

# Fusionsreaktoren (Konzepte)

Leon Schwarzer und Emile Hansmaennel

Theodor-Fliedner-Gymnasium

December 12, 2017



# Was ist ein Fusionsreaktor?

Ein **Kernfusionsreaktor** oder **Fusionsreaktor** ist eine technische Anlage, in der die **Kernfusion** von Deuterium und Tritium als **thermonukleare Reaktion** kontrolliert abläuft.

Wikipedia - Kernfusionsreaktor



# Warum nutzen wir keine Fusionsreaktoren?

Zu viel Energie rein → zu wenig Energie raus

# Stellaratoren / Tokamaks

Stellaratoren → USA

Tokamaks → Sowiet-Union

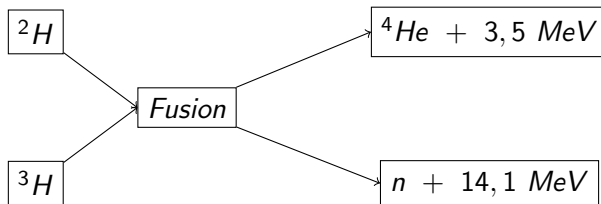


# Was passiert bei der Kernfusion?

Kernfusion von Deuterium und Tritium als thermonukleare Reaktion:

## Was passiert bei der Kernfusion?

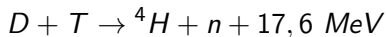
Kernfusion von Deuterium und Tritium als thermonukleare Reaktion:



Ein **Deuterium**- und ein **Tritium**-Atomkern verschmelzen zu einem **Heliumkern** unter Freisetzung eines **schnellen Neutrons**.

## Deuterium-Tritium-Reaktion

- Atomkerne verschmelzen zu einem neuem Kern
- Energie wird freigesetzt
- Atomkerne kommen sich sehr nahe (2,5 Femtometer)
- Masse Vorher > Masse Nachher → Differenz wird zu Energie



$$E = mc^2$$

## Fusion mit magnetischem Plasmaeinschluss

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.



# Plasmaaufheizung

- Ziel: Plasma auf über 1000 grad Celsius aufzuheizen

# Plasmaaufheizung

- Ziel: Plasma auf über 1000 grad Celsius aufzuheizen
- Achtung: (Deuteriumkerne haben bei 100 Mio. C eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 1000 km/s)

# Plasmaaufheizung

## Elektrisches Aufheizen

Das Plasma ist ein elektrischer Leiter und kann mittels eines induzierten elektrischen Stroms aufgeheizt werden. Dabei ist das Plasma die Sekundärspule eines Transformators. Allerdings steigt die Leitfähigkeit des Plasmas mit steigender Temperatur, so dass der elektrische Widerstand ab etwa 20–30 Millionen Grad bzw. 2 keV nicht mehr ausreicht, das Plasma stärker zu erhitzen.

# Plasmaaufheizung

## Neutralteilchen-Einschuss

Beim Einschießen schneller neutraler Atome in das Plasma (neutral beam injection, kurz NBI) wird die kinetische Energie dieser Atome – die im Plasma sofort ionisiert werden – durch Stöße auf das Plasma übertragen, wodurch sich dieses aufheizt.

# Plasmaaufheizung

## Elektromagnetische Wellen

Mikrowellen können die Ionen und Elektronen im Plasma auf ihren Resonanzfrequenzen (Umlauffrequenz in der Schraubenlinie, die das Teilchen im Magnetfeld beschreibt) anregen und somit Energie in das Plasma übertragen. Diese Methoden des Aufheizens werden Ion Cyclotron Resonance Heating (ICRH), Electron Cyclotron Resonance Heating (ECRH) und Lower Hybrid Resonance Heating (LHRH) genannt.

# Plasmaaufheizung

## Magnetische Kompression

Das Plasma kann wie ein Gas durch schnelles (adiabatisches) Zusammenpressen erwärmt werden. Ein zusätzlicher Vorteil dieser Methode ist, dass zugleich die Plasmadichte erhöht wird. Nur von Magnetspulen mit veränderbarer Stromstärke erzeugte Magnetfelder sind geeignet, das Plasma zusammen zu pressen; von supraleitenden Magnetspulen erzeugte Magnetfelder sind dafür nicht geeignet, weil ihre Stärke unveränderlich ist.

# Magnetfeld

- Hält das Plasma zusammen, damit es nicht die Gefäßwand berührt → Torusförmiges, verdrehtes Magnetfeld
- Besondere Verformungen entfernen die unerwünschten Ionen und andere Verunreinigungen

## Vorkommen und Beschaffung

Auf der Erde gibt es:

$\approx 2,5 \cdot 10^{13}$  Tonnen Deuterium  $\rightarrow$  genug ,aber kein Tritium!

Es wird  ${}^6\text{Li}$  genutzt, dass in Tritium umgewandelt wird:





## Tritiumbrüten und Neutronenvermehrung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

# Brennstoffnachfüllung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

## Entfernen von Helium und Verunreinigungen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

## Materialien / Chemikalien

- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit
- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit,
- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit,
- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit,

# Aufbau

Wo sind wir zurzeit???

# Quellen

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Kernfusionsreaktor>
- <https://www.iter.org/proj/inafewlines>