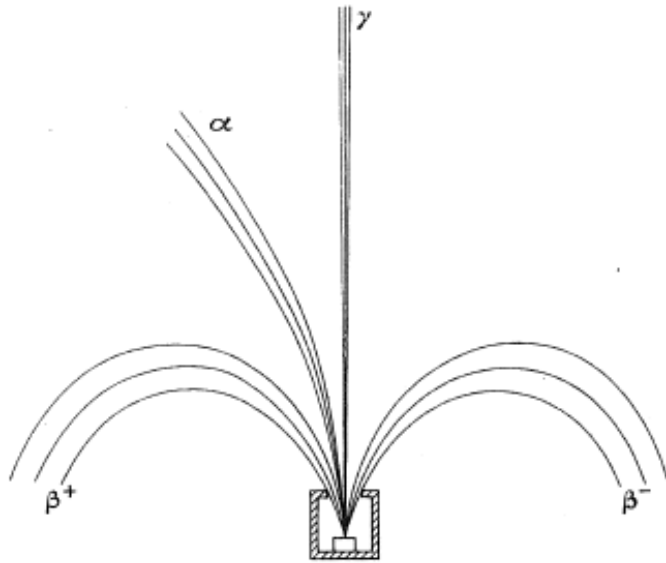


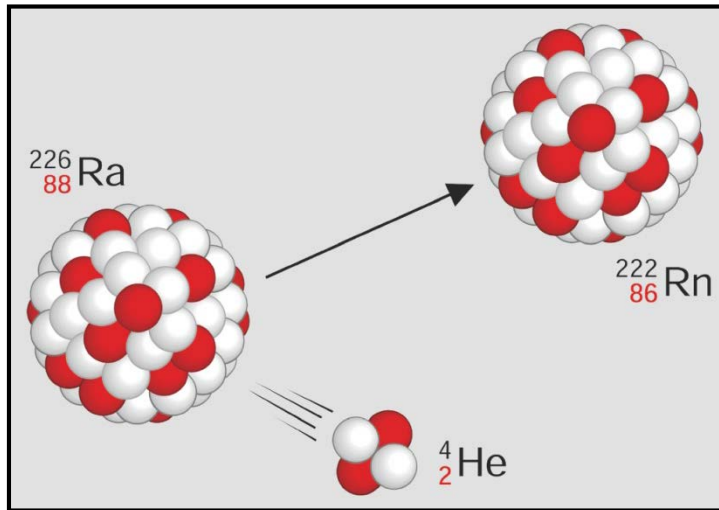


α - Zerfall

Saskia Leidich

- Erste nachgewiesene Form von Radioaktivität
- 1896 Antoine Henri Becquerel entdeckte Schwärzung von Fotoplatten
- 1898 Isolation von Uran-Zerfallsprodukten durch Pierre und Marie Currie
- 1898 Nachweis der Unterscheidbarkeit der Strahlungen mittels Eindringungsvermögen durch Ernest Rutherford

- 1908 Klärung der Identität der Alphateilchen als Heliumkern durch Rutherford, 1911 Verwendung der Alphastrahlung für Streuexperimente
- 1913 Aufstellen der Verschiebungssätze durch Fajans und Soddy
- 1919 Beobachtung der ersten künstlichen Kernumwandlung durch Rutherford: $({}^{14}_7N + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{17}_8O + {}^1_1p)$
- 1928 theoretische Erklärung des Zerfalls durch Gamow

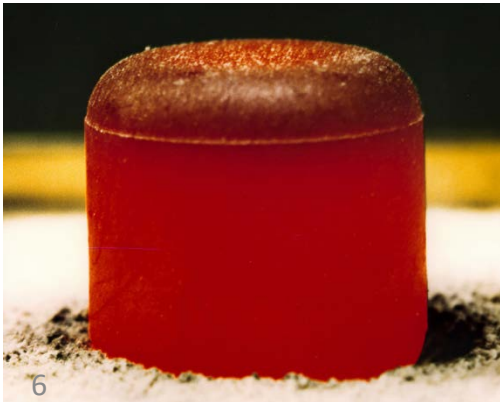


- $^A_Z X_N \rightarrow ^{A-4}_{Z-2} Y_{N-2} + ^4_2 \text{He}_2 + \Delta E$
- > Ordnungszahl 83 (Bismuth)
- Wurde früher als „Medizin“ und im üblichen Hausgebrauch eingesetzt (Zahncreme, Haartinktur, Zigaretten, Schokolade, Wasser)

