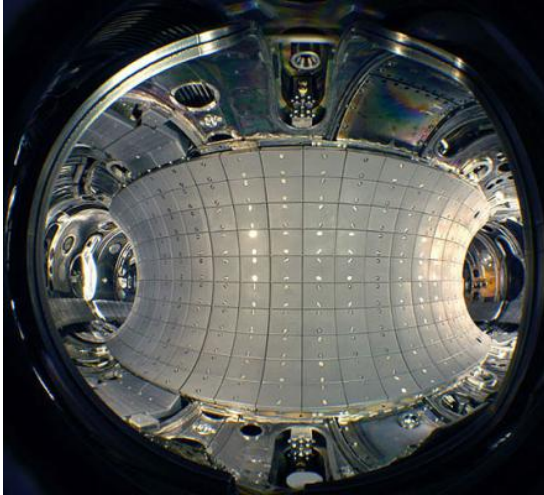


# Infoblatt Kernfusion



*Plasmagefäß des Versuchsreaktors TEXTOR (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik - Forschungszentrum Jülich)*

## Fusionsprozess, Reaktortypen und Umweltauswirkungen

Um seinen Energiebedarf zu decken, hat der Mensch zahlreiche Ressourcen nutzbar gemacht, doch sind diese zu einem Großteil endlich. So deuten Prognosen darauf hin, dass die heute unter wirtschaftlichen Aspekten förderfähigen Vorräte an Erdöl, dem Hauptenergieträger, in etwa 40 bis 50 Jahren verbraucht sein werden. Bei Erdgas werden 60, bei Kohle 180 bis 200 und bei Uran etwa 100 Jahre vorausgesagt. Auch erneuerbare Energien wie Wind-, Wasser- und Solarenergie sind derzeit nicht in der Lage, die zu erwartenden Versorgungslücken zu schließen. Gleichzeitig wird sich der Weltenergiebedarf nach Einschätzung der Weltenergiebehörde (IEA) nicht zuletzt durch die wirtschaftliche Entwicklung in China und Indien bis zum Jahr 2030 verdoppeln. Seit mehr als 50 Jahren wird daher die Möglichkeit erforscht, die in der Sonne wirkenden physikalischen Vorgänge, d. h. die Verschmelzung leichter Wasserstoffatome zu größeren Atomen, auf der Erde zu kopieren und in einem beherrschbaren Rahmen nutzbar zu machen. Sollte dieser "Kernfusion" genannte Vorgang in Reaktoren gelingen, würde dadurch eine schier unerschöpfliche Energiequelle zur Verfügung stehen.

## Der Fusionsvorgang

Die Kernfusion beschreibt den Prozess der Verschmelzung zweier Atomkerne zu einem neuen Kern, durch den eine große Menge Energie freigesetzt wird. Für eine solche Verschmelzung sind jedoch äußerst hohe Temperaturen notwendig, um die elektromagnetische Abstoßung (auch Coloumb-Barriere) der Kerne zu überwinden. Nur bei einer sehr dichten Annäherung wirken die anziehenden Kräfte der Atomkerne stärker als die abstoßenden. Um dies zu erreichen, müssen die Atomkerne mit großer Geschwindigkeit aufeinander treffen, die sie nur bei einer entsprechend hohen Umgebungstemperatur erreichen. Fusionsreaktoren benötigen daher eine relativ hohe Energiemenge, um diese Temperatur zu generieren und die Fusionsreaktion in Gang zu setzen.

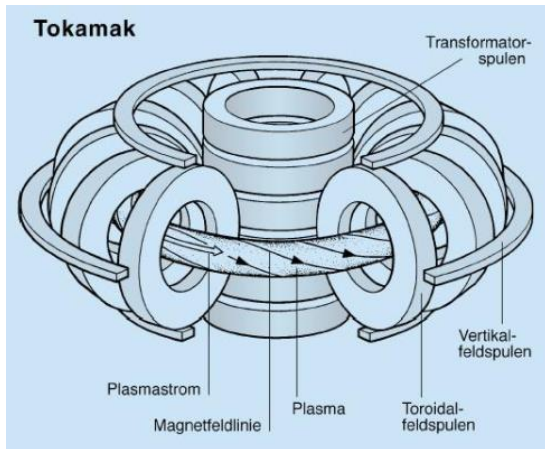
In der Kernfusionsforschung versucht man diesen Prozess mittels Verschmelzung von Deuterium- und Tritiumatomen zu Heliumatomen durchzuführen, da von den möglichen Verbindungen diese die höchste Energieausbeute bei der niedrigsten Reaktionstemperatur, 100 Mio. °C, verspricht. Da kein Material einer solchen Temperatur standhalten könnte, wird das Wasserstoffgas bzw. das Plasma in einem Magnetfeld eingeschlossen. Bei der Fusion werden die im Deuterium und im Tritium gebundenen Neutronen freigesetzt, das entstehende Heliumatom besitzt keine Neutronen. Die hierdurch anfallende Energie wird in Form von Wärme und Strahlung durch die Bewegung der Neutronen und des Heliumatoms in einem Verhältnis von 4:1 freigesetzt.

