

## SPD BEZIRK BRAUNSCHWEIG 20. MAI 2015

**Prof. Dr. Bruno Thomauske**RWTH Aachen
Institut für Nukleare Entsorgung und Techniktransfer (NET)



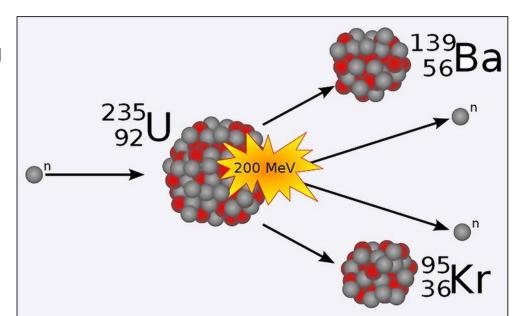


### **INHALT**

- 1. Kernfusion Kernspaltung
- 2. Alternativen der Kernfusion
- 3. ITER der Durchbruch für die Kernfusion?
- 4. Wann ist mit einer ersten Fusionsanlage zur Stromerzeugung zu rechnen?

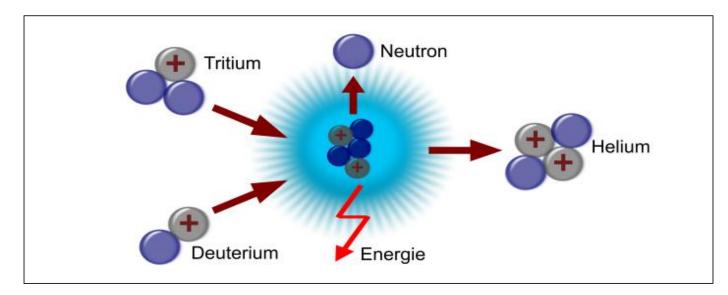
5. Thesen: pro – contra Fusionsforschung

### Kernspaltung



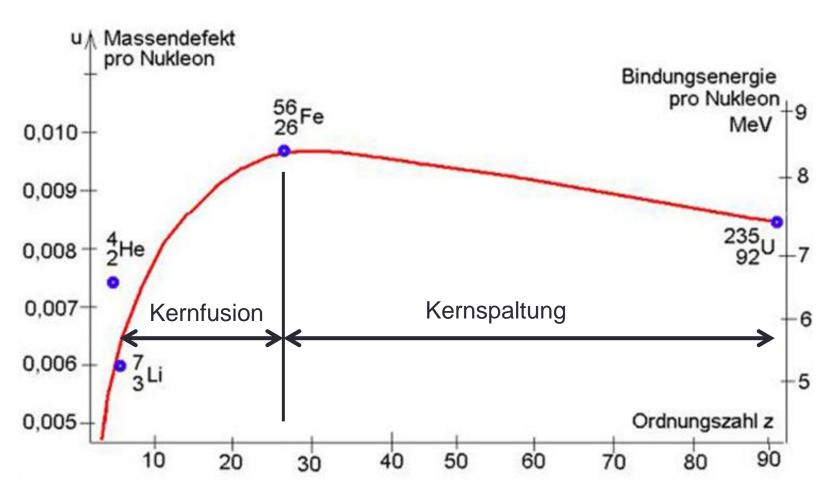


### Kernfusion





# ENERGIEGEWINN: KERNFUSION- KERNSPALTUNG



20. Mai 2015

Prof. Dr. Bruno Thomauske, Kernfusion



## WAS IST KERNFUSION?

- Fusion ist die Energiequelle der Sonne
- Wasserstoffkerne werden zu Helium verschmolzen
- Der Prozess verläuft effektiver, wenn nicht Wasserstoff sukzessive zu Helium verschmolzen wird sondern Deuterium und Tritium
- Kernbausteine:
  - Proton
  - Neutron









