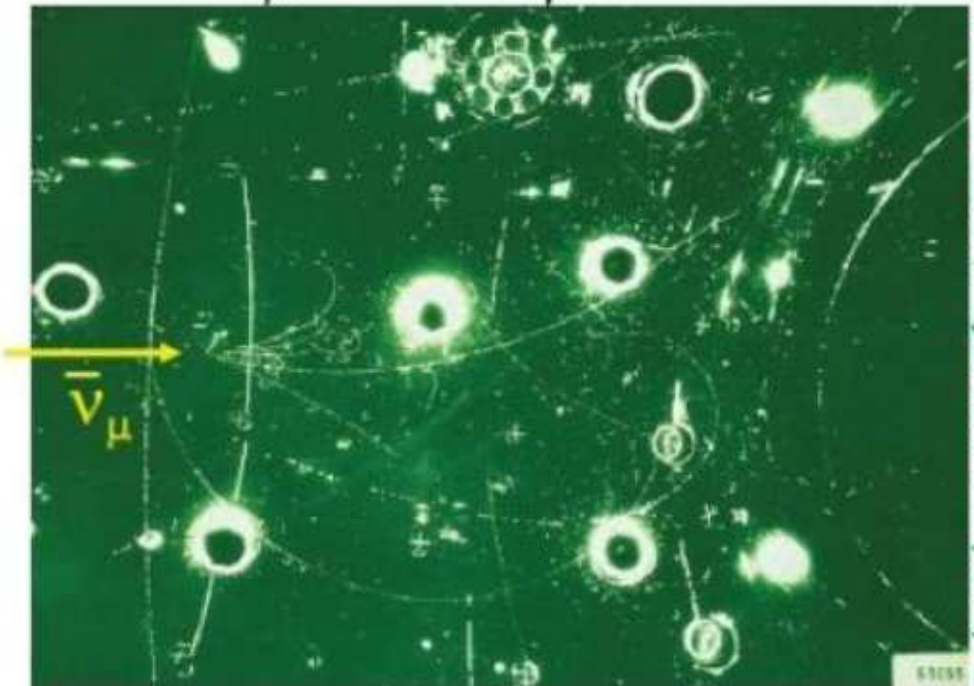


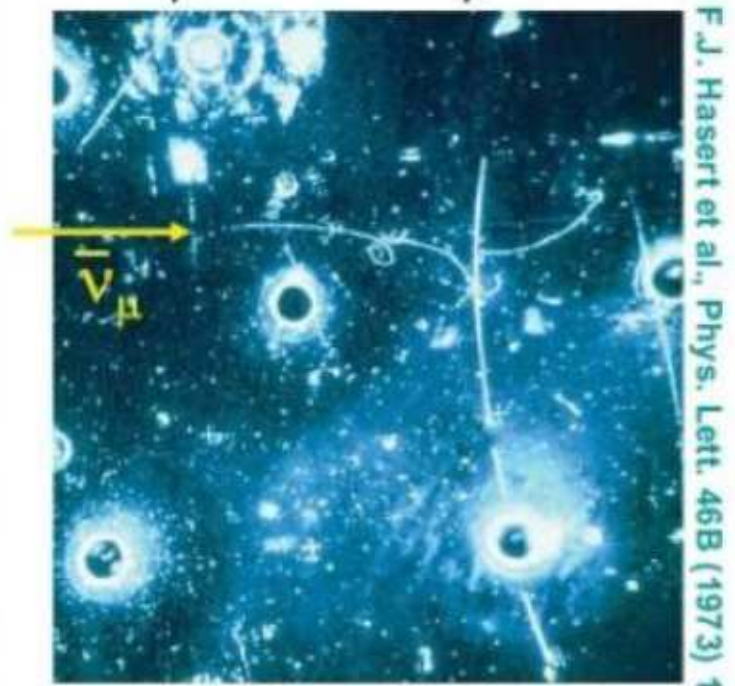
Nachweis des Z^0

Weak Neutral currents observed in Gargamelle bubble chamber in 1973:

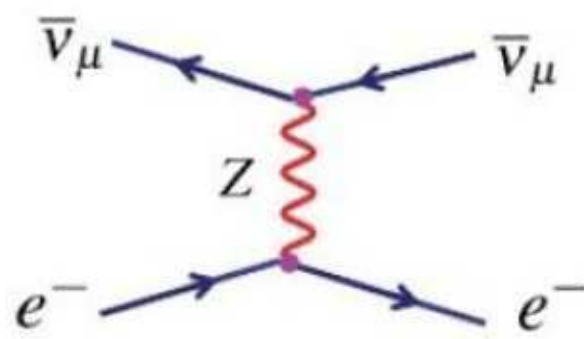
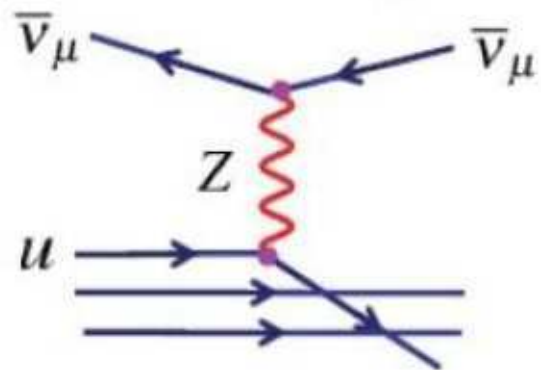
$$\bar{\nu}_\mu + N \rightarrow \bar{\nu}_\mu + \text{hadrons}$$



