

Brutreaktor

wichtigster Nachteil herkömmlicher Reaktortypen:

Verbrennung des seltenen ^{235}U (0.7%)
(nach 10-20 Jahren verbraucht)

mögliche Lösung: Brutreaktor

- produziert seinen eigenen Brennstoff
- produziert **mehr!!** Brennstoff als er verbraucht

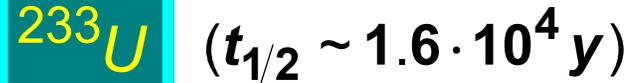
? perpetuum mobile der 3. Art ?

Brutreaktoren

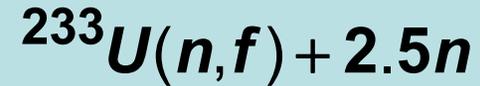
Energieerzeugungsmaterial



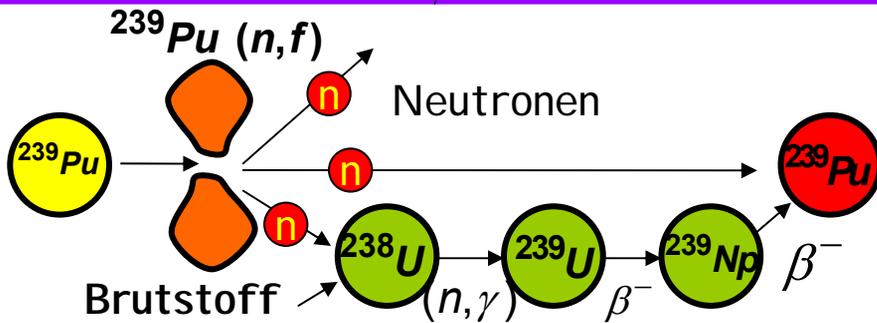
schnelle Neutronen



thermische Neutronen

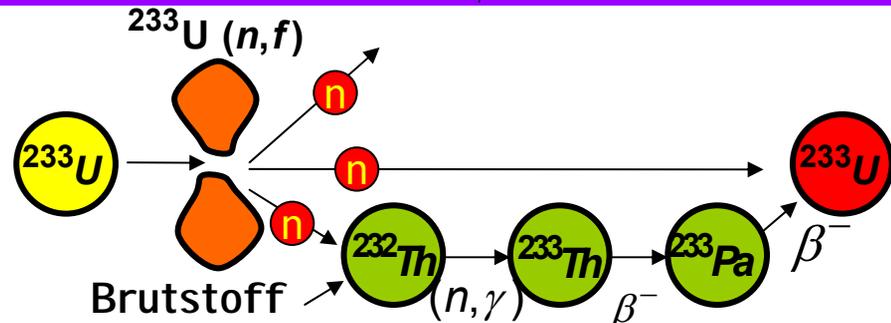
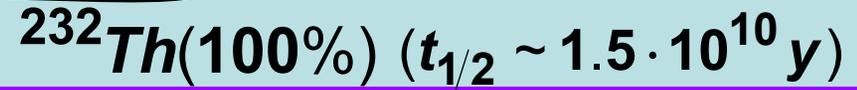


Brutmaterial



$t_{1/2}(^{239}\text{U}) = 24 \text{ min}$

$t_{1/2}(^{239}\text{Np}) = 2.3 \text{ d}$



$t_{1/2}(^{233}\text{Th}) = 23 \text{ min}$

$t_{1/2}(^{233}\text{Pa}) = 27.4 \text{ d}$

schneller Brüter (Kalkar)

HTR(Hamm)

