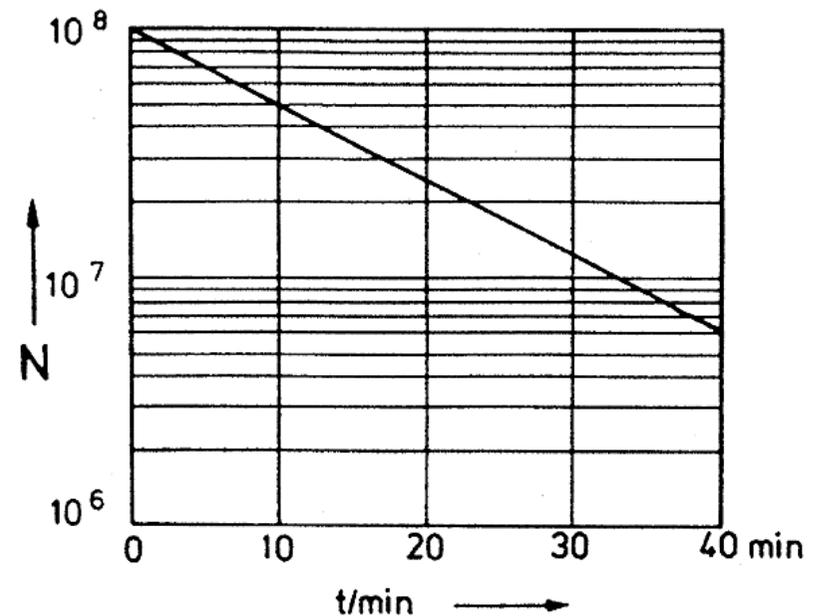
Antwort E ist richtig! Zerfallen sind 75%

Quiz:



Im dargestellten Diagramm ist die Anzahl N der noch nicht zerfallenen Atomkerne eines radioaktiven Präparates logarithmisch gegen die Zeit t aufgetragen. Wie groß ist etwa die Halbwertszeit?

- A etwa 5 Minuten
- B etwa 10 Minuten
- C etwa 20 Minuten
- D etwa 30 Minuten
- E größer als 30 Minuten



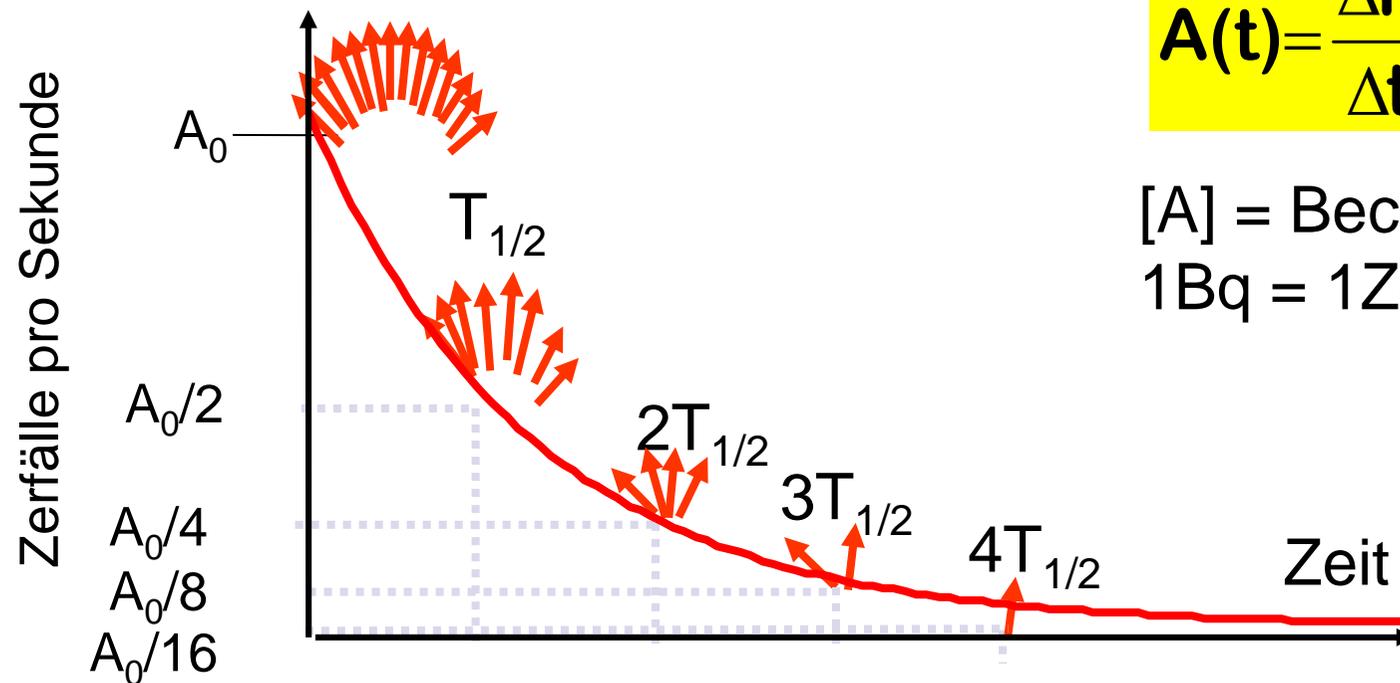
Antwort B ist richtig!

