



## Kernfusion: eine Option für Energiesicherheit und Klimaschutz in Deutschland?

Voraussichtlich in der zweiten Jahrhunderthälfte könnte die Kernfusion eine wesentliche Rolle für die Energieerzeugung spielen. Wenn dies eine realistische Option sein soll, müssten bereits jetzt wichtige wissenschaftliche, regulatorische und technologische Voraussetzungen geschaffen werden.

### Kann Fusionstechnologie zu Energiesicherheit und Klimaneutralität beitragen?

Ja, aber es wird noch mindestens zwei bis drei Jahrzehnte dauern, bis Kernfusionskraftwerke zur Energieerzeugung Wirklichkeit werden könnten. Da Forschung und Entwicklung sowie der Bau künftiger Kernfusionskraftwerke einen **sehr langen zeitlichen Vorlauf** benötigen, wäre es bereits jetzt erforderlich, die rechtlichen und organisatorischen Voraussetzungen zu schaffen sowie die Fusionsforschung mit langfristiger Perspektive voranzutreiben.

Allein durch den Ausbau und die Weiterentwicklung erneuerbarer Energien wird der zunehmende weltweite Energiebedarf wahrscheinlich nicht zu decken sein. **Eine Entscheidung für die Fusionsenergie wäre keine Entscheidung gegen die Erneuerbaren Energien.** Das Potenzial aller klimaneutralen Technologien sollte ausgelotet und ggf. genutzt werden. Für die Kernfusion spricht unter anderem, dass sie CO<sub>2</sub>-neutral und vor allem grundlastfähig ist. Hinzu kommt, dass der Bau eines Fusionskraftwerks – anders als Photovoltaik und Windräder – nur ein sehr begrenzter Eingriff in die Landschaft wäre. Bei der Kernfusion sind Havarie-Risiken durch radioaktive Kettenreaktionen ausgeschlossen. Das unterscheidet diese Technologie grundlegend von der Kernspaltung. Außerdem werden durch die Kernfusion keine langlebigen hochradioaktiven Abfälle produziert. Fragen der sicheren Endlagerung stellen sich daher nicht.

In der Reihe „Leopoldina Fokus“ erscheinen Policy Briefs, die aktuelle Themen aus wissenschaftlicher Perspektive einordnen. Sie basieren auf Gesprächen des Präsidenten der Nationalen Akademie der Wissenschaften Prof. (ETHZ) Dr. Gerald Haug mit ausgewiesenen Expertinnen und Experten.



**Prof. Dr. Sibylle Günter** ist Vorsitzende des Direktoriums und Wissenschaftliche Direktorin des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik in Garching.



**Prof. Dr. Thomas Klinger** ist Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, und Leiter des Bereichs Stellardynamik und -transport.



**Prof. Dr. Wim Leemans** ist Mitglied des Direktoriums des Deutschen Elektronen-Synchrotrons DESY, Hamburg, und Direktor des Beschleunigerbereichs.

## An welchen Fusionstechnologien wird in Deutschland geforscht?

Deutschland gehört neben den USA, Japan, Frankreich und Großbritannien zu den weltweit führenden Nationen in der Fusionsforschung. Grundsätzlich wird zwischen zwei technologischen Grundansätzen der Kernfusion unterschieden: der Fusion mittels magnetischen Einschlusses (Magnetfusion) und der Trägheitsfusion (Laserfusion). **Deutschland gehört bei den beiden Konzepten der Magnetfusion, Tokamak und Stellarator, zur Weltspitze.** Mit dem Stellarator „Wendelstein 7-X“ verfügt Deutschland über einen Forschungsreaktor, der weltweit als der modernste und vielversprechendste angesehen wird. Es besteht darüber Einigkeit, dass der „Wendelstein 7-X“ großes Potential hat, um darauf aufbauend einen leistungsfähigen Prototypen für ein Fusionskraftwerk zu entwickeln.

Auch im Bereich der Laserfusion findet seit vielen Jahrzehnten Grundlagenforschung, überwiegend für militärische Zwecke, statt. Dafür wurden insbesondere in den USA erhebliche Mittel einge-

setzt. In Deutschland dagegen wurde wegen der *Dual-Use*-Problematik entsprechende Forschung nicht gefördert. Die jüngsten internationalen Durchbrüche in der Laserfusion wurden dennoch auch durch Komponenten ermöglicht, die in Deutschland entwickelt wurden, z. B. im Bereich der Brennstoffträger (Targets) sowie der Hochleistungslaser.

Die Europäische Fusionsforschung hat unlängst eine vorkonzeptionelle Designstudie (*Preconceptual Design Study*) für den **Prototypen eines Fusionskraftwerkes** basierend auf dem Tokamak-Konzept erfolgreich international begutachten lassen und veröffentlicht. Insbesondere Deutschland arbeitet parallel an einer *Preconceptual Design Study* für das Stellarator-Konzept. Wenn auf der Grundlage dieser wissenschaftlichen Vorarbeit ein Kraftwerk **in den nächsten 20 bis 30 Jahren** gebaut werden soll, müssten jetzt die Rahmenbedingungen dafür geschaffen werden.

## Was ist jetzt zu tun, damit in Deutschland ein Fusionskraftwerk ans Netz geht?

Wenn Kernfusion langfristig zur Energieerzeugung in Deutschland beitragen soll, müsste jetzt damit begonnen werden, die regulatorischen, forschungsinfrastrukturellen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu setzen.