Deuterium + Tritium

→ Helium + Neutron + Energie

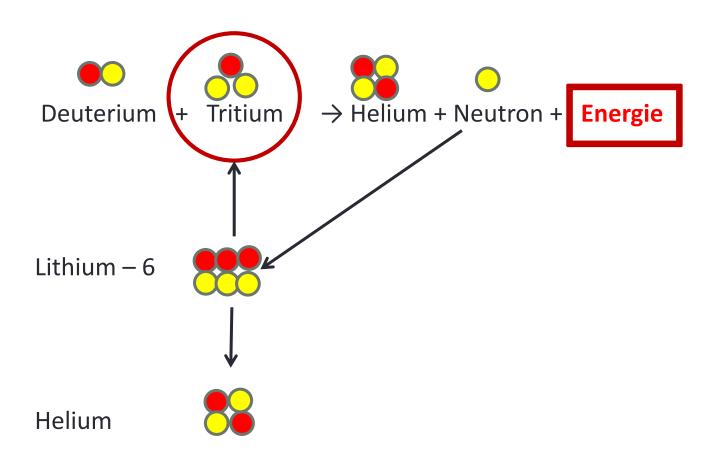


## **BRENNSTOFF**

- Bei der Fusion der beiden Isotope Deuterium und Tritium entsteht ein Heliumatom mit einer Energie von 3,5 MeV und ein Neutron mit einer Energie von 14,1 MeV.
- Um 100.000 kWh Energie zu gewinnen bräuchte man
  - 1,1 g Brennstoff oder
  - 13 Tonnen Steinkohle
- Deuterium ist zu 0,015 % in Wasser enthalten und stellt daher kein Rohstoffproblem da.
- Tritium ist hingegen ein Betastrahler mit einer Halbwertzeit von 12,3 Jahren, weswegen es nicht in der Natur vorkommt.
  - Allerdings kann man es durch Kernfusion aus Lithium erbrüten, wobei jeweils ein Tritium- und ein Heliumteilchen entstehen. Mit dem Lithium kann man dann die Wandelemente beschichten und bei der Spaltung des Lithiums die durch das Neutron transportierte Energie abführen.



## WAS IST KERNFUSION?





## LITHIUM - VERBRAUCH

#### **Brennstoffbedarf:**

Anlage von 1.000 MW<sub>el</sub> für 1 Jahr zur Produktion von 7.000.000 kWh

- 100 kg Deuterium
- 200 kg Lithium 6

#### Vorkommen von Lithium:

- 0,006% in der Erdkruste (seltener als Zink, Kupfer und Wolfram aber etwas häufiger als Kobalt, Zinn und Blei)
- Lithium 6 Anteil beträgt 7,6 % an Lithium Vorkommen

Jährliche Nachfrage im Jahr 2050 nach Lithium: 200.000 – 600.000 t

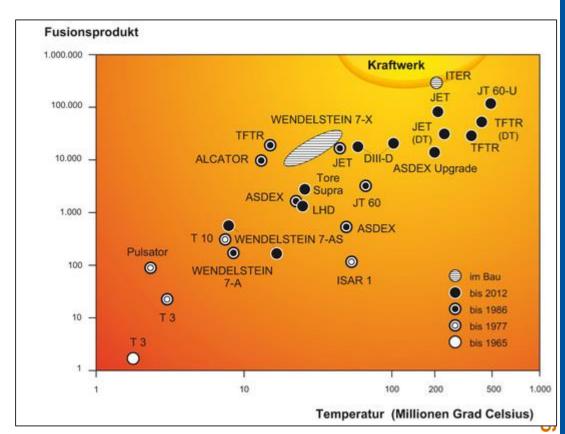


# ZÜNDBEDINGUNGEN

Dichte: 10<sup>14</sup> Teilchen pro cm<sup>3</sup> (1/250.000 der Dichte der Atmosphäre)

Temperatur: mehr als 100 Mio. °C

Einschlusszeit: mehr als 2 sec



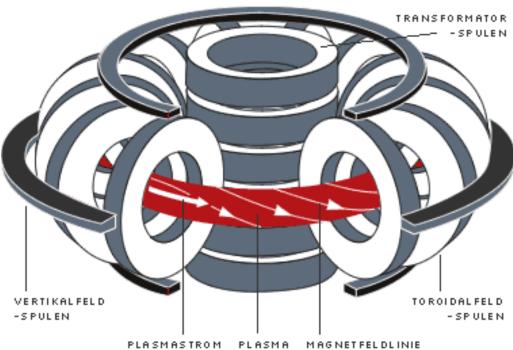


## **EINSCHLUSS + HEIZUNG**

 Wegen der hohen Temperatur kann das Fusionsplasma nicht in einem Gefäß eingeschlossen werden