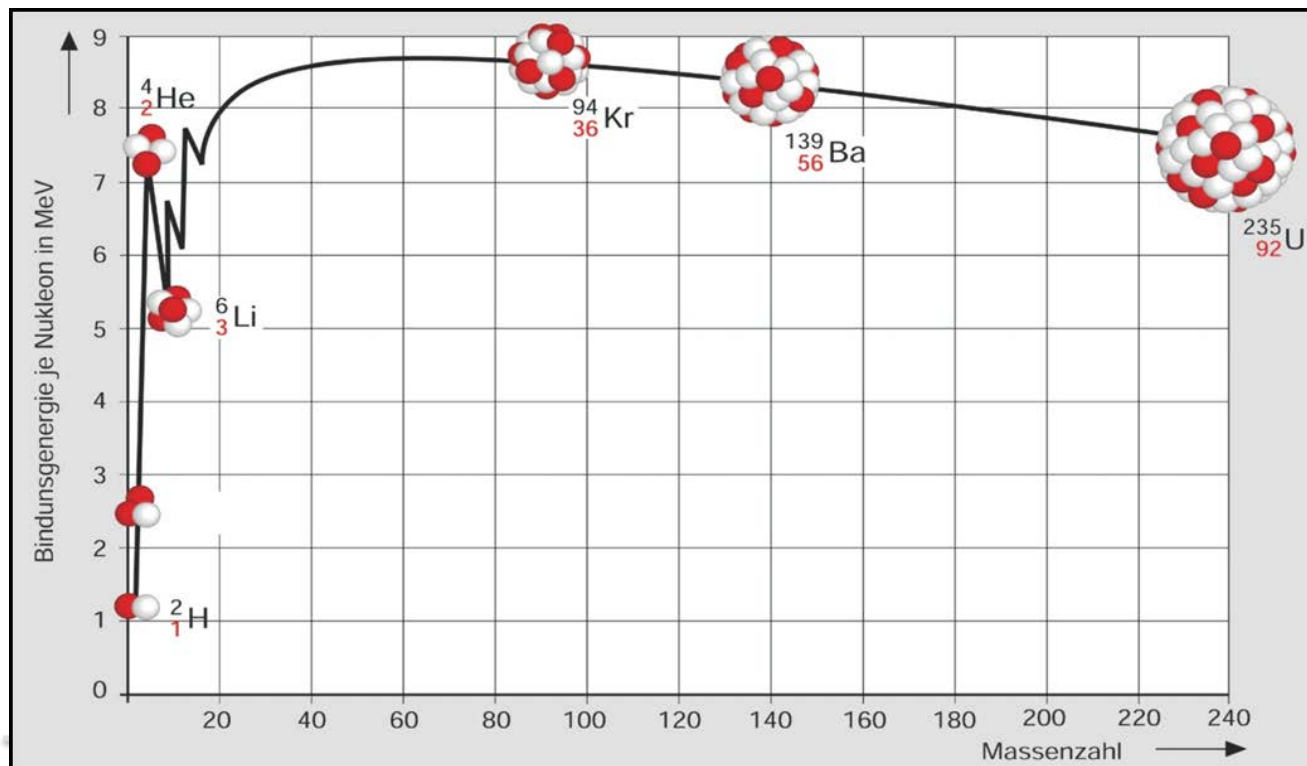


- Von außen auf den menschlichen Körper relativ ungefährlich
- Einatmen und Aufnahme durch Nahrung (Inkorporation) sehr schädlich
→ Anreicherung in den Organen führt zu einer hohen Strahlendosis auf kleinem Raum
- Im Gegensatz zu anderen Strahlenarten 20-fache Schadenswirkung
- Jedoch Verwendung von Alphastrahlern in (Radon-)Heilbädern
→ Heilung wird angenommen bei Erkrankungen des Bewegungsapparates, der Atemwege und der Haut

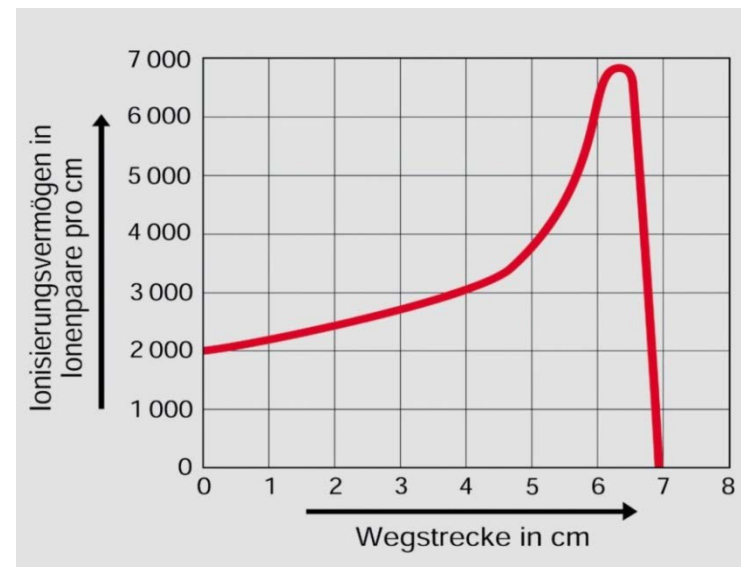
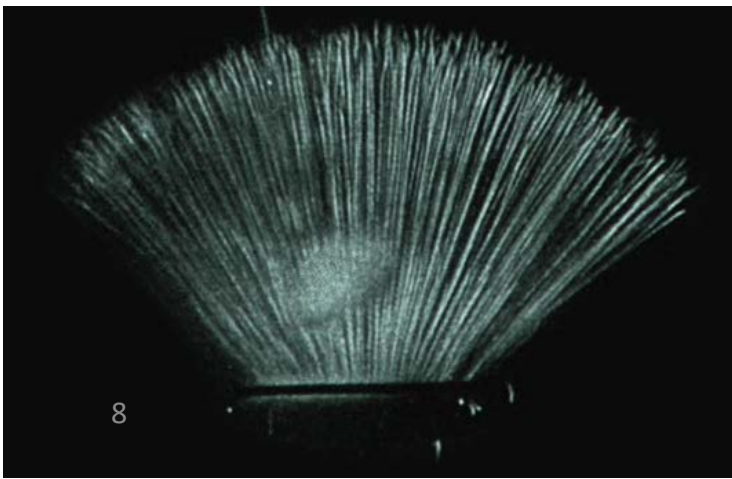
- Rauchmelder
 - Ionisationsrauchmelder, Messung der Leitfähigkeit der durch Alphastrahlung (^{226}Ra , ^{241}Am) ionisierten Luft → Herabsetzen dieser durch Rauchpartikel
- Radionuklidbatterien
 - Die von α -Strahlern abgegebene Wärme wird zur Energiegewinnung verwendet
 - Gebrauch bei Rover Curiosity, da Sonnenstrahlung zu knapp ist bzw. eine Wetterabhängigkeit besteht
 - 4,8 kg $^{238}\text{PuO}_2$ wurden beladen