$$\bar{\nu}_\mu + e^- \rightarrow \bar{\nu}_\mu + e^-$$

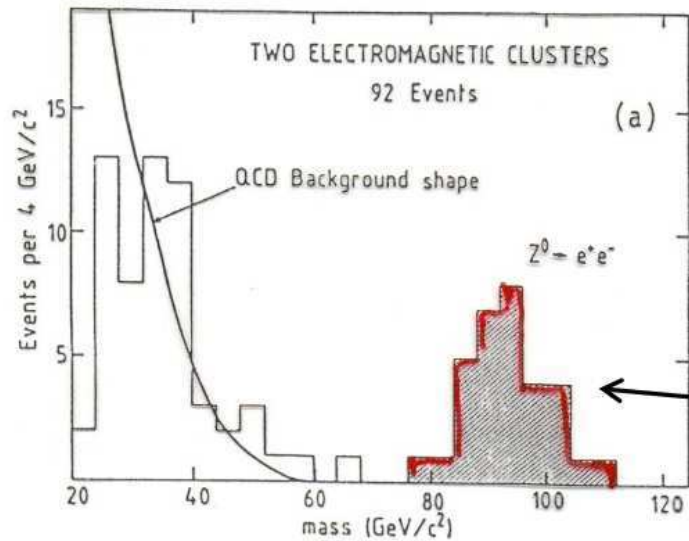
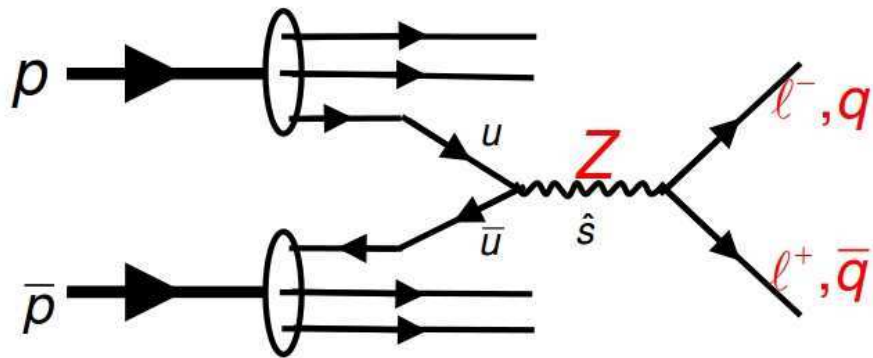


No muon in the final state, thus cannot be a CC interaction!