Moderator:
Graphit

Schneller Brüter

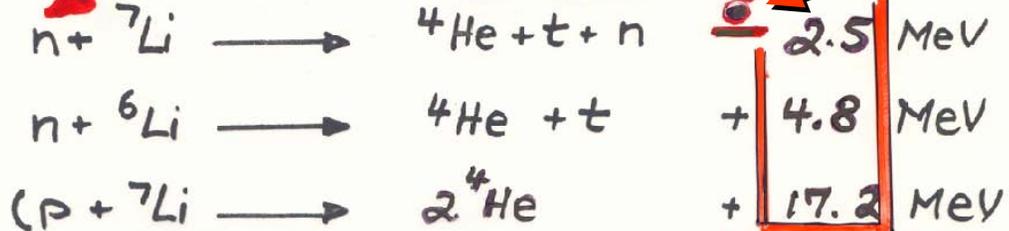
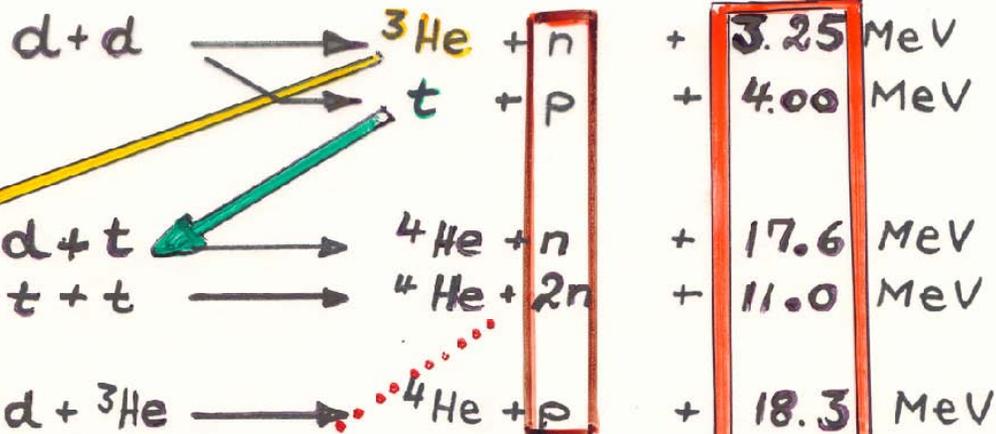
Zur Regelung und Wärmeübertragung:

Ein Stoff

- welcher schnelle Neutronen regelt über Neutronen-Einfangquerschnitt
 - welcher Neutronen NICHT moderiert/thermalisiert (d.h. kein Wasser !!)
 - welcher gleichzeitig Kühlmittel ist
 - welcher flüssig/gasförmig (da strömend) ist
- ^{23}Na (flüssig)