- Im Gegensatz zu β -Teilchen („Kontinuum“) besitzen α -Teilchen eine diskrete Energie
- α -Cluster besonders stabil



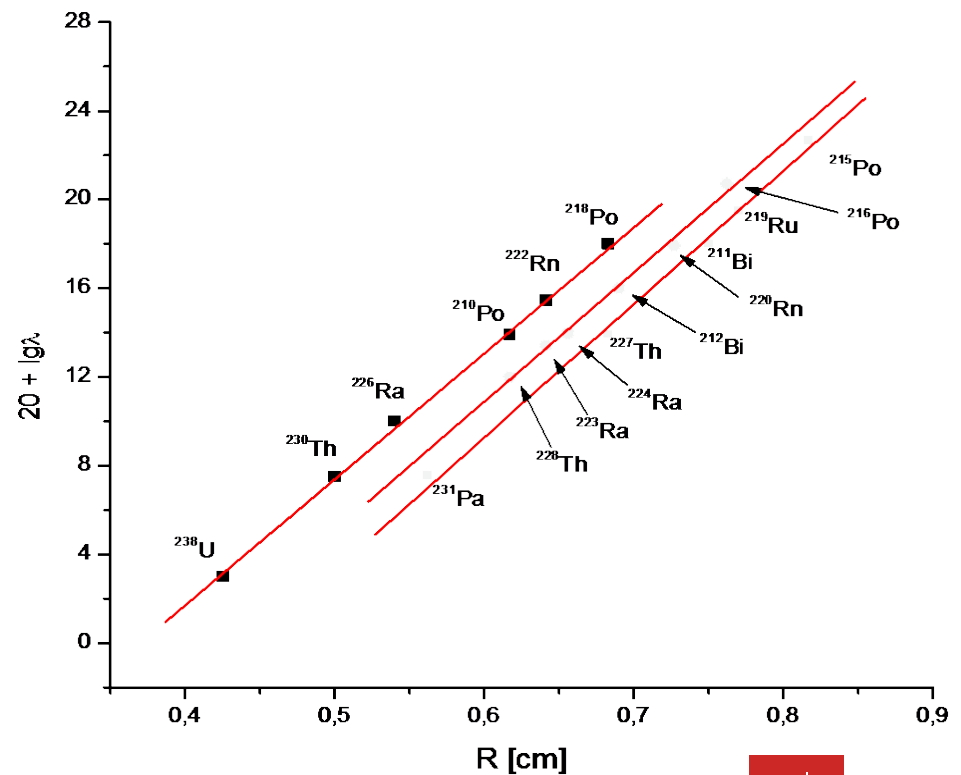
- Leichte Absorption durch Wechselwirkung mit Materie → Reichweite in Luft beträgt wenige cm
- Verlust der Energie durch Ionisierungsvorgänge entlang des Weges
- Maß für die Wechselwirkung ist die spezifische Ionisation (Anzahl Ionenpaare pro mm Wegstrecke)
- Ein α -Teilchen mit einer Anfangsenergie von 3,5 MeV produziert während seines Weges ca. 10^5 Ionenpaare

