

Kernfusion – Stand heute

Jahrestagung Bürger für Technik e.V.

26.10.2025

Grundlagen 1

- Ist eine Kernreaktion bei der zwei leichtere Atomkerne zu einem schwereren verschmelzen.
- Für Zustandekommen einer Fusion ist der Wirkungsquerschnitt verantwortlich (Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass zusammenstoßende Kerne miteinander reagieren).
- Ausreichend groß ist der Wirkungsquerschnitt nur dann, wenn die beiden Kerne mit hoher Energie aufeinander prallen. Diese ist nötig, um die Coulombbarriere, die elektrische Abstoßung zwischen den positiv geladenen Kernen, zu überwinden oder ihr schmales Maximum zu durchtunneln. Jenseits der Barriere, bei einem Abstand von nur noch etwa 10^{-15} m, überwiegt die Anziehung durch die starke Wechselwirkung, und die Kerne verschmelzen miteinander.

Grundlagen 2

- Fusionen können sowohl endotherm als auch exotherm sein. Interessant sind die exothermen.
- Am besten erforscht: Kerne von Deuterium (2H) und Tritium (3H) verschmelzen zu einem Heliumkern (4He) unter Freisetzung eines Neutrons (n) sowie von Energie ($3,5\text{ MeV} + 14,1\text{ MeV}$).
- Da der entstehende Kern leichter ist als die zwei Ausgangskerne wird die Massedifferenz in Energie abgegeben!

Historie

- Die erste nachweislich beobachtete Kernreaktion war eine Fusion. Ernest Rutherford 1917 entdeckte dabei das Alphateilchen.
- Erst 1928 konnte Georg Gamow diesen Vorgang wissenschaftlich erklären.
- USA: Edward Teller und Stanislaw Ulam forschten seit 1945 an der ungesteuerten Kernfusion als Kriegswaffe. Am 1. November 1952 wurde die erste Wasserstoff-Bombe auf dem Eniwetok-Atoll gezündet.
- 1958 gab die USA das dabei gewonnene, nicht-kernwaffenspezifische Wissen frei.

Nicht-militärische Anwendung zur Energieerzeugung

- 1950/1951 zeichneten sich zwei Konstruktionsprinzipien ab:
- 1. Stellerator: Plasma wird durch magnetische Feldlinien gehalten. (Wendelstein 7-X in Greifswald)
- 2. Tokamak: Plasma wird durch ein verschlungenes Magnetfeld gehalten. Andrei Sacharow und Igor Tamm haben dieses Konzept zur Einsatzreife entwickelt u. 1968 für 10 Millisekunden eine Reaktion aufrecht erhalten.
- ITER ist ein TOKAMAK
- Der EURATOM-Vertrag befasst sich auch mit der Fusion. 1973 wurde Bau des JET (Joint European Torus) in Culham beschlossen. 1983 ging die Anlage in Betrieb. Zur Zeit weltgrößter TOKAMAK

Nicht-militärische Anwendung zur Energieerzeugung

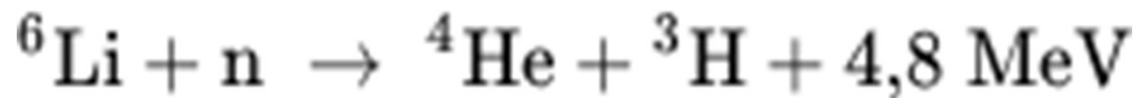
- JET: 1991 erstmals Erzeugung einer nennenswerten Energiemenge.
1997: Erzeugung von 16 MW, bei 24 MW Heizleistung.
- Wendelstein-7: 2015 erstes Plasma
- ITER ist die „größte Maschine der Welt“: Baubeginn: 2007, Montage:
Juli 2020 in Cadarache (Frankreich)
- HL-2M (China) Dezember 2020
- SPARC: Firma Commonwealth Fusion Systems in Kooperation mit MIT
Baubeginn 2021. SPARC ist ein kompakter TOKAMAK
- MAST am Standort Culham: 1999 (Spährischer TOKAMAK)

Aktuelles

- Eine positive Energiebilanz wurde erstmals 2022 in der National Ignition Facility (USA) erzielt (Laserbefeuerter Trägheitseinschluss → Alternativkonzept.
3 MJ Fusionsenergie Output bei 2 MJ Laser-Energie. Wermutstropfen:
Elektrische Energie f. d. Laser: 300 MJ
- ITER soll 500 MW Output bei 50 MW Heizleistung über 1000 Sekunden erreichen. Geplante Fertigstellung: 2034
- Mögliche Anordnungen: Stellerator, Tokamak, Trägheitseinschluss, Kalte Fusion (wahrscheinlich) nur zur Neutronenerzeugung

Ausblick

- Einige private Firmen:
 - Firma Commonwealth Fusion Systems
 - General Atomics etc.
- Man hofft mit staatlicher Unterstützung in den nächsten 10 Jahren den Durchbruch zum Dauerbetrieb zu schaffen.
- In Deutschland fällt Fusion nicht unter das „Atomgesetz“! Daher will man mit der Kern-Spaltung auch nicht zusammenarbeiten.
- Hauptproblem sind die Materialien, die die riesigen Magnetkräfte aushalten, nicht die Temperaturen (z.B. Graphitauskleidung beim ITER) u. die Tritium-Erzeugung, daher Versuch der „Selbsterbrütung“:



Quelle: Wikipedia

Fazit

- Fusions-Kraftwerke: Eine Frage des Geldes und der personellen Ressourcen weltweit.
- Technologie-Offenheit zur Zeit.
- Ideen außerhalb der Energie-Erzeugung: Gold u. andere seltene Elemente
- Es bleibt spannend!