

Kernfusion und Fusionsreaktoren

- Äquivalenz von Masse und Energie
- Kernfusion
- Fusionsreaktion

Äquivalenz von Masse und Energie

Beispiele nach:

Effizienz → viel Energie

Schwer gute Effizienz zu bekommen

Antimaterie 100% Effizienz, gibt es nur kaum

Feuer: 0,000000001 % 10^{-8}

Kernspaltung: $^{235}\text{U} \rightarrow \text{Kr} + \text{Ba}$: 0,08 %

Fusion: 0,7 %

$E=mc^2$: E - Ruhemasse (ohne Bewegung)

Bsp 1: Kulli

14g, 1.6m, 0.22 J

Bsp 2: Little Boy (6. August '45)

1kg (70 Kullis), 54 Petajoule [Billiarden] nicht 15.4 J

Bsp 3: Katze

5kg (350 Kullis), 420 Petajoule

Norwegen für ein Jahr | DE braucht 6 Katzen

Kernfusion

Geschichte der Forschung

1917: Erste Kernreaktion (Ernst Rutherford) beobachtet

1920: Arthur Eddington "Fusionsreaktion mögliche Energiequelle von Sternen"

1934: Deuterium mit -kernen beschossen (Mark Oliphant) erste Fusionsreaktion ($\text{H}+1\text{n}$)

Ab 1945: Nutzung in Atombomben durch USA und Sowjetunion

1952: Erste H-Bombe Ivy Mike

1991: Erste Kernfusion zur Energiegewinnung durch das JET (seit 1983)

Bedingungen für die Fusion

Atomkerne müssen zusammen kommen

Protonen stoßen sich aber ab

Besondere Bedingungen:

- 100 Millionen Kelvin, 6x Sonnenkern
- Wasserstoff ist Plasma (Alle Elektronen befreit)
- 1×10^{-15} m entfernt (Femtometer)
- Erreicht durch Magneten
- Sonne: Gravitation

Fusion in der Sonne

- 2 Wasserstoff Kerne → Deuterium, Positron, Elektronen-Neutrino
- Deuterium + Wasserstoffkern → Helium-3, γ -Strahlung
- Proton-Proton-I-Kette: 83,3%: 2x Helium-3 → Helium-4 Atom + 2x Wasserstoff
- Bei PP-II/III-Kette: 16,68/0,02%: 2x Helium-4 INSGES-ENERGIE: 3 picoJoule // 1/70 mrd Kullis

Fusion dauert lange (bis zu 10^{17} Jahre)

Meiste Fusion im Kern

Größter Teil des Lebens eines Sterns: verschmelzen von H-kernen in He-Kerne.

Dem Stern geht Wasserstoff aus → andere Kerne von (schweren) Elementen (bis hin zu Eisen) Schwerer als Eisen → Supernova

Wasserstoffbombe

Atombombe: Verdichtung durch Sprengstoff

Wasserstoffbombe: Verdichtung durch Atombombe

Aufbau H-Bombe

A: primärer Fissionssprengsatz

B: sekundärer Fusionsprengsatz

1. chemischer Sprengstoff
2. U-238-Mantel
3. Hohlraum
4. in Plutonium- oder Urankugel eingeschlossenes Tritiumgas
5. Polystyrenschaum
6. U-238-Mantel
7. Lithium-6-deuterid
8. Plutonium (länglicher Stab; "Sparkplug")
9. reflektierender Mantel

Explosion H-Bombe

B: Sprengstoff komprimiert Plutoniumkern zu überkritischer Masse. Leitet Kernspaltung ein

C: Fissionsbombe emittiert Röntgenstrahlung, reflektiert an Innenseite. Polystyrol wird erhitzt

D: Polystyrolschaum wird in Plasma verwandelt, komprimiert Fusionsstufe. Plutoniumstab fissioniert.

E: Durch Kompression & Erhitzung fusioniert Lithium-6-deuterid. Neutronenstrahlung spaltet U-238 in der 2. Stufe. Feuerball

Fusionsreaktor

Magnetische Fusion

- Wasserstoffgas mittels Magnetfeld gehalten, mittels Strahlung erhitzt
- Vielversprechender als Trägheitsfusion

Tokamak

Abbildung:

- Spule, Magnetringe

Funktion:

- Plasma durch Hitze/Druck erzeugt
- Plasma durch Magnete in Donut-Form gehalten
- Fusioniert H zu pp-II-Kette
- Erhitzt Wasser durch Aufprall von Neutronen an Mantel → treibt Turbine an

Stellarator

Abbildung:

- Magnete angeordnet, dass Plasma zu Helix wird

Trägheitsfusion

- Röntgenstrahlen heizen Fusionsziel
- Äußere Schicht komprimiert Kern
- Brennstoff erreicht kritische Dichte und Temperatur
- Kernfusion

Praktisch Wasserstoffbombe

Erbrütung von Wasserstoff-3

Zu 90% Lithium-6, hat nur 7,6% anteil an Li in der Natur

Lithium+Neutron → Helium-4+Tritium+4,8 MeV

- Hohe Energieausbeute

Zu 10% Lithium-7

Lithium+Neutron → Helium-4+Tritium - 2,5 MeV

- Neutron wird nicht verbraucht (verliert aber Energie ('))
- Hohe Energieschwelle

Sicherheit der Reaktoren

Vorteile:

- Keine Kettenreaktionen → kein Super-GAU wie AKW
- Fusion ohne Kühlung instabil, kommt nicht zustande
- Halbwertszeit von Tritium nur 12,3 Jahre U-235 700 mio Jahre

Nachteile:

- Tritium leicht, kann durch Lecks entweichen
- Emittiert Beta-Strahlung, Gesundheitsschädigend
- Bauteile von Neutronen verstrahlt, 10% bis zu 100 Jahre, 90% bis 50 Jahre