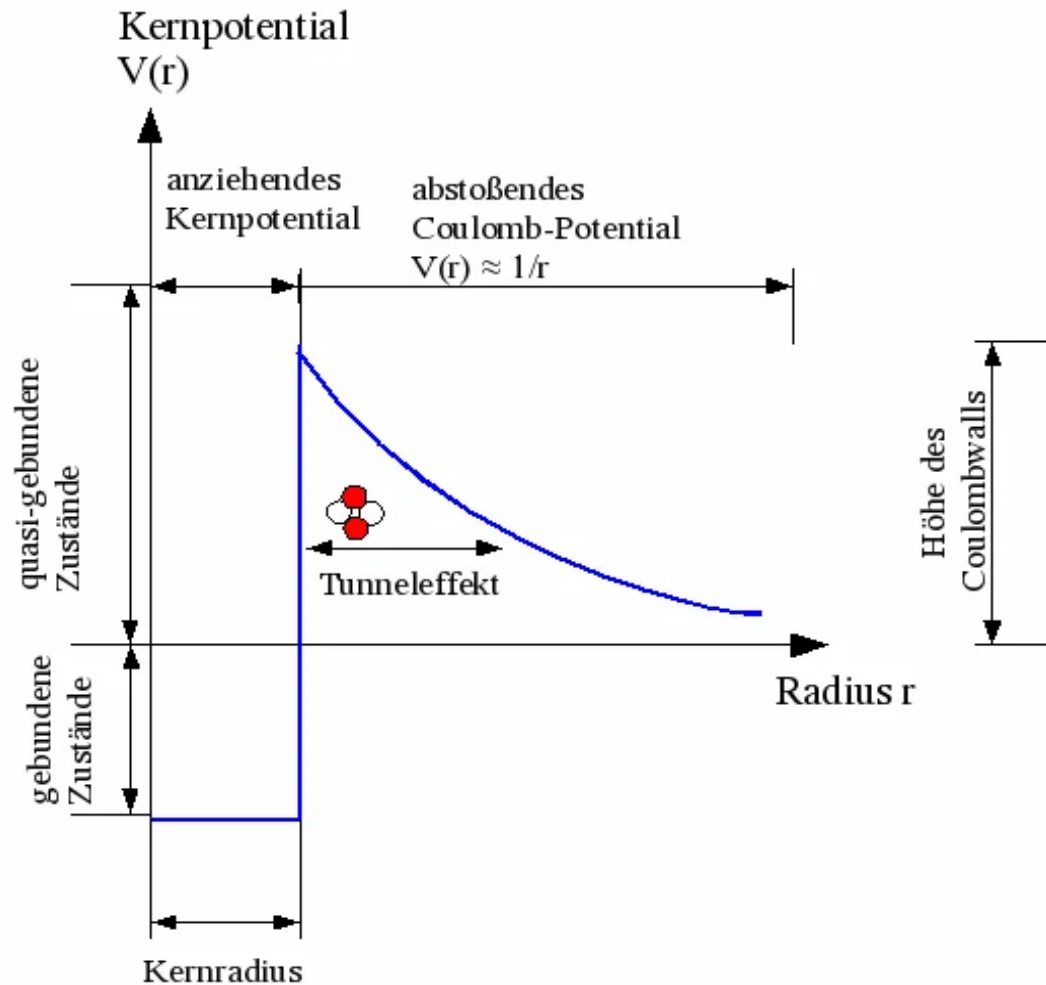


- Beschreibt Zusammenhang zwischen Reichweite R und Zerfallskonstante λ

$$\log \lambda = a \log R + b$$

- Kurzlebige Nuklide emittieren hochenergetische α -Teilchen mit hoher Reichweite
- a und b sind als konstant anzusehen
- die jeweiligen Geraden verlaufen parallel





- Überschreiten des Coulombwalls (ca. 9 MeV)
- Wissen über Wellenmechanik bringt die Theorie des Durchtunnels des Walls
- Aufgestellt durch Gamow und Condon & Gurney

- Zusammenhang mit der Zerfallskonstante : $\lambda_\alpha = P \cdot f$
- Beeinflusst durch Durchlässigkeit P der Potentialschwelle:

$$P = \exp \left[\frac{2\sqrt{2m_\alpha}}{\hbar} \int \underbrace{\sqrt{V(r) - E_\alpha}}_{\text{untertunnelte Fläche + Energie des Heliumkerns}} dr \right]$$

untertunnelte Fläche + Energie des Heliumkerns

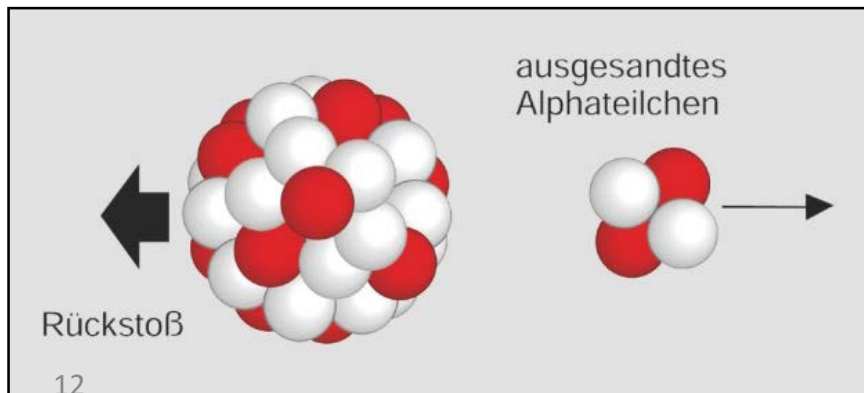
- Und der Anklopfrequenz f des α -Teilchens : $f = \frac{v_\alpha}{2R}$

- Das α -Teilchen besitzt eine diskrete Energie E_α
- Gesamtenergie des α -Zerfalls:

$$\Delta E = E_\alpha + E_k = \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 + \frac{1}{2} m_K v_K^2$$