### Rechtsrahmen schaffen

Essentiell für die erfolgreiche Realisierung eines Fusionskraftwerkes sind Rechtssicherheit und zügige behördliche Genehmigungsverfahren, deren rechtlicher Rahmen noch geschaffen werden müsste. Aufgrund der prinzipiell anderen Wirkmechanismen der Kernfusion im Vergleich zur Kernspaltung braucht es einen eigenen regulatorischen Rahmen. Mit dessen Entwicklung müsste zeitnah begonnen werden.

### Personal ausbilden

Wenn Fusionskraftwerke in der künftigen Energieversorgung etabliert werden sollen, braucht es hierfür gut ausgebildetes und hochspezialisiertes

Personal. In einem ersten Schritt wäre es somit notwendig, die entsprechende Grundlagenforschung auszubauen. Konkret bedeutet dies den Ausbau und die Etablierung von Lehrstühlen, Studiengängen, Nachwuchsgruppen und Forschungsanlagen.

### Innovationssystem entwickeln

Notwendig wäre darüber hinaus, Kompetenzen in der ingenieurtechnischen Umsetzung und im Großanlagenbau aufzubauen. Es bräuchte insgesamt die orchestrierte Entwicklung eines Innovationssystems, in welchem Forschung und Lehre eng mit Industrie- und Finanzierungspartnern kooperieren und gemeinsam mit staatlichen Akteuren die nötigen Voraussetzungen für den Bau eines Fusionskraftwerkes schaffen.

### Industriepartner finden

Die technische Realisierung eines Fusionskraftwerkes wäre nur in Kooperation mit industriellen

Partnern aus den Bereichen Kraftwerks- und Anlagenbau sowie der Energiewirtschaft möglich. Hierfür könnte ein tragfähiges Konsortium von deutschen und internationalen Industriepartnern gebildet werden, welches den Bau eines Fusionskraftwerks als zeitlich befristete Aufgabe realisiert.

### **Förderung langfristig sicherstellen**

Die mittel- und langfristige Finanzierung eines solchen Vorhabens würde die Vereinbarung und Umsetzung eines Finanzierungsplans für ein Magnetfusions-Kraftwerk in Höhe von mindestens 20 Mrd. € über 20 Jahre voraussetzen. Der Ein-

stieg läge bei deutlich weniger als 1 Mrd. € pro Jahr. Das Gesamtvolumen würde dem Aufwuchs für Investitionen in den eigentlichen Kraftwerksbau dienen.

Die hier kurz benannten technologieübergreifenden und idealerweise parallel ablaufenden Prozesse in Forschung und Entwicklung, technologischer Umsetzung, Finanzierung und staatlicher Regulatorik müssten bis 2030 weit vorangetrieben werden, wenn der Bau eines ersten Fusionskraftwerks in Deutschland bis 2050 realisierbar sein soll.

## **Hintergrund: Wie funktioniert Kernfusion?**

Die Kernfusion ist eine thermonukleare Reaktion, bei der ähnlich wie in der Sonne aus dem Verschmelzen leichter Atomkerne der Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium zu schwereren Helium-Atomkernen Energie gewonnen wird.

Bei der **Kernfusion mittels magnetischen Einschlusses** halten supraleitende Magneten das Plasma in der Reaktionskammer, damit die Verschmelzung der Wasserstoff-Atomkerne (Kernfusion) stattfinden kann. Um das zu erreichen, wird bei Temperaturen von 100–150 Mio. °C aus einem Wasserstoffisotopen-Gasgemisch ein Plasma erzeugt, in dem Atomkerne und Elektronen getrennt sind. Die dabei freiwerdenden Neutronen bremsen in der Wand ab, und die freiwerdende thermische Energie würde in einem Fusionskraftwerk über Wärmetauscher Wasserdampf erzeugen, der wiederum Dampfturbinen mit angekoppelten Stromgeneratoren antreibt. Die beiden gängigsten technischen Konzepte für Magnetfusionsreaktoren sind der „Tokamak“ und der „Stellarator“, die sich in der Konfiguration des Magnetfeldes unterscheiden, das zum Einschluss des Plasmas nötig ist.

Das Prinzip der **Trägheitsfusion** beruht auf der Nutzung intensiver Strahlung aus einem hochenergetischen Lasersystem, um ein Deuterium-Tritium-Gemisch in einer millimetergroßen runden Kapsel (auch Target genannt) in Bruchteilen von Sekunden zu komprimieren. Die beiden wichtigsten Ansätze bei der Trägheitsfusion werden als „indirect drive“ und „direct drive“ bezeichnet. Beim „indirekten Antrieb“ befindet sich das Target in einem Hohlraum, der die Laserstrahlung in Röntgenstrahlung umwandelt. Die absorbierte Strahlung erwärmt das Target und erzeugt ein Plasma, das sich nach außen ausdehnt, während der innere Plasmabestandteil komprimiert wird. Beim direkten Antrieb wird das gefrorene Brennstofftarget direkt der Laserstrahlung ausgesetzt.

**Herausgeber:** Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V.  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –  
Präsident: Prof. (ETHZ) Dr. Gerald H. Haug  
Jägerberg 1, 06108 Halle (Saale)

**Redaktion:** Dr. Christian Anton, PD Dr. Stefan Artmann, Johannes Schmoltd,  
Dr. Henning Steinicke, Dr. Sebastian Wetterich, Matthias Winkler.  
Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina.  
Kontakt: politikberatung@leopoldina.org

**Gestaltung und Satz:** Sisters of Design, Halle (Saale)



**Leopoldina**  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften

DOI: [https://doi.org/10.26164/leopoldina\\_03\\_00965](https://doi.org/10.26164/leopoldina_03_00965)