Konzept des Fusionsreaktors

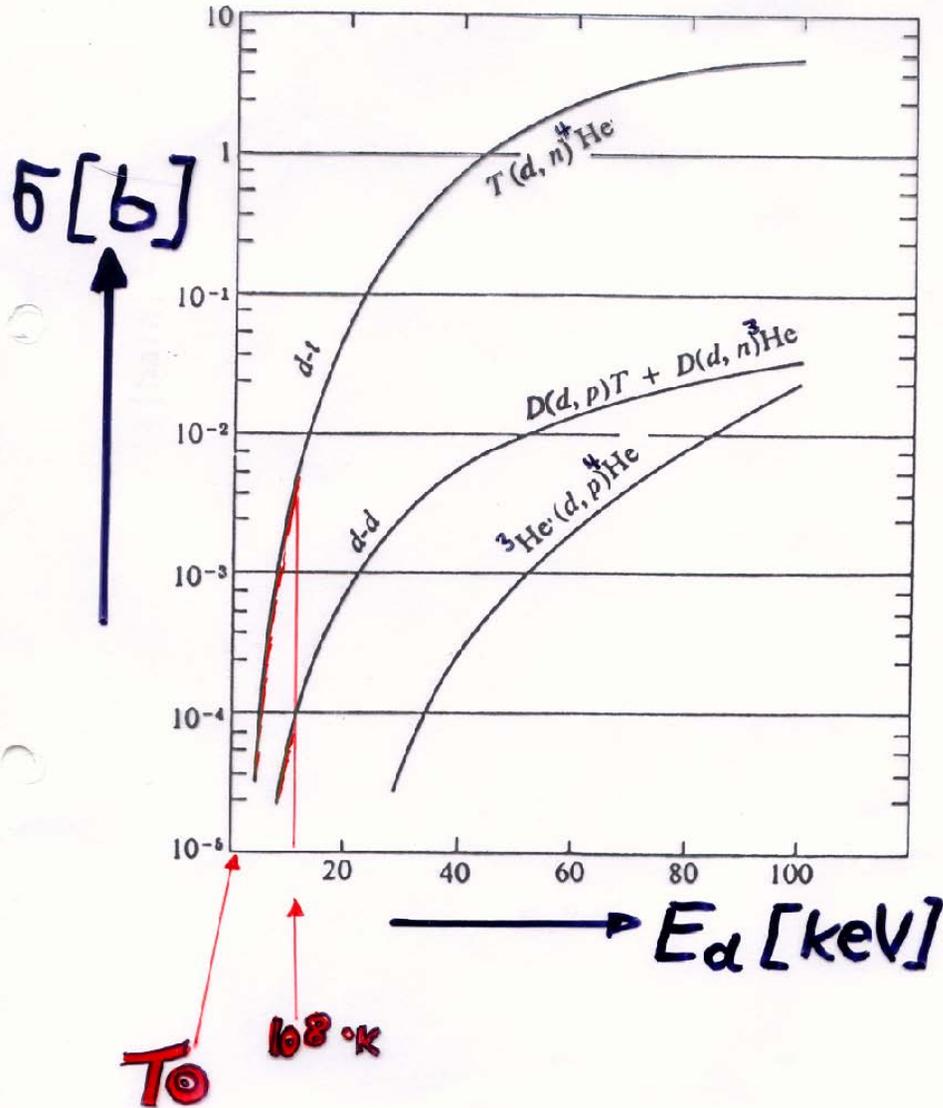
Ausgangsmaterial : Deuterium - Plasma



Asche

kinetische Energie (Wärme)

d-induzierte WQ im Fusionsbereich



Bedingungen für eine sich selbst erhaltende
Plasmafusion