ΔE = freiwerdende Energie; E_k = Rückstoßenergie

- Generell kurze Reichweite, jedoch können chemische Bindungen gebrochen werden



- Früher: Ausnutzen der Beziehung zwischen mittleren Reichweite der α -Teilchen in Luft und ihrer Energie ($\rightarrow R = 0,318 E^{3/2}$)
- Heute:

Halbleiterdetektoren

- Proportionalität zwischen Impuls und Energie des Alphateilchens

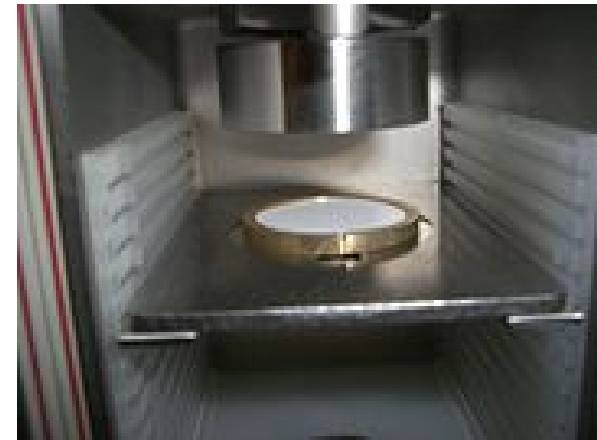
Magnetische Spektrographen

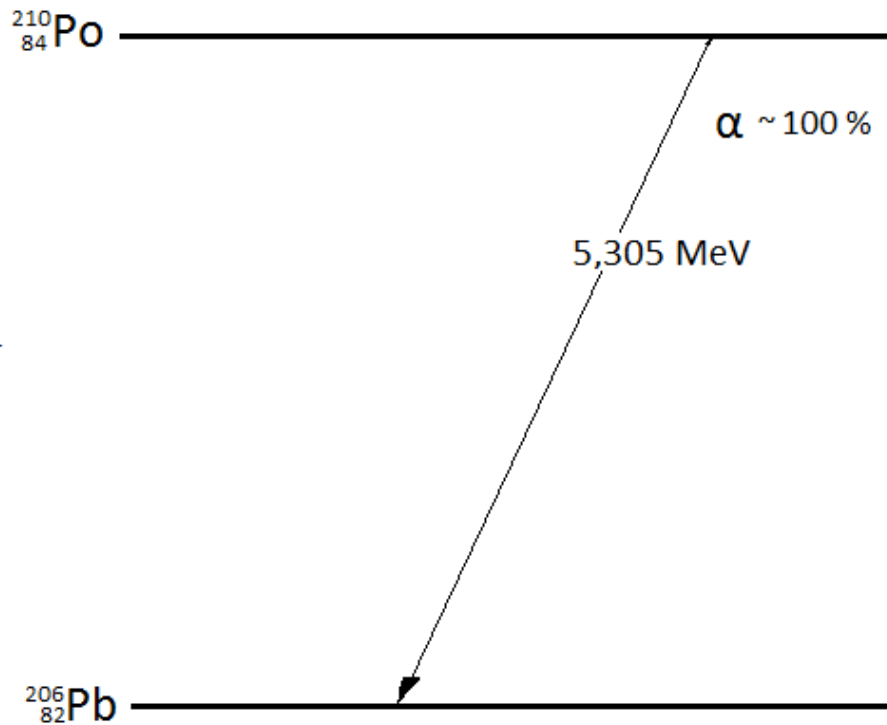
- Kreisbahn geladener Teilchen innerhalb eines magnetischen Feldes

- $$v = Br \frac{Ze}{m} \quad \rightarrow \quad E = \frac{m}{2} v^2 = \frac{2e^2}{m} B^2 r^2$$

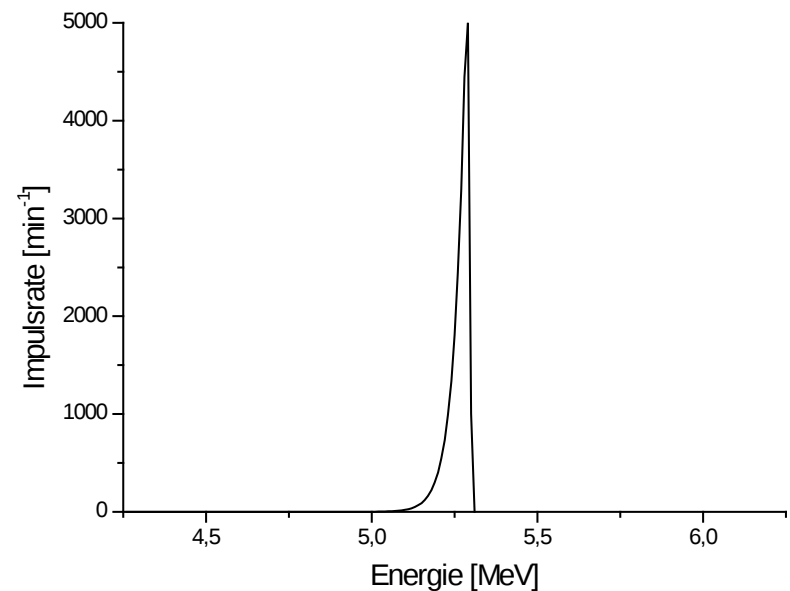
Ionisationskammer, Proportionalzähler, Szintillationszähler