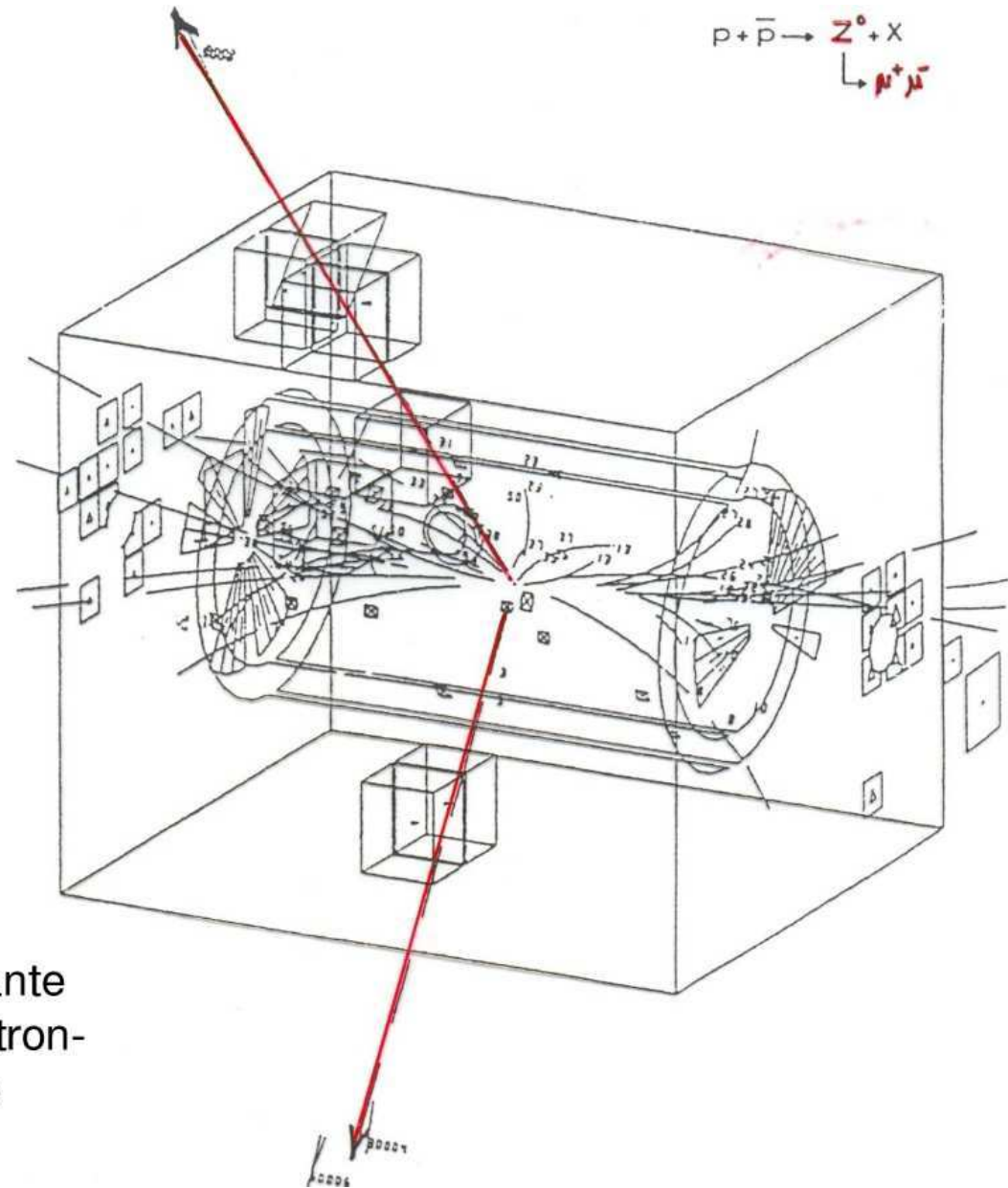


Entdeckung des Z^0

$$p\bar{p} \rightarrow Z \rightarrow f\bar{f} + X$$

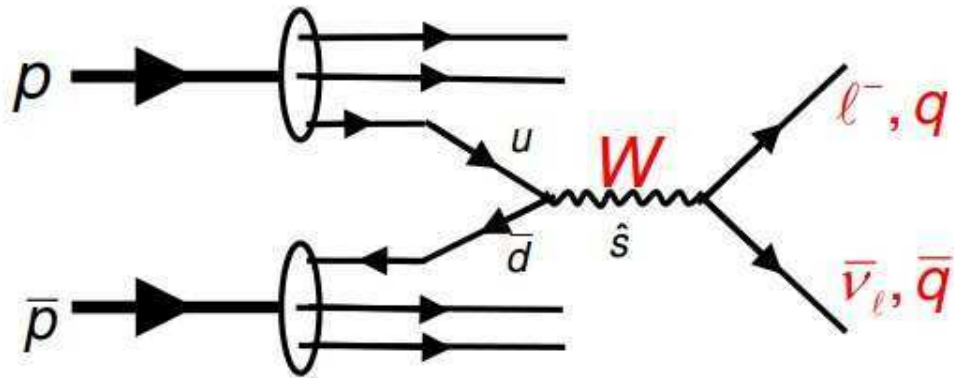


Invariante Dielektron-Masse

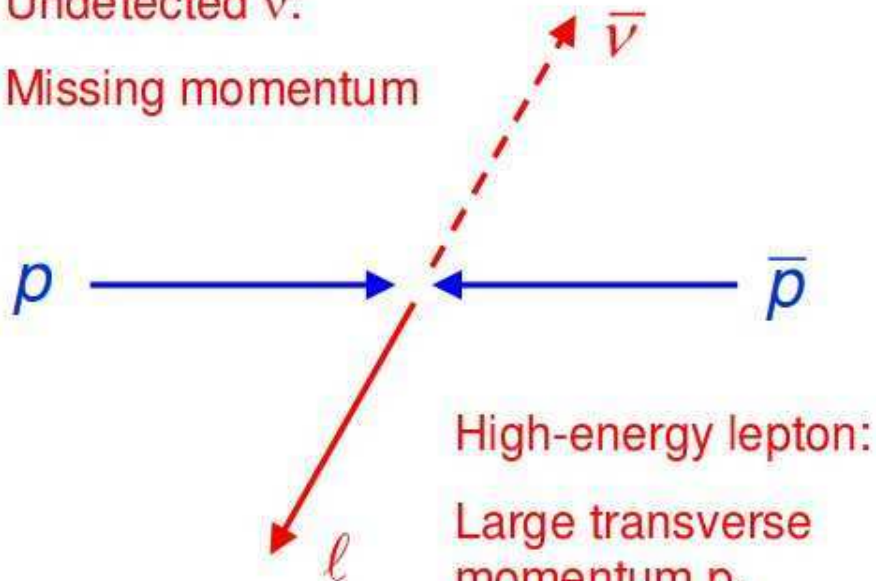


Entdeckung des W^0

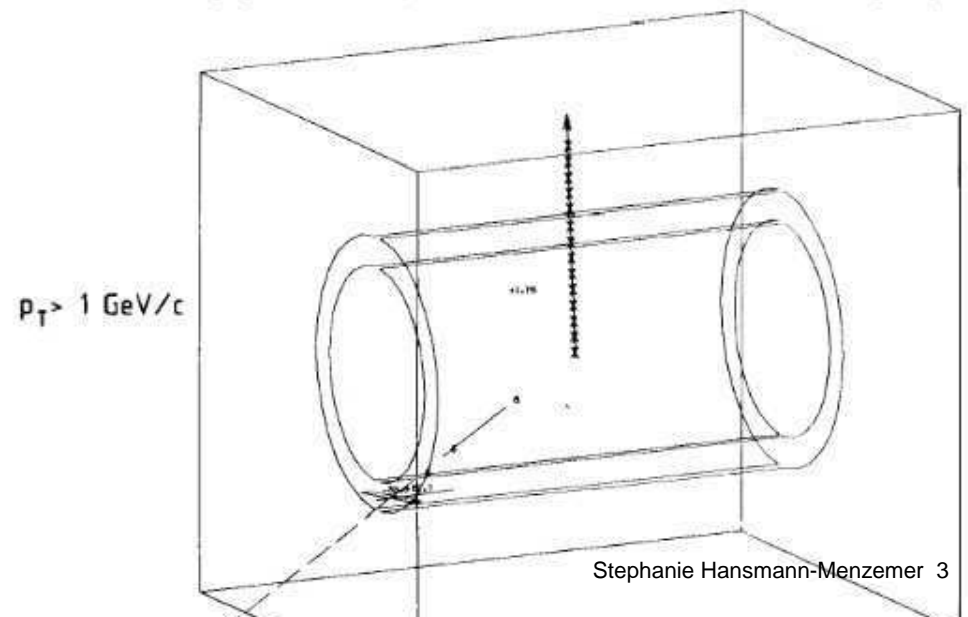
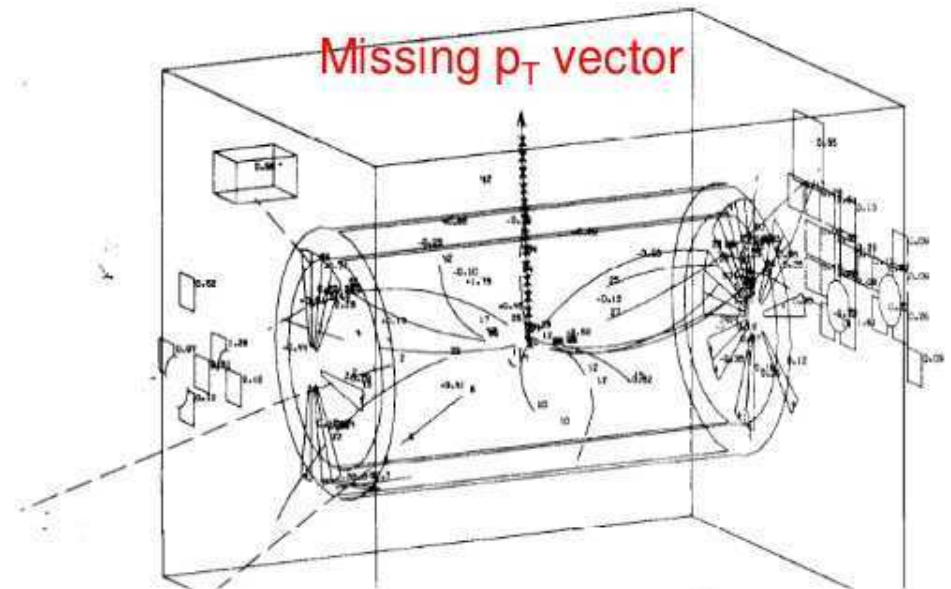
$$p\bar{p} \rightarrow W \rightarrow \ell \bar{\nu}_\ell + X$$



