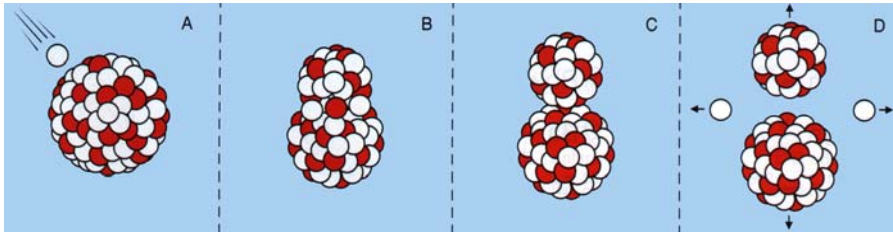
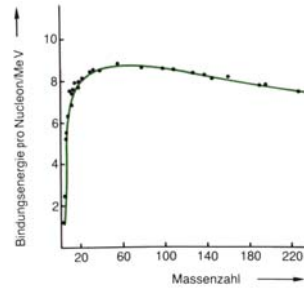


### 13) Kernspaltung (1)

#### Zur Erinnerung! Kernbindungsenergie

- Die Summe der Massen der Nukleonen ist größer als die des gebildeten Atomkerns
- Differenz: Kernbindungsenergie
- Energie kann gewonnen werden: durch die Fusion leichter Elemente oder die **Spaltung schwerer Elemente**

Kernbindungsenergie pro Nukleon



157

### 13) Kernspaltung (2)

#### Spontane Spaltung

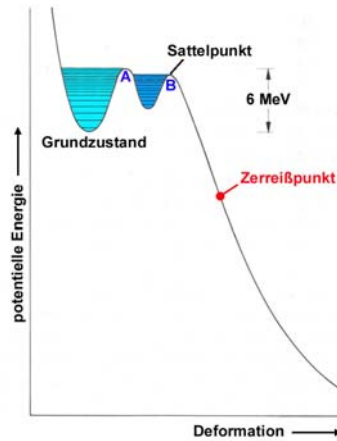
- schwere Kerne sind instabil gegenüber spontaner Kernspaltung
- nach Rechnungen sollte das auf Kerne mit  $A > 46$  zutreffen (Pd !!!!)
- praktisch wird das jedoch durch eine hohe Energiebarriere für leichtere Elemente verhindert
- Spontanspaltung wird für Elemente, die schwerer als Actinium sind, beobachtet
- partielle Halbwertszeiten für  $^{238}\text{U}$ :
  - $4,47 \times 10^9 \text{ a}$  ( $\alpha$ -Zerfall)**
  - $9 \times 10^{15} \text{ a}$  (Spontanspaltung)**
- Spontanspaltung von Uran ist praktisch die einzige natürliche Quelle für das Element Technetium
- Anteil an Spontanspaltung steigt bei schweren Elementen stark an  
99% bei  $^{254}\text{Cf}$

158

### 13) Kernspaltung (3)

Potentielle Energie eines Kernes als Funktion seiner Deformation (A, B = Energiebarriere, die Spaltung verhindert)

- Übergangszustand eines Kernes wird durch seine Deformation bestimmt
- nahezu keine Deformation im Grundzustand
- Spaltbarriere ist um 6 MeV höher
- „Tunnelung“ der Barriere durch Spontanspaltung

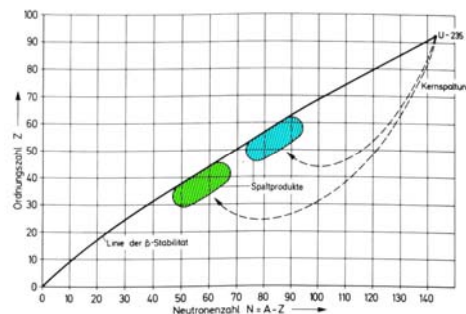
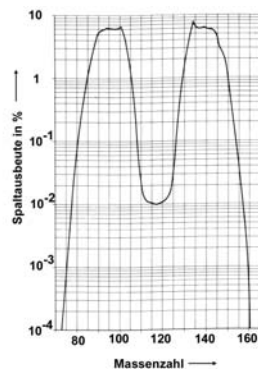


159

### 13) Kernspaltung (4)

#### „Künstliche“ Kernspaltung

- durch Beschuss mit (thermischen) Neutronen ausgelöst
- als Kettenreaktion 1938 durch Hahn, Meitner und Strassmann entdeckt
- Intermediat ist ein stark verformter „Compound“-Kern
- asymmetrische Spaltprodukte werden gebildet
- nachfolgende Stabilisierung durch (mehrere)  $\beta$ -Zerfälle