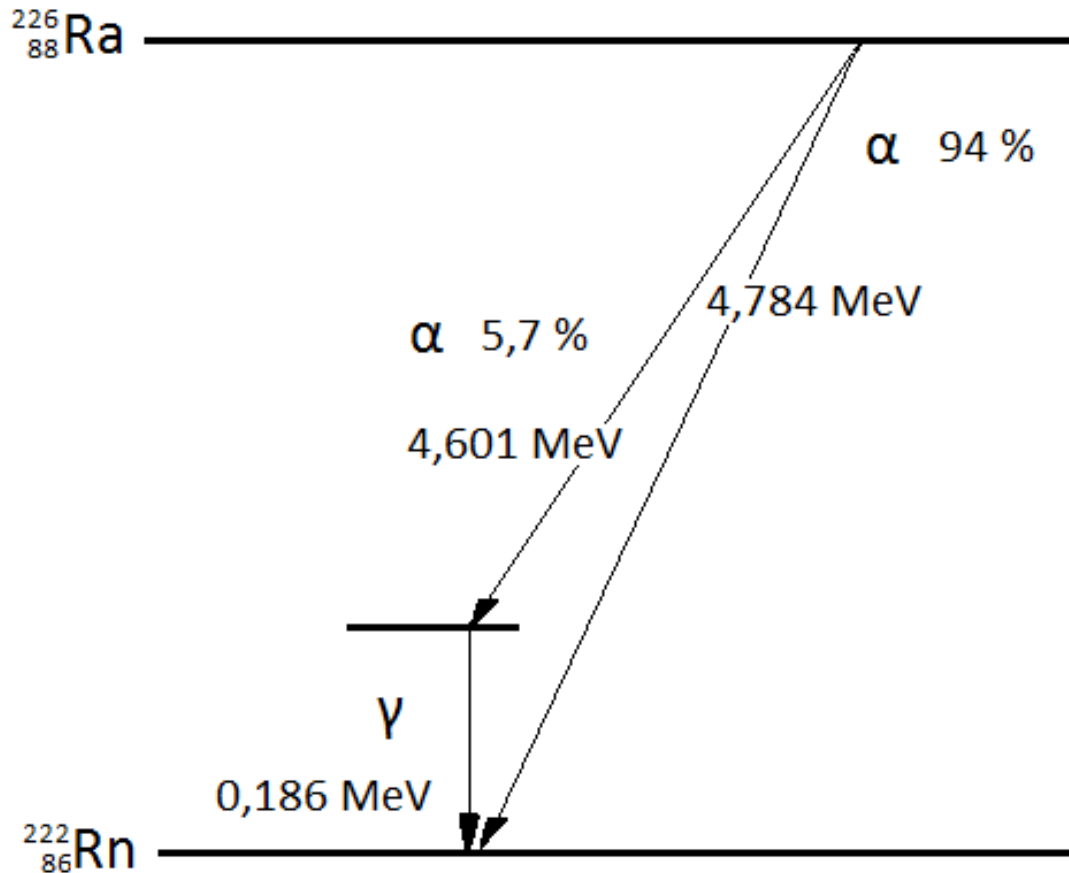
- Generelle Probleme sind:
 - Absorption innerhalb der Probe
→ Feststoffe in dünnen Schichten in das Gerät bringen (wenige $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
 - Absorption zwischen Präparat und Detektor
→ Vakuum im Zwischenraum





- Nur eine Energie beobachtbar, somit nur eine Linie beobachtbar
- Grundzustandszerfall in stabiles Produkt