1.)

$$T \gtrsim 10^8 \text{ K} \quad (\sim 10 \text{ keV})$$

2.)

$$\rho \gtrsim 2 \cdot 10^{14} \text{ /cm}^3 \quad (\sim 10^{-5} \text{ g/cm}^3)$$

3.)

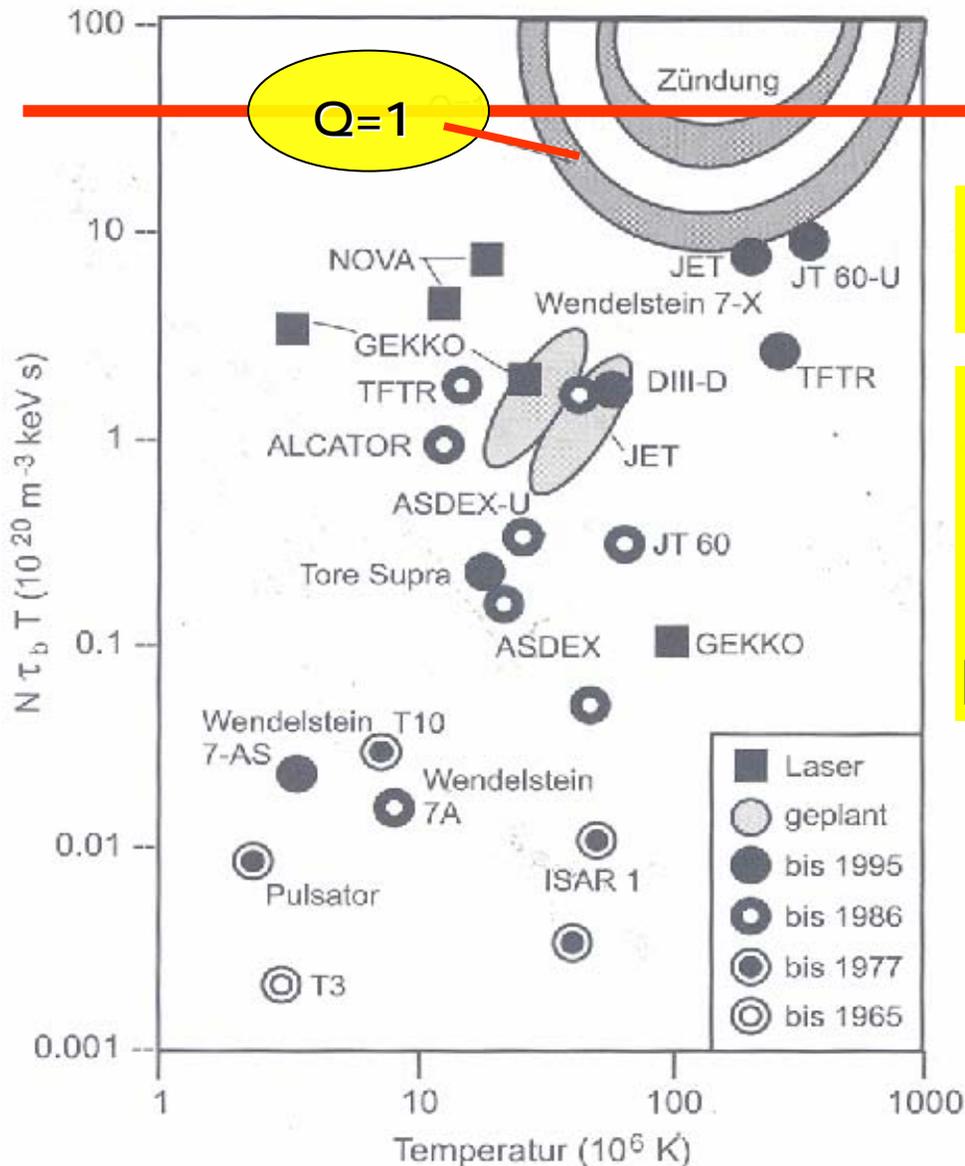
$$\tau_{\text{Reaktion}} \sim \text{sec}$$

