

## **Energiegewinnung durch kontrollierte Kernfusion ... und warum wir sie brauchen werden**

### ***Können wir unseren Bedarf mit klassischen erneuerbaren Energien decken?***

Unser Wohlstand beruht zu einem großen Teil auf der ausreichenden Versorgung mit Energie. Momentan wird der Bedarf europa- und weltweit weitgehend durch fossile Energieträger bereitgestellt, was zur Verknappung der entsprechenden Ressourcen und zur Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre beiträgt. Eine zentrale Aufgabe in diesem Jahrhundert besteht deshalb darin, diese Energieträger durch Alternativen zu ersetzen, die diese Nachteile nicht haben.

Eine fundierte und trotzdem gut verständliche Quelle stellt in diesem Kontext das Buch des Physikprofessors und Beraters der britischen Regierung David MacKay (2008) dar, das im Internet frei verfügbar ist. Der Großteil der allgemeinen Informationen im folgenden Text beruht auf dieser Quelle.

In typischen europäischen Ländern beträgt der Primärenergieverbrauch ca. 100-150 kWh pro Tag und Person. Er verteilt sich zu ca. einem Drittel auf Heizung, einem weiteren Drittel auf Transport und einem Drittel auf die Stromversorgung. Davon wird wiederum nur ein Teil von Haushalten direkt verbraucht und der Rest in Industrie und Gewerbe. Einsparungsmöglichkeiten gibt es in allen Bereichen, aber eine Verbrauchsreduktion von mehr als 40-50% geht mit erheblichem Wohlstandsverlust einher.

Die Unterscheidung von Haushaltsstrom und Gesamtenergiebedarf pro Kopf ist essentiell zur Beantwortung der Frage, welcher Anteil der fossilen Energieträger sich potentiell durch „klassische“ Erneuerbare, wie Windkraft, Wasserkraft und Photovoltaik ersetzen lässt. Während die private Stromversorgung z.B. in Österreich schon zu einem Großteil auf Erneuerbaren, vor allem Wasserkraft, beruht, ist es ungleich schwieriger, den Gesamtbedarf damit zu decken. Eine Überschlagsrechnung auf Basis der größten bestehenden Solaranlagen ergibt z.B. für die Energieversorgung der Stadt Leoben einen Flächenbedarf, der der Größe der Stadt selbst entspricht.

Die begrenzte Menge an nutzbaren Flüssen und die hohen Kosten und Flächenanforderungen von Windkraft- und Solaranlagen und die damit einhergehenden Konkurrenz z.B. zur Landwirtschaft führen dazu, dass eine weltweite Energieversorgung auf Grundlage dieser drei Energieträger unrealistisch erscheint. Das spiegelt sich beispielsweise in einer Studie der International Energy Agency (IEA) wieder, die bis 2050 vorhersagt, dass höchstens der zusätzliche Energieverbrauch aufgrund des Aufstiegs von Entwicklungs- und Schwellenländern damit gedeckt werden wird. Aus derzeitiger Sicht sind daher die vielversprechendsten Energieträger – nachdem die weltweiten Ölreserven verbraucht sind – zuerst Erdgas und dann Kohle. Verständlicherweise wird dieses Szenario von der World Coal Initiative (WCI) nicht ganz unvoreingenommen für das Ende dieses Jahrhunderts vorhergesagt.

### ***Hat die Kernfusion das Potential, einen entscheidenden Beitrag zu leisten?***

Die Energiegewinnung aus kontrollierter Kernfusion basiert auf der Verschmelzung von Kernen der Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium. Das hat im Vergleich zu bestehenden fossilen und erneuerbaren Energiequellen entscheidende Vorteile:

- Weltweite Verfügbarkeit der benötigten Rohstoffe (Deuterium, Lithium)
- Praktisch unerschöpfliche Vorräte (Millionen Jahre)
- Hohe Energiedichte (Fusionsenergie aus 1g Deuterium = Verbrennung von 10t Kohle)

Auch die Kernspaltung (längerfristig in Brutreaktoren) könnte mit ähnlichen Vorteilen theoretisch einige 1000 Jahre Energie liefern. Im Vergleich dazu hat die Fusion aber

- Keine langlebigen radioaktiven Abfälle (< 100 Jahre Lagerzeit)
- Keine Möglichkeit, kernwaffenfähiges Material abzuzweigen (Proliferation)
- Keine Gefahr von großflächiger radioaktiver Kontamination bei einem Unfall

Während es auf der Sonne aufgrund des hohen Gravitationsdruckes einfach ist, Wasserstoff direkt zu verschmelzen, ist es auf der Erde extrem schwierig, die notwendigen Bedingungen (vor allem Temperatur) für die „einfachste“ Reaktion von Deuterium und Tritium zu erreichen. In Experimenten wurden bereits 60% der Heizleistung als Fusionsleistung für einige Sekunden erzeugt – für einen kommerziell sinnvollen Reaktor sollte dieser Wert (Q-Faktor) für einige Stunden bei zumindest 10x der Heizleistung liegen. Zusätzlich muss noch kontinuierlich Tritium aus dem Wandmaterial aus Lithium erbrütet werden.

Die Demonstration, dass diese Anforderungen erfüllt werden können, soll im derzeit im Bau befindlichen Experiment ITER in Cadarache, Südfrankreich innerhalb der nächsten zwei Jahrzehnte erfolgen. Die längerfristige Perspektive ist in der „European Fusion Roadmap“ festgeschrieben, die kommerzielle Stromerzeugung aus kontrollierter Kernfusion für 2050 vorsieht.