→ Einschluss durch Magnetfeld

 Heizung erfolgt durch Einschuss neutraler Teilchen





## **2 KONZEPTE**

**TOKOMAK: (z.B. ITER)** 

pulsweiser Betrieb

am besten untersucht,

kommt am nächsten an die Zündbedingungen heran;

3 Spulensysteme

#### **Stellarator:**

kontinuierlicher Betrieb;

1 Spulensystem mit sehr komplizierter Geometrie



### **ITER**

### ITER: International Thermonuclear Experimental Reactor

#### Forschungsschwerpunkte:

- Plasmaheizung, -diagnostik und -kontrolle
- Erprobung verschiedener Konzepte zum Erbrüten von Tritium
- Brenndauern von bis zu einer Stunde.
- Ausstattung mit supraleitenden Magnetspulen.

### **Anlagenleistung:**

- 500 MW über jeweils 5 Minuten
- Eigenverbrauch: 50 MW
- ITER ist nicht zur Stromgewinnung konzipiert sondern zur Forschungszwecken



## **ITER - ORGANISATION**

**Standort: Cadarache/Frankreich** 

### Projektbeteiligte:

- EU (Europäische Atomgemeinschaft (EURATOM)),
- China Indien, Japan, Russland, Südkorea, USA

### Vertrag trat am 24.10. 2007 in Kraft

#### **Kosten:**

• Errichtung: EU 45% (davon Frankreich 40%), die übrigen jeweils 9%

Betrieb: EU 34%

• Kosten EU: 6,6 Mrd. €

• Gesamtkosten: 16,5 Mrd. €?



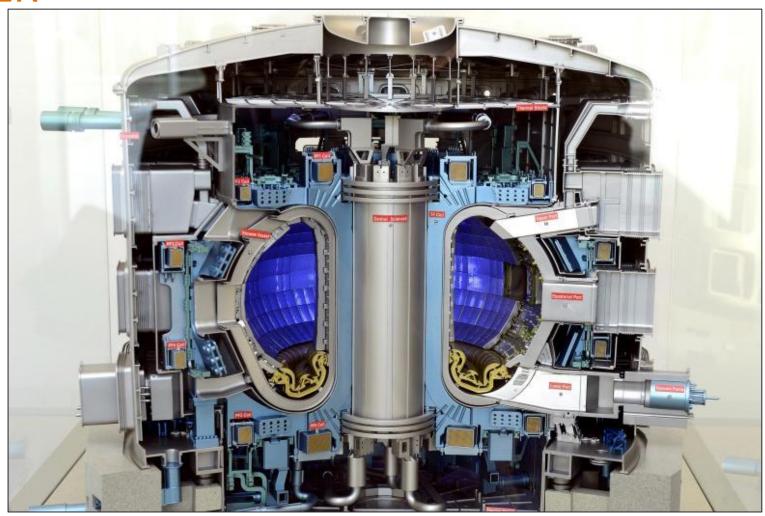
# **BAU DES ITER**







# **ITER**





## **DATEN ZU ITER**

Gesamtradius (über alles):

Höhe (über alles):

Gewicht:

Plasmaradius:

Plasmahöhe:

Plasmabreite:

Plasmavolumen:

Magnetfeld:

Maximaler Plasmastrom:

Heizleistung und Stromtrieb:

Wandbelastung durch Neutronen:

Fusionsleistung:

Brenndauer:

15 Meter

30 Meter

15000 Tonnen

6,2 Meter

7,4 Meter

4,0 Meter

837 Kubikmeter

5,3 Tesla

15 Megaampere

73 Megawatt

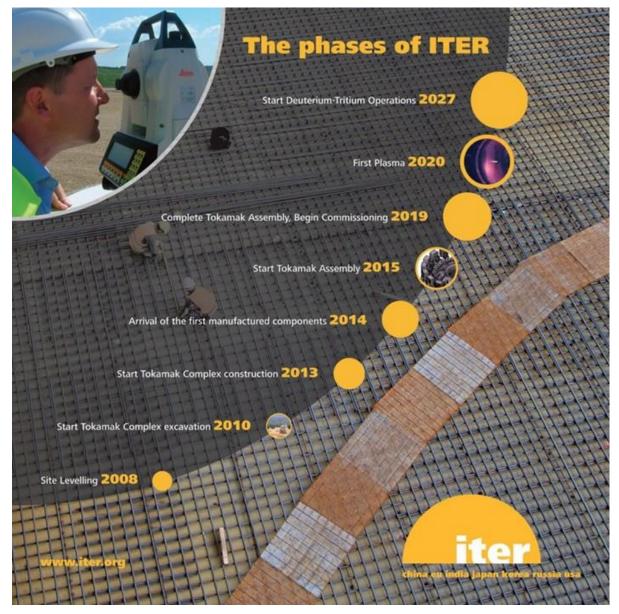
0,57 Megawatt pro m<sup>2</sup>

500 Megawatt

≥300 Sekunden

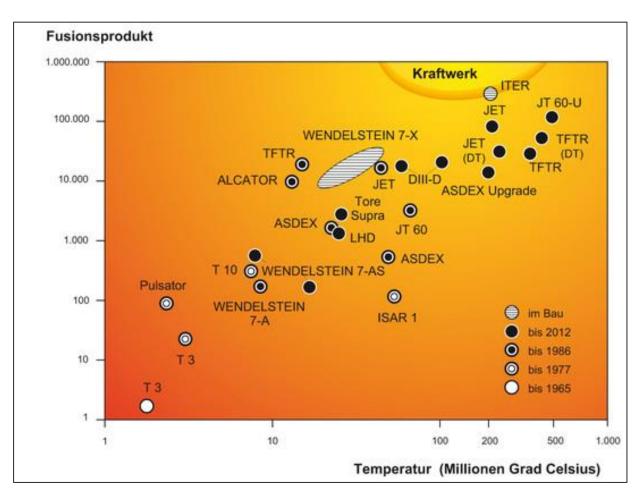
## **TERMINPLANUNG**





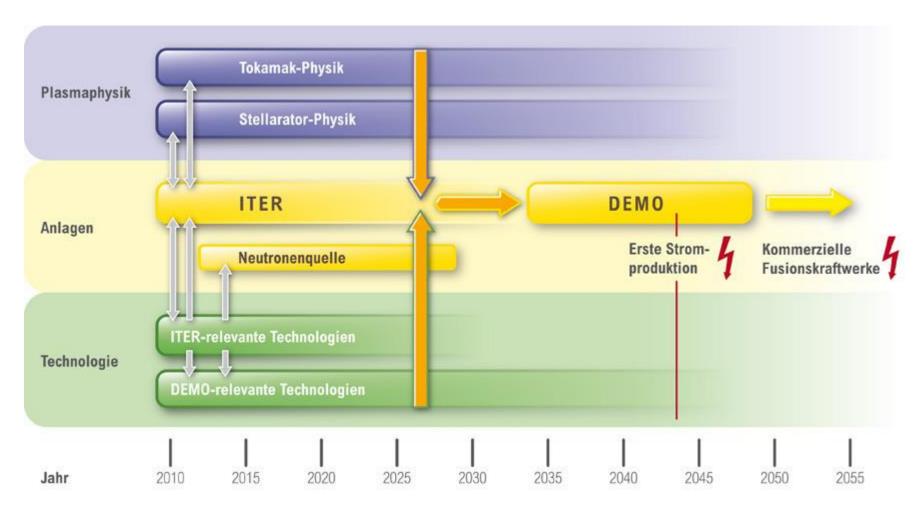


# WIE WEIT IST ES BIS ZUR LÖSUNG?





## WIE LANGE DAUERT ES?



20. Mai 2015

Prof. Dr. Bruno Thomauske, Kernfusion



# UNFÄLLE - ABFÄLLE

Ein Fusionskraftwerk hat einen geringen Energieinhalt → Zerstörung der Sicherheitshülle nicht möglich.