Undetected ν :
Missing momentum



$$W^- \rightarrow e \bar{\nu}$$



Erinnerung: Ladungsverteilung von Kernen

Ladungsdichteverteilung ist aus Elektron-Kernstreuungsexperimenten bekannt

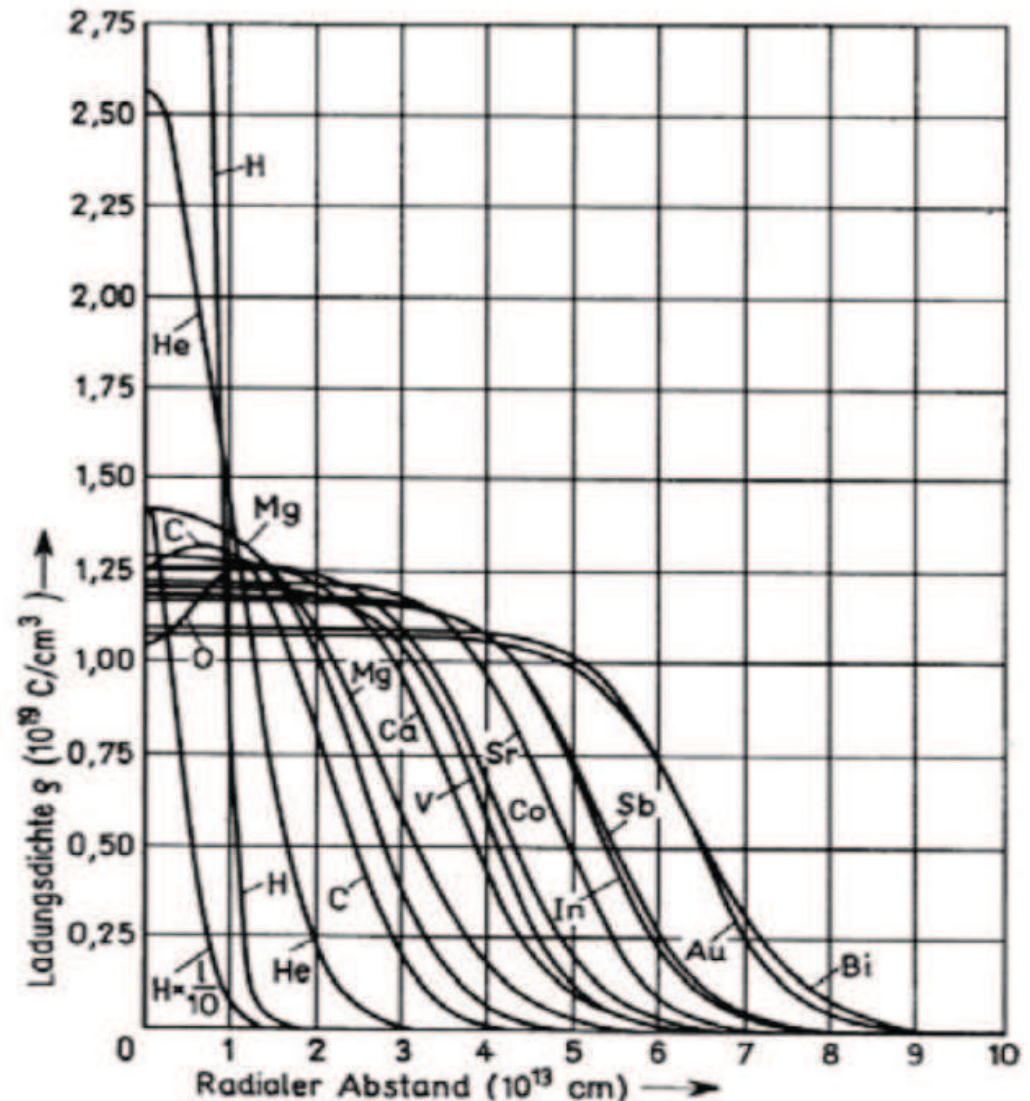
$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{exp}} / \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{Mott}} = |F(q^2)|^2$$