Aktivität des radioaktiven Zerfalls

Die Zahl der radioaktiven Kerne ist häufig unbekannt. Messen kann man nur die Zahl der Zerfälle pro Zeiteinheit. Daher wird die Aktivität definiert als Anzahl der Zerfälle pro Sekunde:

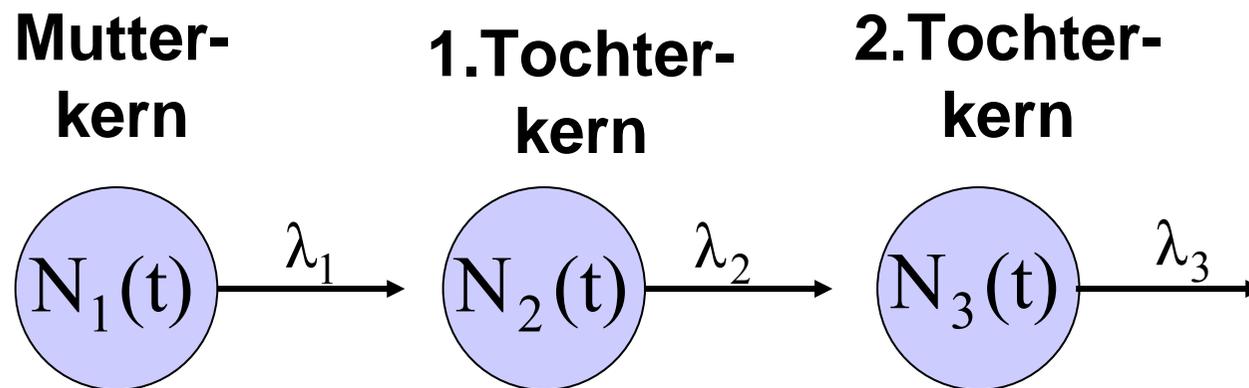
$$A(t) = \frac{\Delta N}{\Delta t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