In der Brennkammer befindet sich etwa ein Gramm Deuterium und Tritium

#### **Eine Endlagerung ist nicht nötig:**

- In 30jähriger Betriebszeit wird zwischen 60.000 und 160.000 Tonnen radioaktiven Materials erzeugt.
- Das Material hat eine vergleichsweise geringe Halbwertszeit.
- Nach einer Wartezeit von 50 Jahren können von der Gesamtmasse des Fusionsabfalls je nach Bauart 30 bis 40 Prozent unbeschränkt freigegeben werden.
- Der übrige Abfall kann nach weiteren 50 Jahren rezykliert und in neuen Kraftwerken wieder verwendet werden.



## PRO UND CONTRA KERNFUSIONSFORSCHUNG

#### Pro:

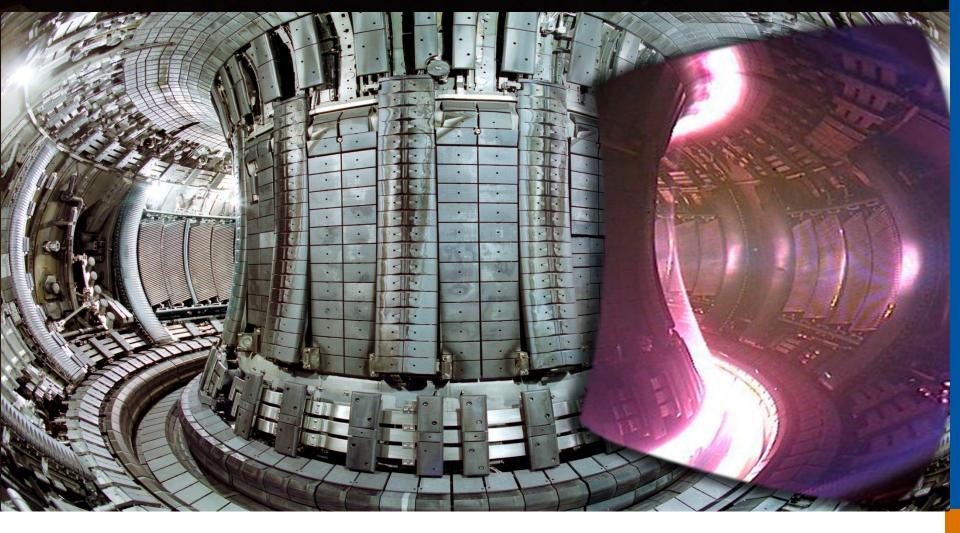
- Der globale Strombedarf wird weiter steigen.
- Kernfusion kann eine wichtige Rolle bei der zukünftigen Energiebereitstellung übernehmen.
- Sie stellt eine risikoarme und umweltverträgliche Energieerzeugungsform dar.
- Die Machbarkeit der Kernfusion wird heute nicht mehr bezweifelt. Es geht um konkrete Fragen der Optimierung.
- Kernfusion ist ein wirtschaftlich bedeutender Zukunftsmarkt.
- Es werden auch zukünftig große Anlagen zur Energiebereitstellung benötigt werden. Hier können die Kernfusionsanlagen die Kohlekraftwerke oder auch Kernkraftwerke ablösen.
- Deutschland spielt bislang eine wichtige Rolle im Bereich der Forschung.
   Wenn wir uns nicht aus allen Märkten (Gas, Kohle, Kernenergie,
   Solaranlagen, Bergbau, Medizinforschung, Gentechnik) verabschieden wollen, müssen wir auch in Forschung investieren.
- Dies ist auch wichtig, um bei Sicherheitsfragen als Ansprechpartner noch ernst genommen zu werden.
- Deshalb ist die Investition in Kernfusionsforschung im Rahmen der Daseinsvorsorge von Bedeutung.



## PRO UND CONTRA KERNFUSIONSFORSCHUNG

#### Contra:

- Die Kernfusion führt zu radioaktiven Abfällen
- Die Wirtschaftlichkeit der Kernfusionsanlagen ist nicht sichergestellt.
- Wenn die zukünftige Energieversorgung ausschließlich aus kleinen Anlagen (Wind/Solar/Biomasse/Hydropower) bestehen soll, haben große Anlagen keinen Platz mehr in diesem System der dezentralen Energieversorgung.



## PRO UND CONTRA KERNFUSIONSFORSCHUNG





## STROMERZEUGUNG MIT KERNFUSION