Die notwendigen Ausgangsstoffe Deuterium und Tritium sind dabei in schier unbegrenzter Menge verfügbar. Zwar gibt es auf der Erde keine nutzbaren natürlichen Vorkommen von Tritium, doch wird es während des Fusionsprozesses durch das Auftreffen der Neutronen auf eine Hülle aus dem Metall Lithium selbst erbrütet. Deuterium wiederum ist in Wasser enthalten.

## Reaktortypen

Um eine solche Fusionsreaktion kontrolliert und beständig ablaufen zu lassen, werden im Wesentlichen zwei Reaktortypen erforscht: der Tokamak und der Stellarator. Die Brennkammer, in der sich das Plasma befindet, hat eine toradiale bzw.

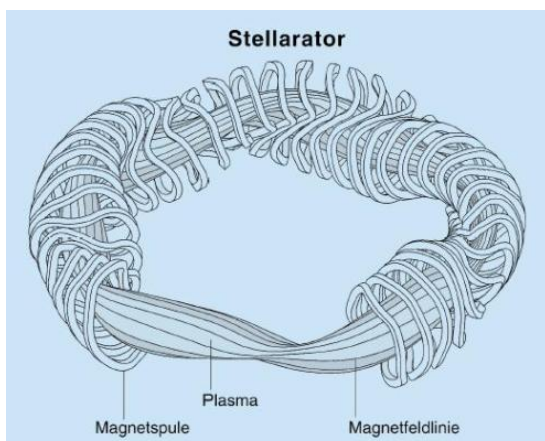
Ringform. Beide Reaktortypen halten das erhitzte Plasma mittels starker Magnetfelder in ihren Brennkammern. Aufgrund spezieller Eigenschaften müssen diese Magnetfelder nicht nur ringförmig um die Achse eines Torus laufen, sondern zusätzlich miteinander verdrillt sein, d. h. sich um den Plasmastrom "schrauben". Nur so ist ein wirksamer Einschluss des Plasmas zu gewährleisten. Tokamak und Stellarator nutzen unterschiedliche Methoden, um ein solches Magnetfeld zu erzeugen.



*Schematische Darstellung eines Fusionsreaktors vom Typ Tokamak (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik - Garching)*

Der Tokamak arbeitet mit drei Magnetfeldern, um die notwendige Verdrillung zu erreichen. Zum einen ist dies ein toradiales Magnetfeld, welches durch Spulen erzeugt wird, die den Torus außen ringförmig umschließen (Primärwicklung). Das zweite Feld, das für die "Verdrillung" sorgt, wird durch einen Stromfluss innerhalb des Plasmarings erzeugt, der von einer in der Achse des Torus befindlichen Transformatorspule induziert wird (Sekundärwicklung). Der Stromfluss übernimmt gleichzeitig die Anfangsheizung des Plasmas, um die Fusionsreaktion in Gang zu setzen. Um die Lage des Plasmafeldes zu fixieren, ist zusätzlich ein drittes, vertikales Magnetfeld von Nöten, das durch Spulen, die parallel zum Torus laufen, erzeugt wird. Der grundlegende Unterschied zum Stellarator liegt darin, dass die Fusionsreaktion beim Tokamak nicht kontinuierlich, sondern gepulst abläuft. Grund hierfür ist der Einsatz der Transformatorspule, da hiermit nur jeweils für einen gewissen Zeitraum ein ansteigender Strom genutzt und somit ein Strom im Plasmafluss erzeugt werden kann.