[A] = Becquerel (Bq),
1 Bq = 1 Zerfall/s



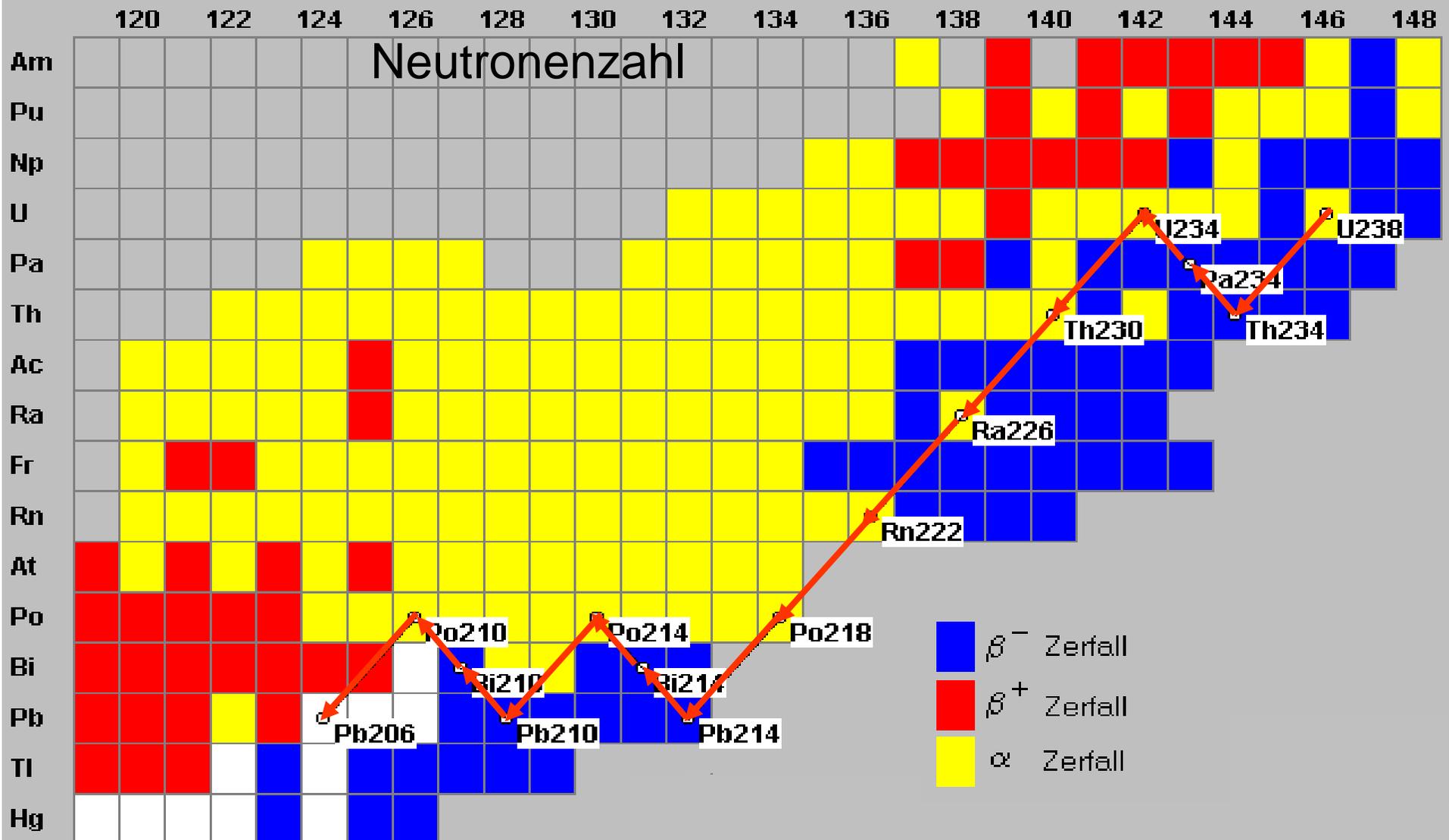
Zerfallsreihen

In Zerfallsreihen hängt die Aktivität der Tochterkerne von den Erzeugungsraten der Mutterkerne ab:



Solange N_1 nicht zerfallen ist, kann N_2 nicht zerfallen, usw.

Zerfall von U-238

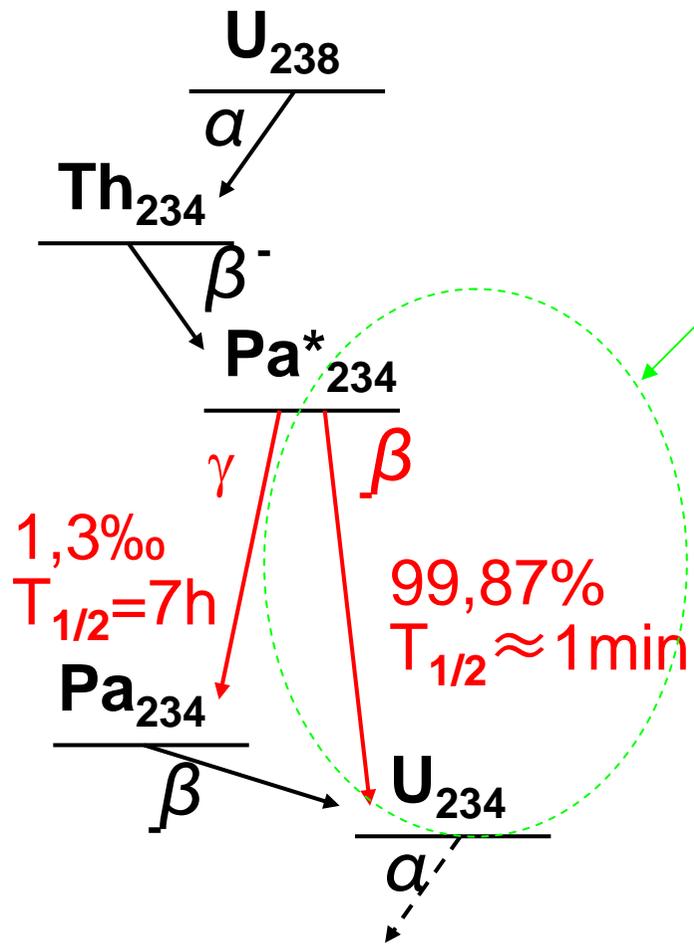


2. Versuchsdurchführung

Messung an so genannter „Schüttelquelle“:

- Behälter mit wässriger Lösung $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ (Uranylнитrat = saure Uransalzlösung)
- Wir verwenden abgereichertes Uran, dem das Isotop U-235 entzogen wurde.
- Das verbleibende Isotop U-238 zerfällt nach folgendem Schema...