160



### 13) Kernspaltung (7)

#### Kernreaktoren

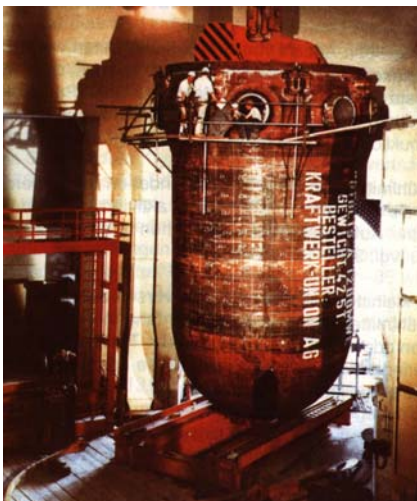
##### Unterschiedliche Typen von Kernbrennstoff

- 1) **Natururan**  
(0.72%  $^{235}\text{U}$ , schweres Wasser und Graphit erforderlich, Energiegewinnung durch Abbrand von  $^{239}\text{Pu}$ )
- 2) **Schwach angereichertes Uran**  
(ca. 3%  $^{235}\text{U}$ , Verwendung in Kernkraftwerken, Druckwasser- und Siedewasserreaktoren, langlebige Pu-Isotope werden mit geringer Ausbeute <1% gebildet)
- 3) **Hoch angereichertes Uran**  
(>90%  $^{235}\text{U}$ , praktisch ausschließlich in Forschungsreaktoren verwendet, kaum Neubildung von spaltbaren Materialien)
- 4) **Mischung aus Uran und Plutonium**  
(Brutreaktoren, hauptsächlich Spaltung von  $^{239}\text{Pu}$ , abgereichertes Uran wird verwendet)
- 5) **Mischung aus Uran und Thorium**  
Hochtemperaturreaktor,  $^{232}\text{Th}$  reagiert zu  $^{233}\text{U}$ , was als Kernbrennstoff genutzt wird)

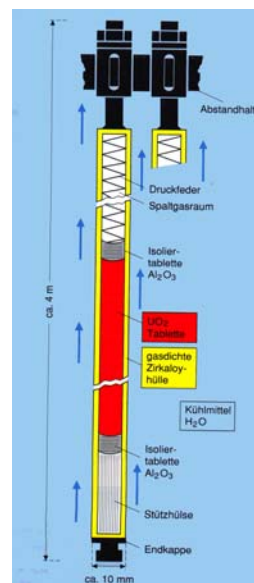
### 13) Kernspaltung (8)

#### Kernreaktoren

##### Druckkessel eines Druckwasserreaktors



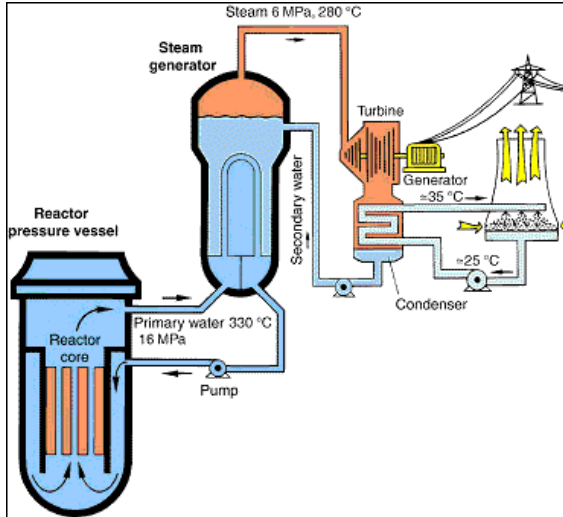
##### Brennelement



### 13) Kernspaltung (10)

#### Kernreaktoren

##### Druckwasserreaktor

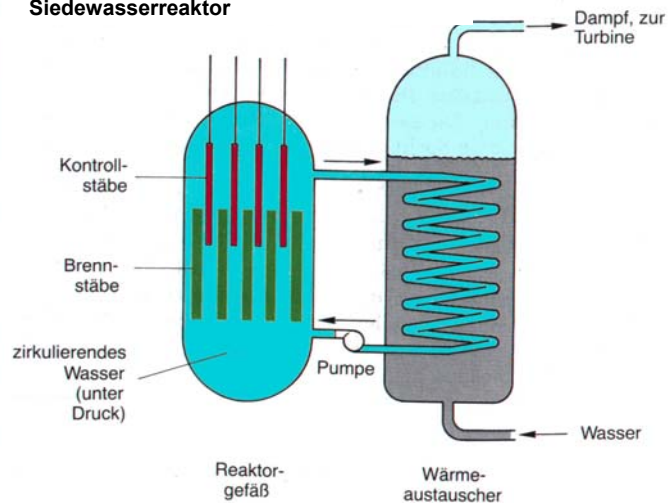


165

### 13) Kernspaltung (9)

#### Kernreaktoren

##### Siedwasserreaktor



166

## 13) Kernspaltung (11)

### Kernreaktoren

Kernkraftwerk Brokdorf