F: Formfaktor

q^2 : 3-er Impulsübertrag

Formfaktor ist Fourietransformierte der Ladungsverteilung

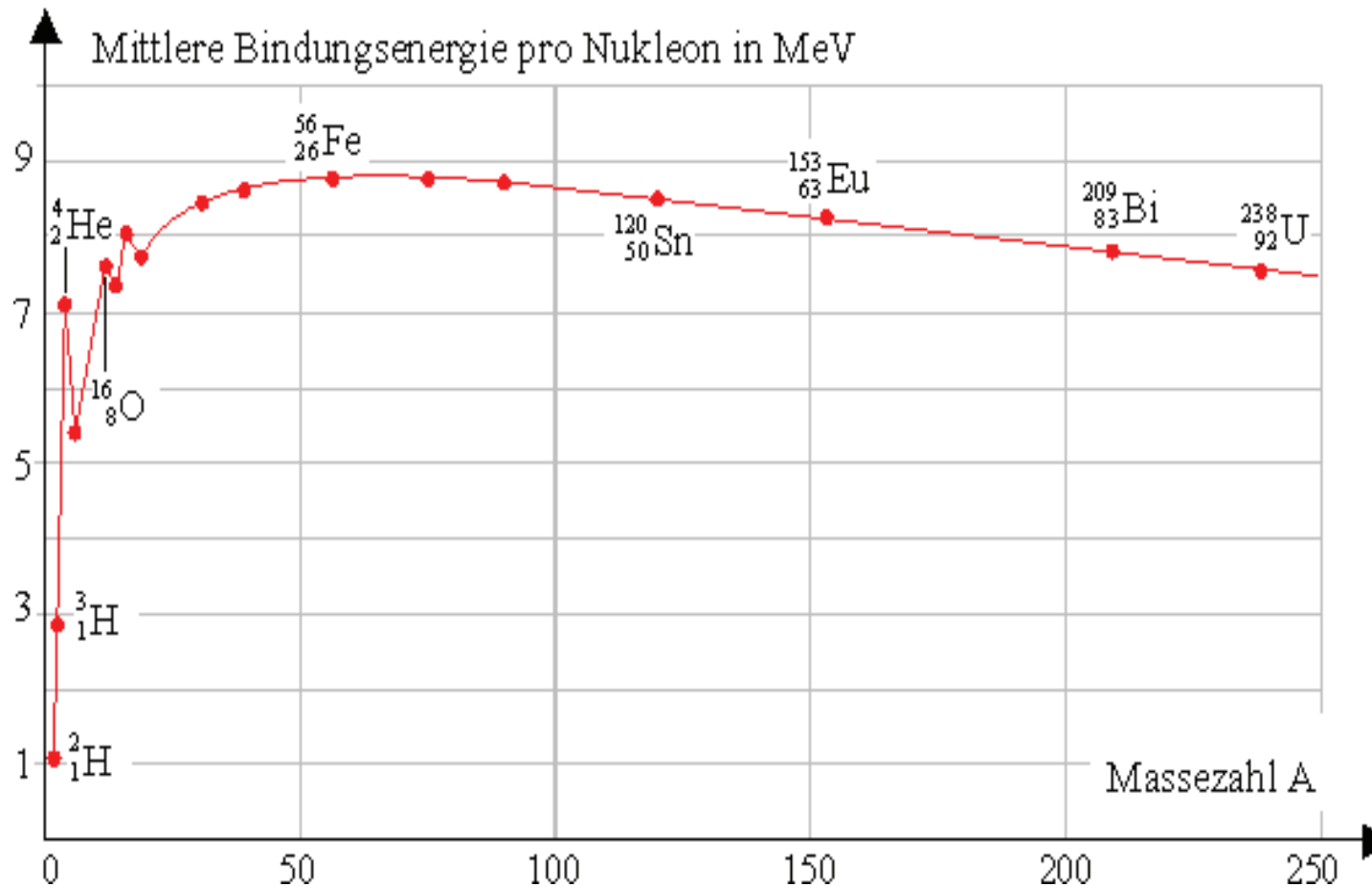
Ladungsdichte von Kernen
(insbesondere bei hohen
Atomzahlen A) gut durch Kugel
mit konstanter Dichte
mit verwaschenem Rand
beschrieben.



Bindungsenergie von Kernen

$$M(Z,A) c^2 = Z m_p c^2 + (A-Z) m_n c^2 - E_B(Z,A)$$

E_B : Kernbindungsenergie, in dieser Definition > 0



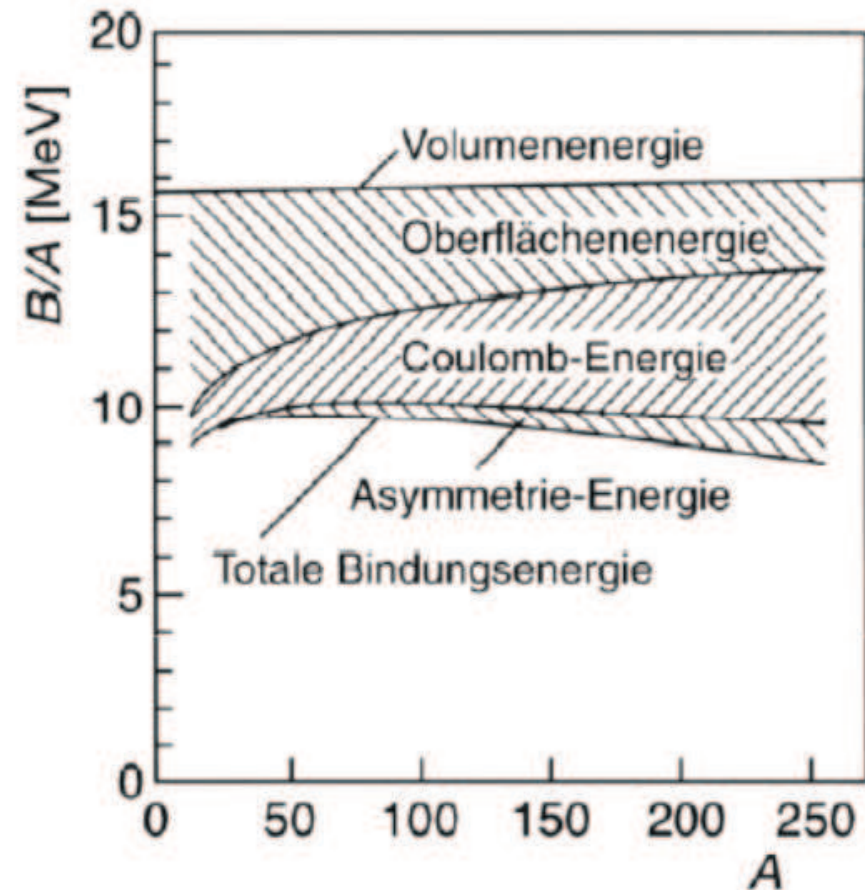
Maximum bei $A=56$: $E_B/A = 8.7 \text{ MeV}$, danach sehr leichter Abfall (nahezu konstant für große)

Bethe-Weizsäcker Formel:

$$B = a_V A - a_O A^{2/3} - a_C \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_{Asym} \frac{(N - Z)^2}{A} + \frac{\delta}{A^{1/2}}$$