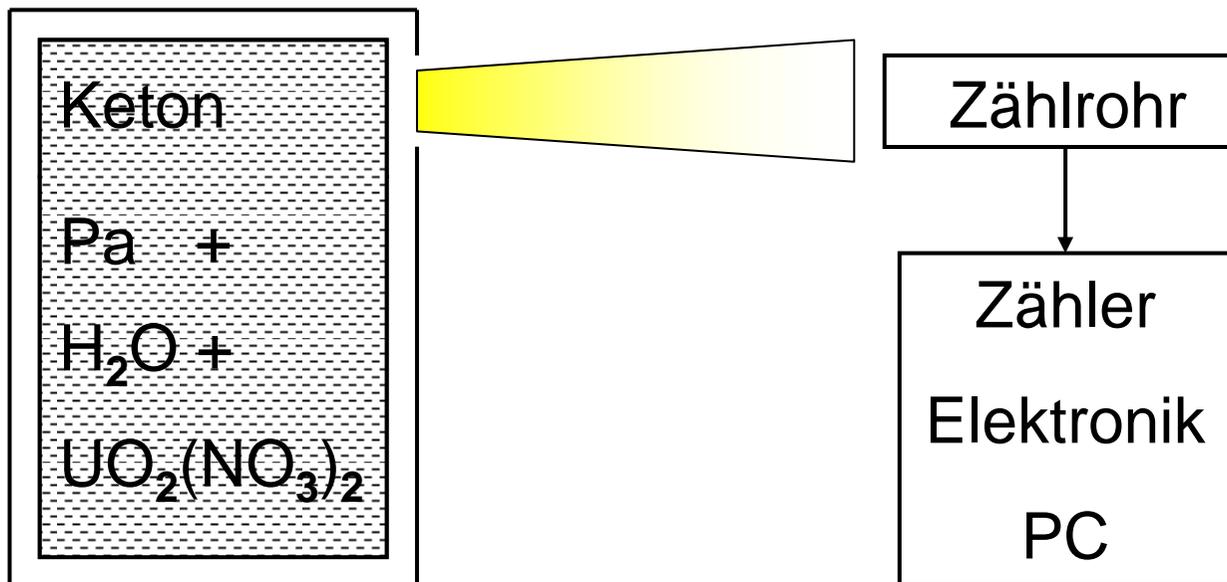
Zerfall des U-238



Wir beobachten diesen Zerfall !

Chemischer Trick

- Um den Zerfall des Protactiniums (Pa) beobachten zu können, muss das Uran vom Pa getrennt werden.





- Zählelektronik misst jeweils 12 s (dies ist die sog. Torzeit)
- Messprogramm ermittelt aus Impulsen die Impulsrate:

$$R = \frac{N}{\Delta t} \quad R \approx A$$

- Nulleffektmessung ca. 200 s
- gesamte Messzeit ca. 600 s
- Tabelle erstellen:

t / s	R / s ⁻¹

Nulleffekt $R_0 = ?$

Aufgabenstellung zum Seminar

„Radioaktiver Zerfall einer kurzlebigen Quelle“

1. Mitschrift der Vorlesung bzw. des Seminars.
2. Korrektur des Nulleffekt in gemessener Zerfallskurve.
3. Datenpunkte der Zerfallskurve in halblogarithmisches Koordinatensystem darstellen.
4. Bestimmung der Zerfallskonstanten und der Halbwertszeit des Präparates (aus Steigung der Ausgleichsgeraden).
5. Vergleich mit Literaturwert $T_{1/2}(\text{Pa}) = 1,175 \text{ min}$.
6. Diskussion (Erfolge, Fehler und Unzulänglichkeiten).
7. **Wichtig:** Mitschrift u. Auswertung am 1. Versuchstag jeweiligem Betreuer vorlegen!

Zusatz für Physiker: vollst. Fehlerrechnung/Fehleranalyse