$$\text{besser: } \rho \cdot \tau \gtrsim 10^{14} \text{ sec/cm}^3 \\ (\text{T} = 10 \text{ keV})$$

Lawson - Kriterium

Besser:

$$Q = \rho \cdot \tau \cdot T \quad (10^{20} \text{ keV sec/m}^3) \\ (10 \text{ keV} \triangleq 10^8 \text{ K})$$



ab $Q \sim 20$ technisch sinnvoll

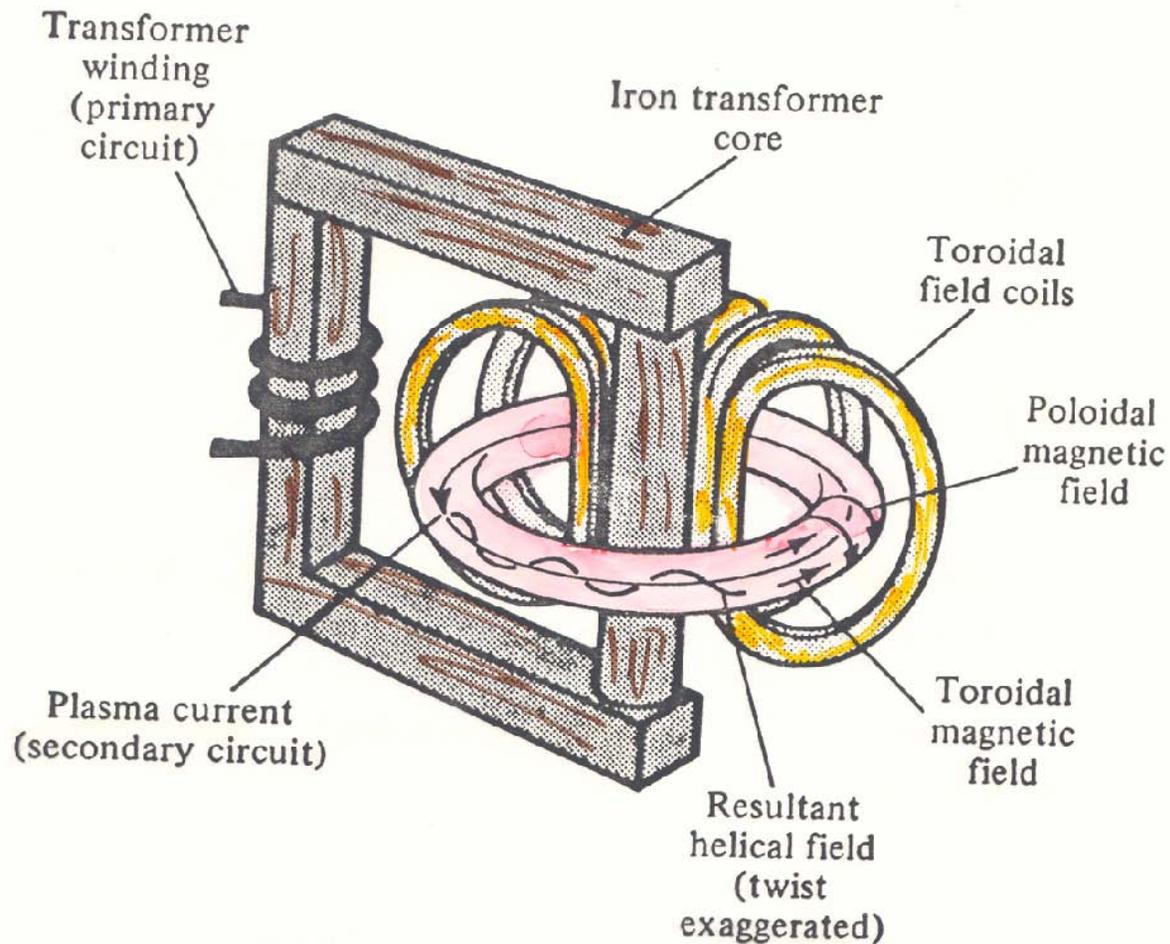
$$Q = \frac{E_{out}}{E_{in}} > 20$$

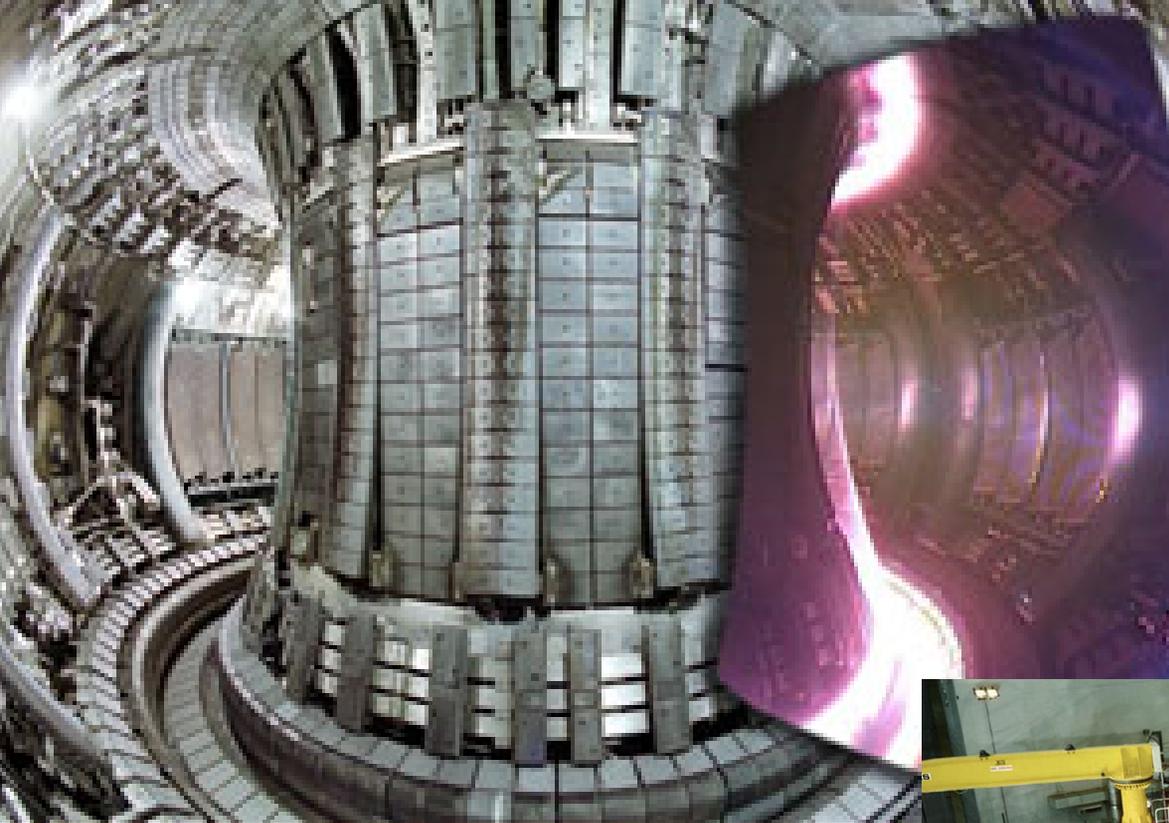
technisch sinnvoll ab: $Q > 20$