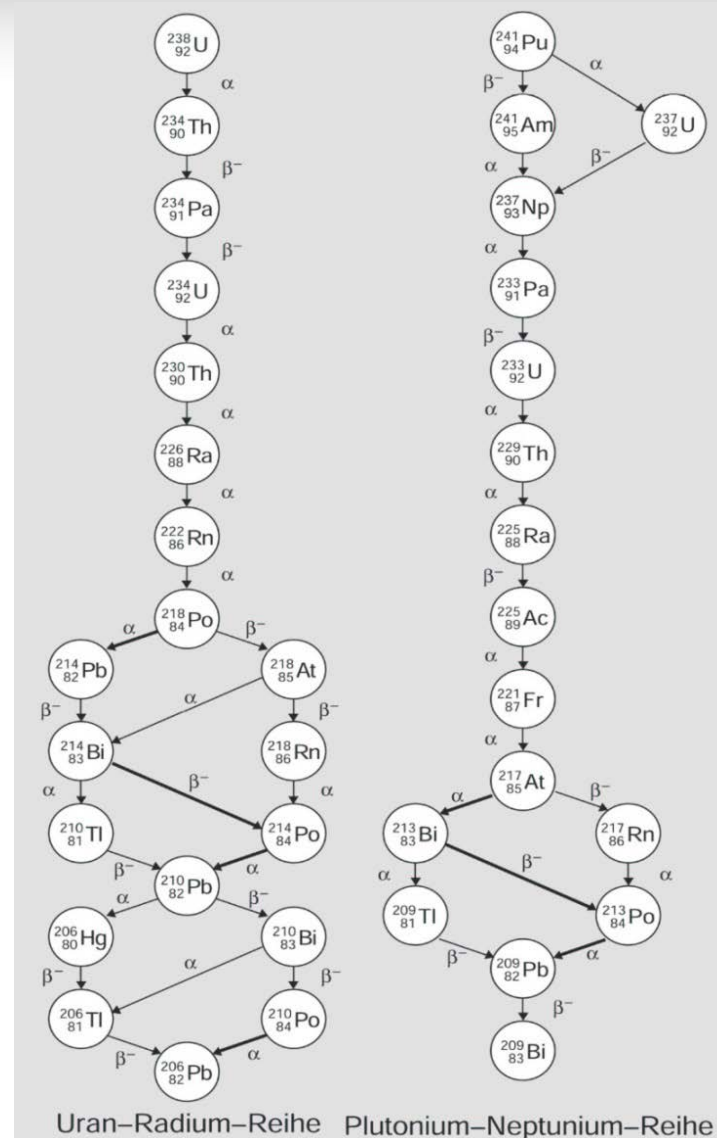
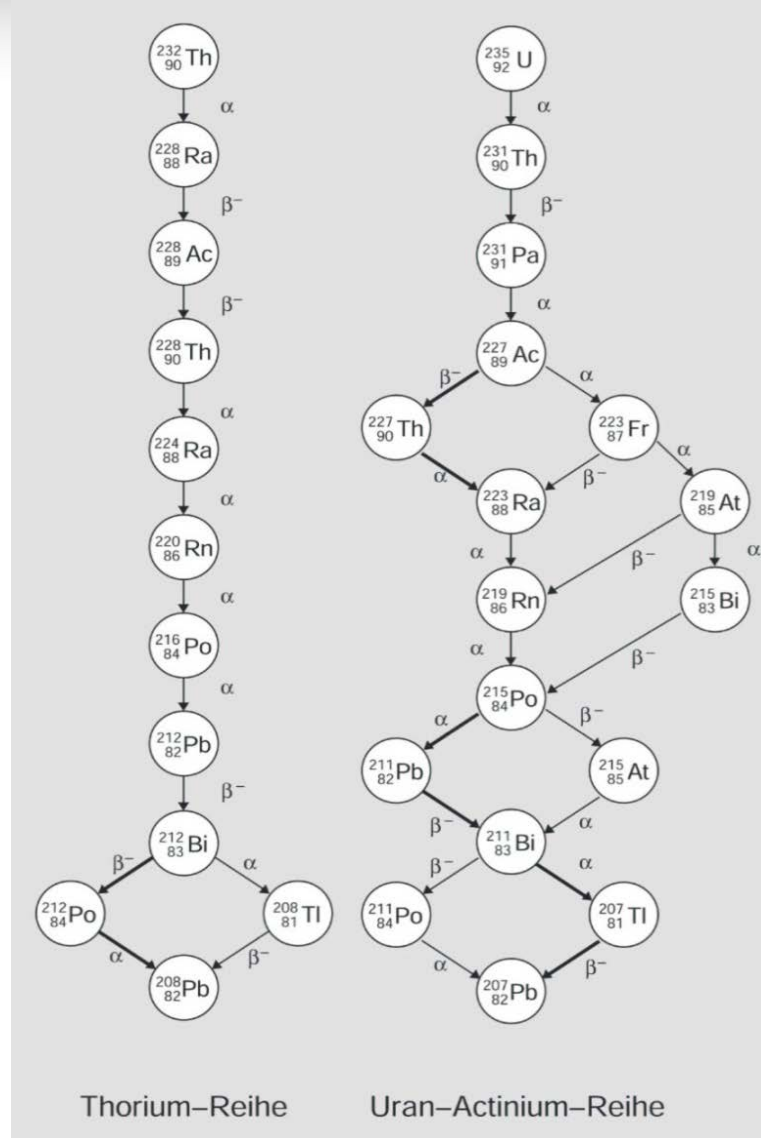




Zwei Möglichkeiten

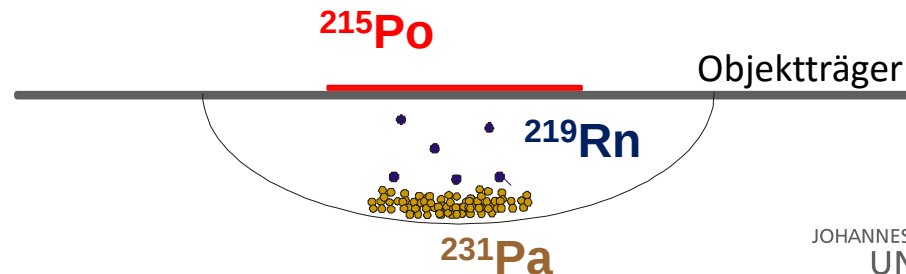
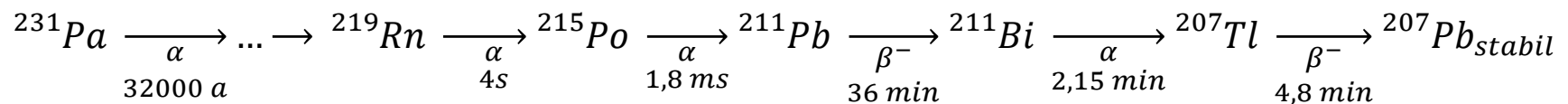
- Zerfall direkt in den Grundzustand
- Zerfall in angeregten Zustand mit anschließendem γ -Zerfall