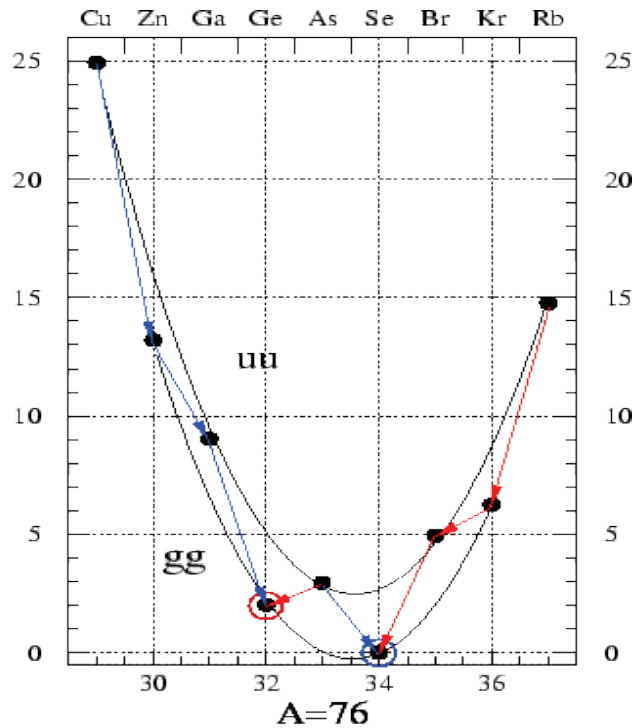
$$\left. \begin{array}{l} a_V \approx 15.7 \text{ MeV} \\ a_O \approx 17.2 \text{ MeV} \\ a_C \approx 0.7 \text{ MeV} \\ a_{Asym} \approx 22.5 \text{ MeV} \end{array} \right\} \text{ s.a. Povh}$$

$$\delta = \begin{cases} +11.2 \text{ MeV} & \text{gg - Kerne} \\ 0 \text{ MeV} & \text{ug - Kerne} \\ -11.2 \text{ MeV} & \text{uu - Kerne} \end{cases}$$



Erlaubt die Berechnung des Q-Wertes von radioaktiven Zerfällen / Spaltungs- und Fusions-Prozessen

beta-Zerfall

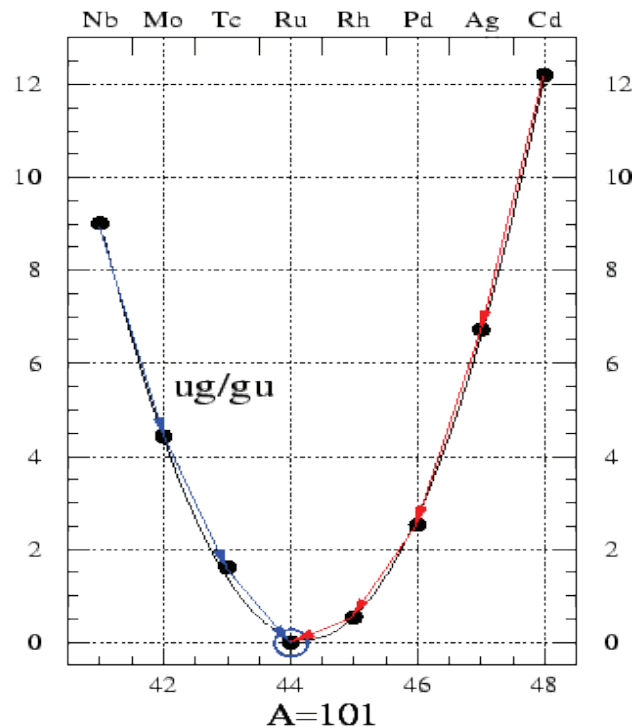


gg/uu Kerne:

$gg \rightarrow uu \rightarrow gg \rightarrow uu \rightarrow gg \rightarrow \dots$

aufgrund des Paarungsterms gibt es zwei Parabeln

Es gibt in der Regel zwei (gegen beta-Zerfall) stabile gg-Kerne. Je nach Steilheit der Parabeln kann es auch Stabile uu-Kerne geben.



ug Kerne:

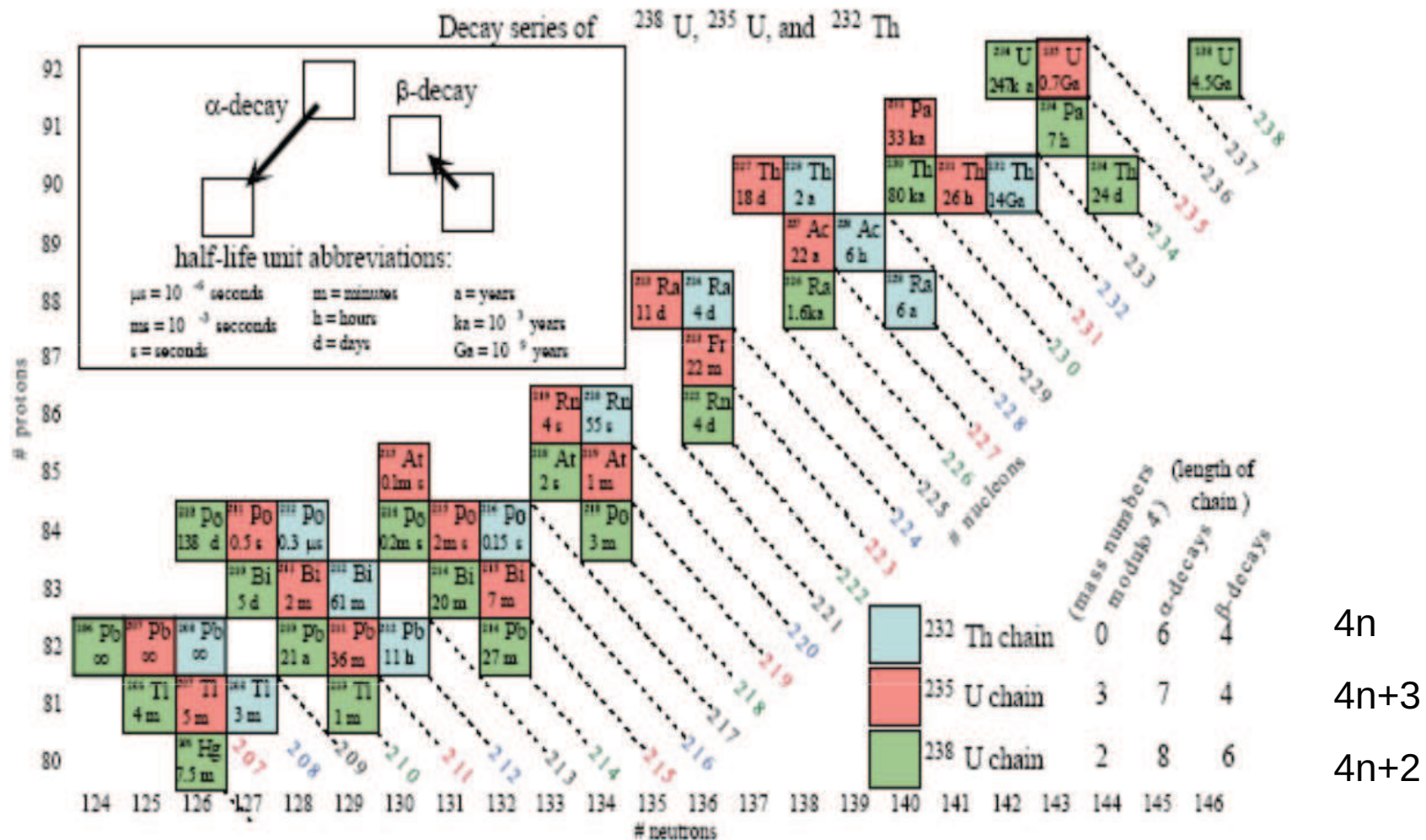
$ug \rightarrow gu \rightarrow ug \rightarrow gu \rightarrow \dots$