besser: $Q \sim \infty$

Bild 9.3. Parameter einiger Fusionsanlagen, in Deutschland: ASDEX, ISAR I, WENDELSTEIN (Garching); in Frankreich: Tore Supra (Cadarache); in Großbritannien: JET (Culham); in Japan: JT 60 (Naka), GEKKO (Osaka); in Rußland: T3, T10 (Moskau); in USA: ALCATOR (Boston), DIII-D (San Diego), TFTR (Princeton), Nova (Livermore)

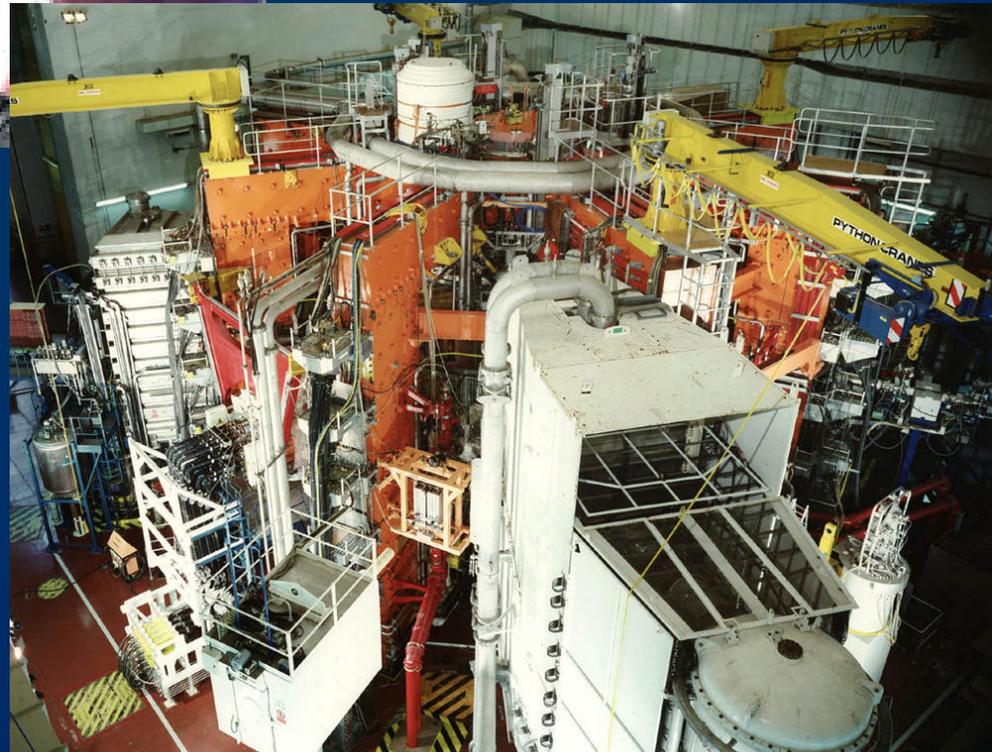
Joint European Torus (JET) (Culham, GB)