Das derzeit wichtigste Forschungsprojekt auf dem Gebiet der Tokamak-Reaktoren ist ITER (Internationaler Thermonuklearer Experimenteller Reaktor) im französischen Cadarache. Im Juni 2005 wurde der Bau des Reaktors von den Vereinigten Staaten, Japan, Rußland, China, Südkorea und der Europäischen Union parallel zu einer weltweiten Vernetzung der Fusionsforschung beschlossen. Nach 10jähriger Bauzeit soll der 4,57 Milliarden Euro teure ITER in einer 20jährigen Versuchphase den Durchbruch zur kommerziellen Nutzung der Kernfusion bringen. Mittlerweile gehen die Experten allerdings davon aus, dass der Bau des Reaktors die veranschlagten Kosten um 10 bis 100 % übersteigen wird, da es seit Projektstart u. a. zu einer Verteuerung der notwendigen Rohstoffe gekommen ist und verschiedene, für das Projekt relevante Neuentwicklungen sehr kostenintensiv sind. Aktuell (05/2010) wird von einer Verdreifachung der ursprünglich veranschlagten Summe auf fast 15 Mrd. Euro ausgegangen, die zu rund 40 % durch die EU aufzubringen sind. Durch diese enormen Kostensteigerungen sehen verschiedene beteiligte Staaten das Projekt mittlerweile als gefährdet an und wollen entsprechende Kostendeckelungen durchsetzen.



*Schematische Darstellung eines Fusionsreaktors vom Typ Stellarator (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik - Garching)*

Im Gegensatz zum Tokamak besteht bei einem Reaktor des Typs Stellarator nicht das Problem der gepulsten Fusionsreaktion. Hier findet die "Verdrillung" des Magnetfeldes allein durch äußere, um den Torus ringförmig angeordnete Spulen statt. Es sind weder ein Transformator noch die parallel zum Torus laufenden Spulen zur Erzeugung eines vertikalen Magnetfeldes nötig. Allerdings muss die Form der äußeren Spulen angepasst werden, sie sind räumlich gebogen und somit komplizierter als die beim Tokamak eingesetzten Spulen. Dafür kann das Magnetfeld besser geformt und seine Eigenschaften können leichter optimiert werden. Um die Kraftwerkstauglichkeit eines Stellarator-Reaktors zu erforschen, wird derzeit am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik am Standort Greifswald der Reaktor Wendelstein 7-X aufgebaut. Der Aufbau soll im Jahr 2014 abgeschlossen sein.

## **Umweltbelastung**

Um die mit der Kernfusion verbundenen Umweltbelastungen abschätzen zu können, wurden diese in der "European Fusion Power Plant Conceptional Study" anhand von vier zukünftigen Kraftwerkstypen analysiert. Das Ergebnis der Studie viel denkbar positiv aus. Demnach besteht keine Gefahr eines katastrophalen Unfalls wie dem GAU (Größter Anzunehmender Unfall) in einem konventionellen Kernreaktor. Würde es eine Störung z. B. in der Kühlanlage eines Fusionsreaktors geben, käme die Reaktion ohne Schädigung der Hülle sofort zum Erliegen. Auch die radioaktive Belastung durch den möglichen Austritt von radioaktivem Tritium o. ä. bliebe weit unter dem Grenzwert, ab dem eine Evakuierung der betroffenen Gebiete vorgeschrieben ist.

Ferner fallen bei der Kernfusion radioaktive Abfälle an, zum einen der radioaktive Brennstoff Tritium, zum anderen die durch die freigesetzten Neutronen aktivierte Reaktorhülle. Letztere würde ihre Radioaktivität allerdings sehr schnell verlieren, in 100 Jahren würde sie auf ein Zehntausendstel des Ausgangswertes sinken. In späteren Entwicklungsphasen sollen Deuterium und das radioaktive Tritium durch das stabile bzw. nicht strahlende Helium-3 ersetzt werden, so dass keine Radioaktivität mehr entstehen würde. Helium-3 ist auf der Erde allerdings nur in sehr geringen Mengen verfügbar. Da es auf dem Mond jedoch relativ große Vorkommen gibt, werden schon heute Überlegungen einer "lunaren" Förderung des Edelgases angestellt.

Kritiker sehen die Entwicklung von Fusionskraftwerken jedoch weniger optimistisch. Nach Angaben von Umweltschutzorganisationen wird durch den Fusionsreaktor ITER zehn Mal mehr radioaktives Tritium freigesetzt als durch die deutschen Kernkraftwerke zusammen (Bezugszeitraum 2006). Des Weiteren werden von verschiedenen Stellen die hohen Kosten für die Erforschung der Kernfusion und den Bau von Fusionsreaktoren sehr negativ gesehen, da diese Mittel in der Entwicklung und Verbesserung regenerativer Energiequellen eingesetzt werden könnten.

### **Quellen:**

Quelle: Geographie Infothek  
Autor: Kristian Uhlenbrock  
Verlag: Klett  
Ort: Leipzig  
Quellendatum: 2006  
Seite: [www.klett.de](http://www.klett.de)  
Bearbeitungsdatum: 06.06.2012

### **Autor/Autorin:**

Kristian Uhlenbrock

<http://www.klett.de/terrasse>  
Letzte Änderung: 28.07.2014