KC 1 - Praktikum – natürliche Zerfallsreihen



Zerfallsreihe	Massenzahl	Mutterkern	$t_{1/2} / a$	Produkte
Thorium	$4n$	^{232}Th	$1,40 \cdot 10^{10}$	^{208}Pb
Neptunium	$4n + 1$	^{237}Np	$2,14 \cdot 10^6$	^{209}Bi
Uran-Radium	$4n + 2$	^{238}U	$4,47 \cdot 10^9$	^{206}Pb
Uran-Actinium	$4n + 3$	^{235}U	$7,04 \cdot 10^8$	^{207}Pb

- Die Auftrennung innerhalb der natürlichen Zerfallsreihen
 - Ist sehr schwierig, da nur kleine Substanzmengen vorhanden
 - Muss durch radiochemische Methoden gelingen
- Gutes Emaniervermögen, Prozentsatz der herausdiffundierten Menge Edelgas zu der in der Substanz gebildeten Gesamtmenge
 - Dieses hängt von der Struktur, HWZ, Temperatur und $E_{\text{Rückstoß}}$ ab



1. Nachbildung von ^{211}Bi aus ^{211}Pb (α -Messung)

In zwei BG ansetzen:

- 1.) 2 mg Pb^{2+} -Träger und aktive Lösung (steht im RG aus)
- 2.) 2 mg Pb^{2+} -Träger + 10 ml Wasser + 1 ml 2 N H_2SO_4 .

Bei RT Bleisulfat fällen. Sobald der Niederschlag deutlich sichtbar ist, Inhalte der beiden BG vereinigen. **Ab jetzt zügig arbeiten.** Nach ca. 10 s Mischen, über MF absaugen, feucht auf einen abgeklebten Präparateträger kleben und am Proportionalzähler 100 x 30 s messen. Auswertung: Die HWZen beider Komponenten bestimmen.

2. Nachbildung von ^{207}Tl aus ^{211}Bi

Aktivität (wie in Versuch 1) + 2 mg Pb^{2+} -Träger + 5 ml Wasser im 100 ml BG (wegen Siedeverzug!) erhitzen. In der Siedehitze **rundes** Ni-Blech **höchstens** 2 min lang in der Lösung bewegen. ^{211}Bi scheidet sich durch Redoxreaktion auf dem Ni ab. Blech mit wenig 0,1 N HCl und Wasser spülen, auf abgeklebtem Präparateträger mit Tesa fixieren und im GMZ messen: 30 x 30 s, 20x60 s, 5 min Pause, 2 x 300 s (Untergrund). Auswertung: Sinnvolle UG-Korrektur (langlebiges Pb extrapolieren); HWZen beider Komponenten bestimmen.

3. Eichmessung am OSZ

Zwei Standardpräparate, ^{148}Gd ($E_\alpha = 3,183 \text{ MeV}$) und ^{241}Am ($E_\alpha = 5,486 \text{ MeV}$) gleichzeitig unter den Detektor bringen und 5 min messen. **Auswertung:** Peakmaxima bestimmen und gegen die Energie auftragen $\rightarrow$ Kanal-Energieeichung.

4. Zerfall von ^{211}Bi : α -Messung am OSZ

^{211}Bi wie in Versuch 2 auf Ni-Blech abscheiden. Blech **unbedeckt** auf einem abgeklebten Präparateträger möglichst dicht vor den OSZ legen, Messung: 40 x 30 s, 2 x 5 min (Untergrund). Zugleich α -Spektrum von ^{211}Bi aufnehmen. Auswertung: α -Energien, die FWHM der Peaks, die relativen Intensitäten und HWZ der Gesamtaktivität bestimmen. Zur besseren Auswertung 10 Spektren aufsummieren. Woher stammt der Peak bei der höchsten α -Energie? Bestimme das Verzweigungsverhältnis.

5. Zerfall von ^{207}Tl

In einen Objektträger wurde über Nacht ^{215}Po implantiert. Eine saubere Glasplatte exakt 5 min auf diesen OT legen. Beim Herunternehmen Stoppuhr starten ($t = 0$), **Uhrzeit notieren**. Im GMZ messen: 54 x 30 s im 2. Einschub. Auswertung: Nach dem Abziehen des Nulleffekts HWZ bestimmen. Auf Zählrate bei Bestrahlungsende zurückextrapolieren.

6. Indirekte HZW-Bestimmung von ^{211}Pb durch Abmelken von ^{207}Tl

Normierung der extrapolierten Anfangszählraten I_0 aus V5 auf Detektor der Gruppe 1:

$$A_0^{korr} = A_0 \frac{\text{Standard Gr. 1 in GMZ 1}}{\text{Standard Gr. 1 in GMZ n}}$$

Halblogarithmische Auftragung der normierten Anfangszählraten des ^{207}Tl gegen mittleren Zeitpunkt der Exposition. Zählraten fallen mit der HWZ des ^{211}Pb ab.