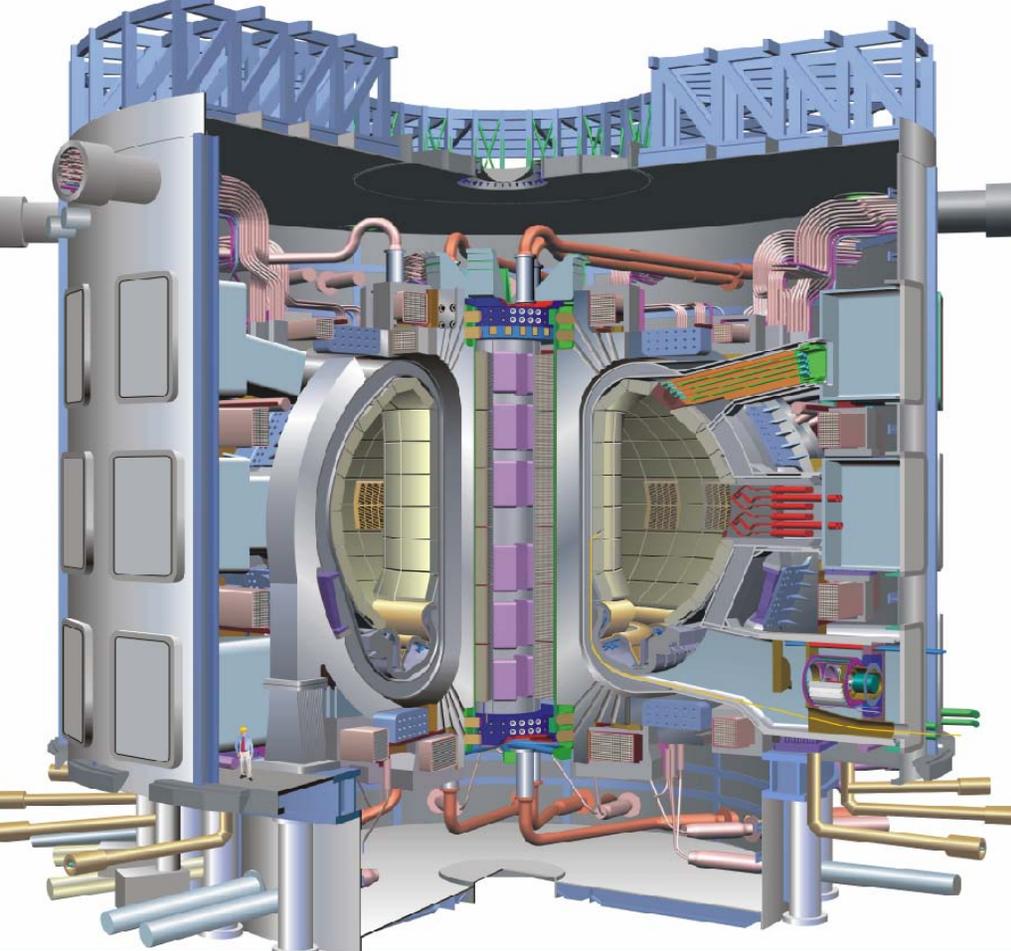




JET

(Joint European Torus)



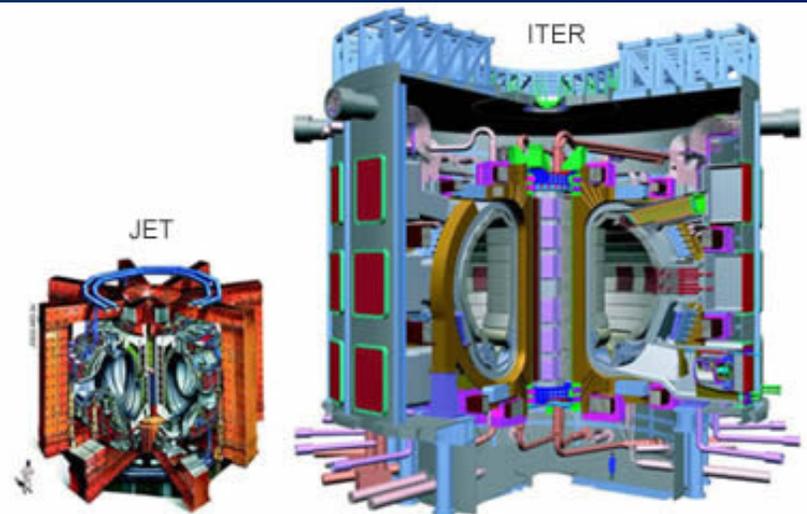


Proposal:

- $Q > 5$ (besser 10)
- Fusionsdauer: einige Minuten
- Erforschung neuer Materialien, die resistenter gegenüber Neutronen sind
- Erforschung des D+T Konzepts

ITER

(Intern. Thermonucl. Expmtl. Reactor)



Wiederholung der letzten 3/4 Vorlesungen

1

Definition der **Aktivität** ?

$$A = +\frac{dN}{dt} \quad ? \quad \text{oder} \quad A = -\lambda N \quad ?$$

Was ist der Unterschied?