Von Gegnern des Fusionsprogramms wird oft mit der „Fusionskonstante“ argumentiert, also dass es zu jedem Zeitpunkt noch 30 Jahre bis zur Stromerzeugung mit Kernfusion dauern wird. Diese Aussage beruht auf überhöhten Erwartungen aus den 1970er Jahren, bis zum Jahrtausende dieses Ziel erreicht zu haben. Bei genauerem Hinsehen wird aber klar, dass sich seitdem sehr viel getan hat. Beispielsweise haben sich die relevanten Plasmaparameter (höchste Temperatur, Dichte, etc.) seit den 50er-Jahren exponentiell verbessert und das mit einer höheren Rate als die Geschwindigkeit von Mikroprozessoren („Moore’s Law“). Der Unterschied besteht darin, dass auch schon ein Taschenrechner mit einem langsamen Chip funktioniert, während für die Kernfusion eine gewisse Grenze erreicht werden muss, für die der Bau einer sehr großen Anlage wie ITER erforderlich ist.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass es durchaus möglich ist, das Fusionsprogramm erfolgreich abzuschließen, aber dass es noch Zeit und Ressourcen benötigen wird. Im Vergleich zu den jährlichen Umsätzen von fossilen Energieträgern sind die Kosten aber immer noch sehr klein. Wenn wir Erfolg haben, ist das Energieproblem für viele Generationen gelöst – deshalb bin ich überzeugt, dass es den Aufwand wert ist und werde weiter auf diesem Gebiet forschen, selbst wenn ich das Fusionskraftwerk nicht mehr erlebe!

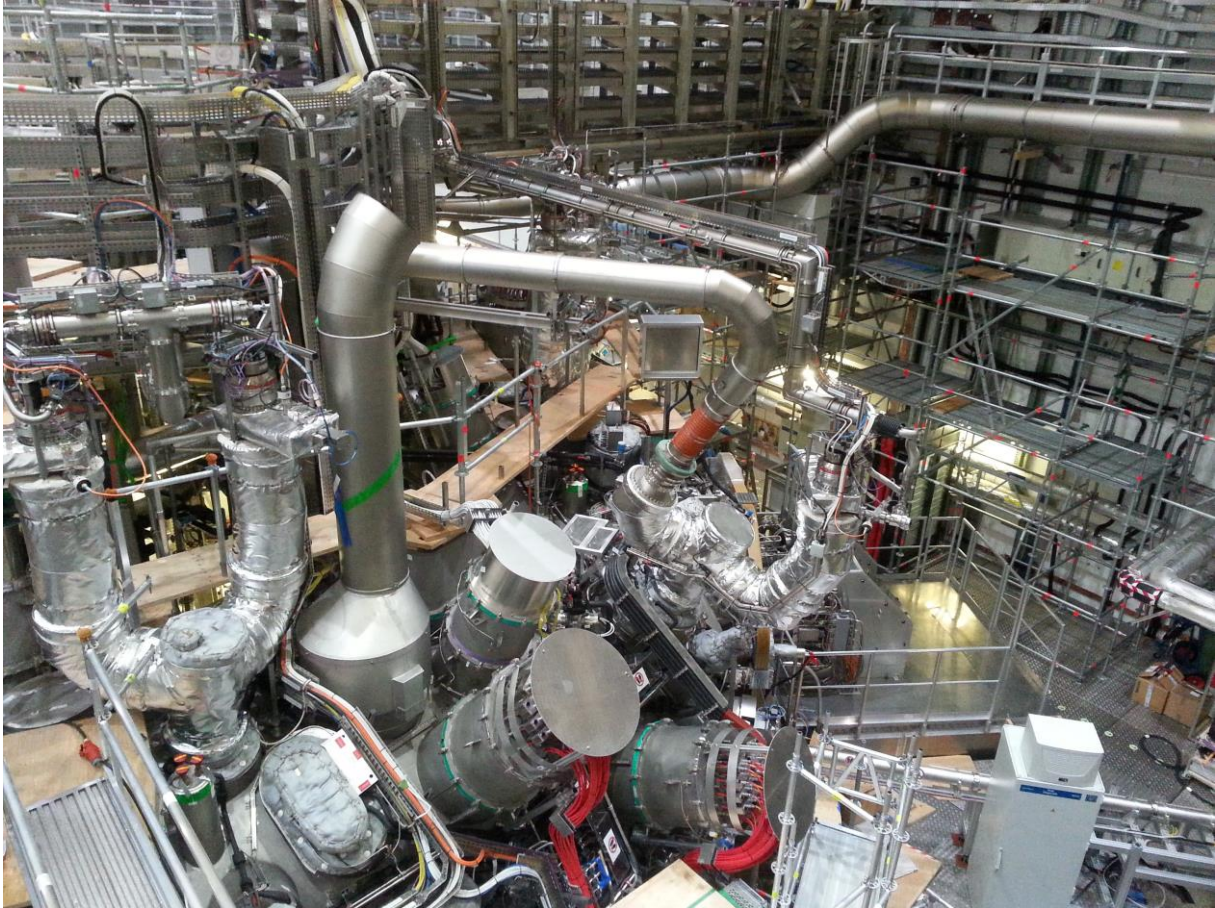


Abbildung 1: Bild des Vakuumgefäßes der Versuchsanlage Wendelstein 7-X (Stellarator).

**Literatur:**

MacKay, D. (2008). *Sustainable Energy-without the hot air* (<http://www.withouthotair.com/>)

Konzept Fusionskraftwerk: <http://www-ferp.ucsd.edu/najmabadi/PAPER/A1-086-06-FED.pdf>

IEA: <https://www.worldenergy.org/> „Composing energy futures to 2050”

WCI: <http://www.ichorcoal.com/our-business/market-research>

<http://fusionwiki.ciemat.es/>

<https://www.youtube.com/watch?v=MJpSrjitSMQ>