Es gibt ein stabiles Isobar.

β^- Zerfall

β^+ Zerfall oder electron capture (EC)

Radioaktive Zerfallsreihe



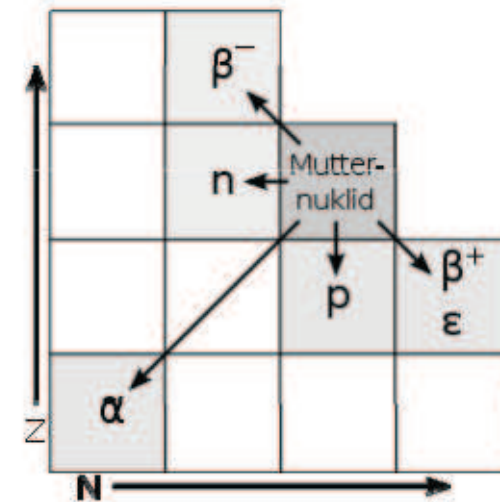
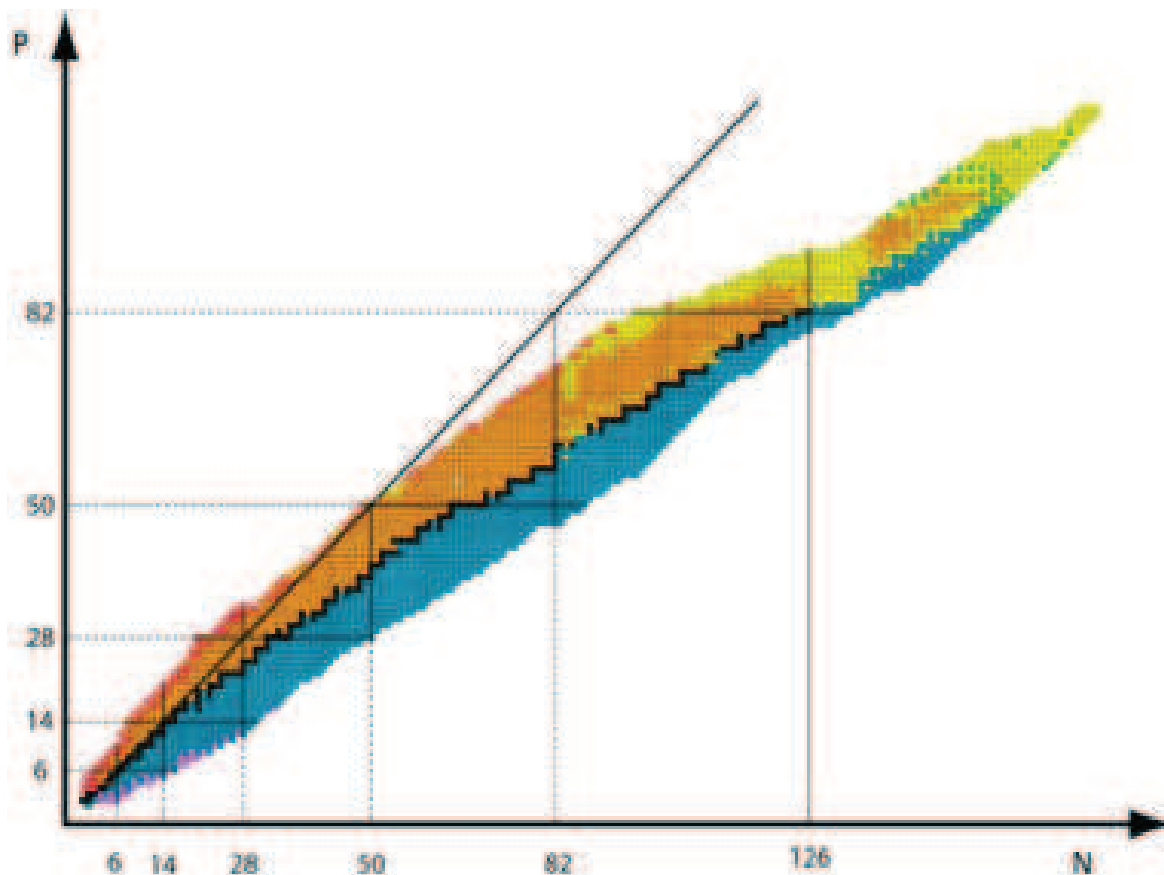
Die 4. Zerfallsreihe = Neptunium-237 (a. Plutonium 241) \rightarrow Thallium-205
 kommt in der Natur nicht mehr vor (bereits vollständig zerfallen)