2

Was sind die Einheiten der Aktivität ?

3

Wie mißt man HWZ wenn:

a) $T_{1/2} \geq 1000a$?

b) $T_{1/2} < 50a$

4

Geiger-Nuttallsche Regel:

$$T_{1/2} \sim E_{\alpha} \qquad \log T_{1/2} \sim \sqrt{E_{\alpha}}$$

$$\log T_{1/2} \sim E_{\alpha} \qquad \log T_{1/2} \sim \frac{1}{\sqrt{E_{\alpha}}}$$

5

Warum ist der α -Zerfall als „hadronische“ Reaktion so stark unterdrückt?

6

Kann ein Stück Natururan eine Spaltungsreaktion in Gang setzen?
Wenn ja, warum?
Wenn nein, warum nicht?

7

Kann ein Stück ^{235}U eine Kettenreaktion in Gang setzen?
Wenn ja, warum?
Wenn nein, warum nicht?

8

Der (n, γ) Einfang-Wirkungsquerschnitt ist für kleine Neutronenenergien i.a. proportional zu:

.....
Geben Sie eine Erklärung, warum für ^4He der $^4\text{He} (n, \gamma) ^5\text{He}$ Einfang-Querschnitt = 0 ist!

Wiederholung:

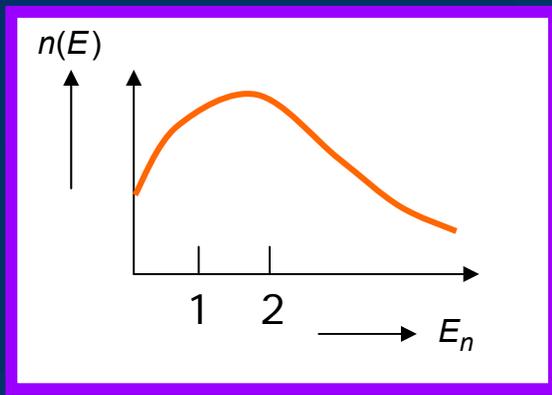
1

Spaltreaktor

Spaltneutronen:

~2/Spaltung

Energieverteilung:



Moderatoren: H_2O ← Leichtwasserreaktor

D_2O ← Schwerwasserreaktor

Anreicherung: 3%

natürlich

wichtig zum Verständnis: $\sigma(n, \gamma)$ für ^{238}U , ^{235}U !!

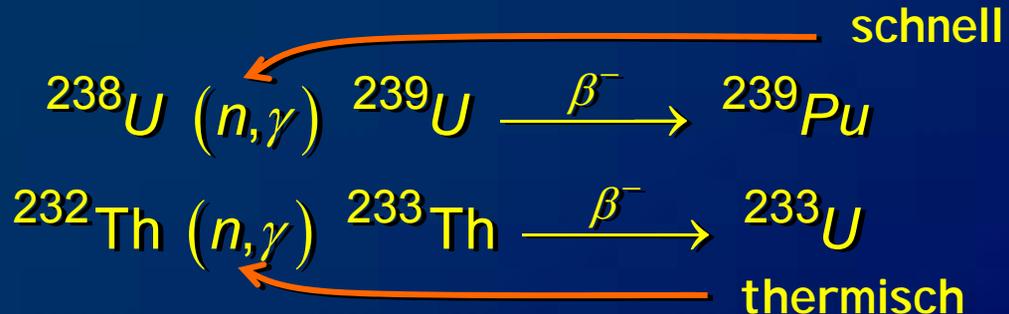
● kontrollierte Kettenreaktion: $k = 1$

● Regelung: verzögerte Neutronen

2

Brutreaktor

Brutmaterial:



3

Fusion

Sonne:



schwacher Prozeß

Reaktor:



Lawson Kriterium: $\rho \cdot \tau_{\text{Reaktion}} > 10^{14} \frac{\text{sec}}{\text{cm}^3}$