$4n+1$

Stabile und instabile Nukleonen

Stabile Kerne beschränken sich auf schmales Band in N-Z Ebene

Bei schweren Kernen wird zur Überwindung Der Coulomb-Barriere mehr Neutronen eingebaut ($N > Z$)



Stabile Kerne

β^- Zerfälle

β^+ Zerfälle + EC

α -Zerfälle

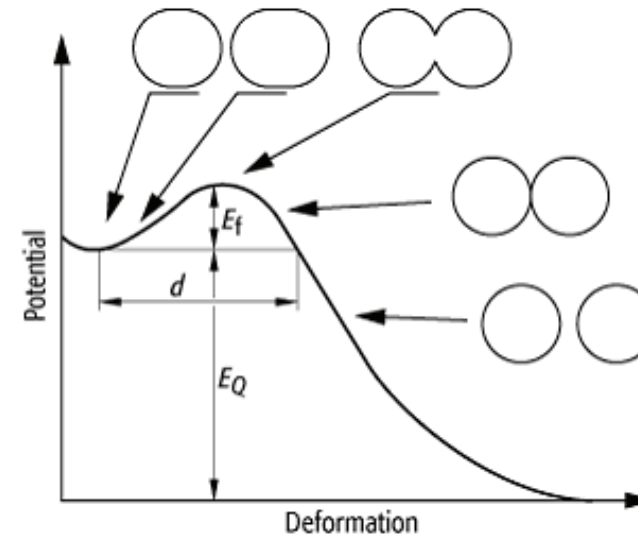
Spaltung

Spontane Spaltung

Verformung der Nukleonverteilung zu Ellipsoid

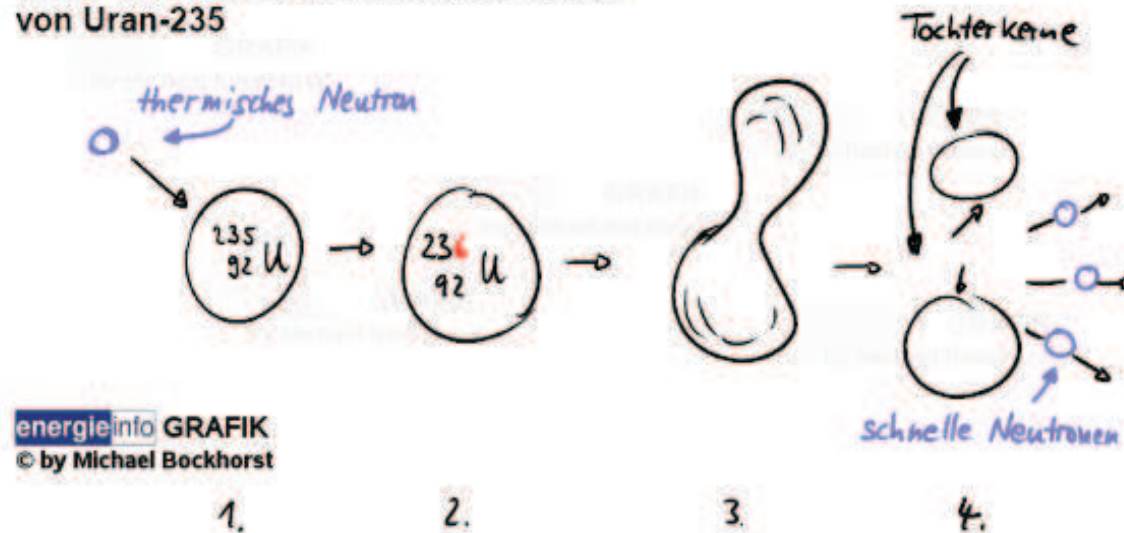
Bindungsenergie verringert sich wegen vergrößerter Oberfläche

gleichzeitig sinkt Coulomb-Abstoßung



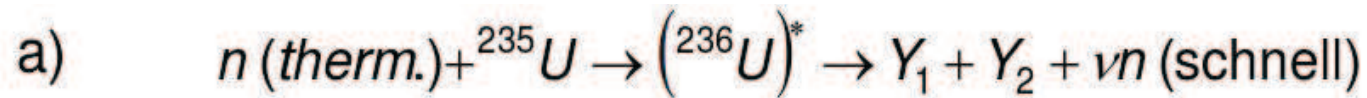
Induzierte Spaltung:

Vier-Phasen-Modell der Kernspaltung von Uran-235

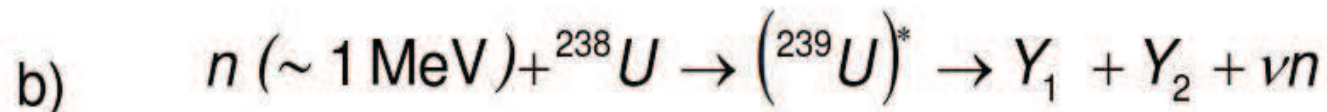


energieinfo GRAFIK
© by Michael Bockhorst

Induzierte Spaltung



$$E_B = m({}^{235}\text{U}) + m_n - m({}^{236}\text{U}) = 6.4 \text{ MeV} > \Delta E_{\text{Spalt}} \approx 5.8 \text{ MeV}$$



$$E_B = m({}^{238}\text{U}) + m_n - m({}^{239}\text{U}) = 4.8 \text{ MeV} < \Delta E_{\text{Spalt}} \approx 6.4 \text{ MeV}$$



Bei genügend hoher Neutron-Energie ist gelegentliche Spaltung von ${}^{238}\text{U}$ möglich.

Warum kann man ${}^{235}\text{U}$ bereits mit thermischen Neutronen spalten?

a) ug \rightarrow gg : Paarungsenergie wird als zusätzliche Energie frei

b) gg \rightarrow ug : Paarungsenergie wird zusätzlich benötigt