



## Deutscher Bundestag Wissenschaftliche Dienste

## **Aktueller Begriff**

Kernfusion: Unterschiede zur Kernspaltung und Stand der Forschung

Im Zuge der Transformation der deutschen Energieversorgung werden immer wieder die Möglichkeiten der Kernfusion diskutiert. Am 27. September 2023 befasste sich der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages in einer Öffentlichen Anhörung mit dieser Thematik. Um einen Überblick zu geben, werden im Folgenden die technischen Unterschiede zur Kernspaltung und der Stand der Forschung skizziert.

Die Kernspaltung wird im allgemeinen Sprachgebrauch als Atomkraft oder Kernkraft bezeichnet. Derzeit wird sie in gut 30 Ländern zur Energiegewinnung genutzt. Bei der Kernspaltung wird ein schweres Atom (in der Regel Uran-235) mithilfe eines Neutrons in mindestens zwei leichtere Atome gespalten. Dabei werden neben Energie auch mehrere Neutronen frei, die zur Spaltung weiterer schwerer Atome führen können. Um einen exponentiellen Anstieg der Spaltprozesse und damit eine unkontrollierte Kettenreaktion zu vermeiden, muss die Anzahl der freien Neutronen laufend begrenzt werden. Gelingt dies nicht, kann es zu schweren Unfällen kommen – wie 1986 in Tschernobyl und, bedingt durch eine Naturkatastrophe, 2011 in Fukushima. Deutschland hat im Jahr 2023 die Nutzung der Kernspaltung zur Energiegewinnung nach rund 60 Jahren beendet. Das Einlagern der hoch radioaktiven Abfälle in ein Endlager wird bis weit in die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts andauern und wird nach wie vor kontrovers diskutiert. Seit Jahrzehnten wird an sog. neuartigen Reaktorkonzepten geforscht, bei denen weniger radioaktive Abfälle anfallen. Ob und wann diese Reaktoren zur Verfügung stehen, ist Gegenstand der Forschung.

Seit Jahrzehnten versuchen Forschende, auch die Kernfusion zur Energiegewinnung zu nutzen. Als Brennstoff dienen in der Regel die schweren Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium: Ein Deuteriumkern und ein Tritiumkern fusionieren zu einem Heliumkern. Dabei wird ein Neutron frei, das einen Großteil der gewonnenen Energie aufnimmt und als Wärmeenergie abgeben kann. Es existieren aber auch Forschungsansätze unter Verwendung anderer Brennstoffe. Tritium ist die einzige radioaktive Variante des Wasserstoffs mit einer relativ kurzen Halbwertszeit (12,3 Jahre). Die technische Herausforderung der Kernfusion besteht darin, zwei Atomkerne, die sich aufgrund ihrer positiven Ladung abstoßen, nahe genug aneinander zu bringen, so dass sie fusionieren. Um die dafür notwendigen Temperaturen und Drücke herzustellen, gibt es zwei grundsätzliche Ansätze: Magnetfusion und Laserfusion. Bei der Magnetfusion wird ein Brennstoff durch ein torusförmiges (also donutförmiges) Magnetfeld eingeschlossen und durch einen induzierten Strom, eine Mikrowelle oder energiereiche Teilchen aufgeheizt. Bei der Laserfusion wird einer kleinen Menge Brennstoff mithilfe eines Lasers in so kurzer Zeit Energie zugeführt, dass ein hoher Druck entsteht und die Kernfusion stattfindet, bevor der Brennstoff explodiert.

Werden die für eine Kernfusion notwendigen Bedingungen (Druck und Temperatur) gestört, bspw. durch einen Unfall, bricht die Kernfusion ab. **Eine unkontrollierte Kettenreaktion wie bei** 

Nr. 04/24 (07. Februar 2024)

© 2024 Deutscher Bundestag

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung.

der Kernspaltung ist nicht möglich. Aufgrund der hohen Energiedichte des Brennstoffs sind für den Betrieb eines Fusionskraftwerks nur geringe Mengen Brennstoff notwendig. Deuterium kommt in der Umwelt in hinreichender Menge vor. Gelingt es, genügend Tritium während des Fusionsprozesses im Reaktor herzustellen, sind die notwendigen Brennstoffe in ausreichenden Mengen vorhanden. Bei der Fusion von Deuterium und Tritium entsteht Helium – im Gegensatz zur Kernspaltung ist das Produkt der Kernfusion selbst also nicht radioaktiv. Die freiwerdenden Neutronen aktivieren allerdings Reaktorbauteile (die Bauteile werden radioaktiv), insbesondere die Wände der Brennkammer. Diese könnten gegebenenfalls für den Bau neuer Reaktoren recycelt werden oder müssten relativ kurz (rund 100 Jahre) isoliert werden. Eine langfristige Endlagerung der radioaktiven Abfälle ist bei der Kernfusion nicht notwendig.

Weltweit befinden sich eine <u>Vielzahl von Forschungsanlagen</u> zur Kernfusion in Betrieb oder in Bau. Unmittelbares Ziel dieser Anlagen ist es nicht, durch Kernfusion freiwerdende Energie in elektrische Energie umzuwandeln. Ziel ist vielmehr ein Erkenntnisgewinn bezüglich der Prozesse in einem Reaktor, Materialforschung und möglicher Kraftwerkskonzepte. Zudem versucht man, die Kosten für ein späteres Kraftwerk zu reduzieren, damit der durch Kernfusion erzeugte Strom wirtschaftlich konkurrenzfähig wird. In Südfrankreich wird derzeit der International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) gebaut, das weltweit größte Forschungsprojekt zur Magnetfusion. Beteiligt sind neben den Mitgliedsstaaten der EU auch China, Indien, Japan, Südkorea, Russland und die USA. Viele kleinere Anlagen, an denen derzeit geforscht wird, arbeiten ITER zu ("satellite devices"). Der Bau des ITER begann 2010, die Installation des Fusionsreaktors im Jahr 2020. Voll funktionsfähig wird er frühestens in den 2030er Jahren sein. Die dort gewonnenen Erkenntnisse sollen anschließend in Demonstrationskraftwerke einfließen, die einen kontinuierlichen Netzbetrieb testen. Im Anschluss werden erste kommerzielle Kraftwerke gebaut. Der größte Forschungsreaktor in Deutschland ist der Wendelstein 7-X in Greifswald, betrieben vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik. Dort wird ein Reaktorkonzept mit komplex geformten Magnetspulen erprobt, das eine Alternative zum am ITER verfolgten Konzept mit einfacher geformten Magnetspulen sein könnte.

Ein weltweit breites Medienecho erfuhr im Dezember 2022 ein <a href="Experiment">Experiment</a> der National Ignition Facility (NIF) am Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) im Bereich der Laserfusion: Dem Forschungsteam gelang es erstmals, den Brennstoff so zu zünden, dass durch Kernfusion mehr Energie frei wurde (3,15 Megajoule), als dem Brennstoff mit dem Laser zugeführt wurde (2,05 Megajoule). Um den Laser zu betreiben, war allerdings ein Vielfaches an Energie (300 Megajoule) nötig. Die <a href="Forschungsgemeinde">Forschungsgemeinde</a> betrachtet das Experiment angesichts des Energieüberschusses innerhalb des Plasmas als einen wichtigen Schritt auf dem Weg zum Fusionskraftwerk.

Neben den staatlichen Forschungsanlagen widmen sich inzwischen auch immer mehr <u>private</u> <u>Unternehmen</u> der Kernfusion (weltweit, vor allem aber in den USA). In der oben genannten <u>Öfentlichen Anhörung</u> betonten die Sachverständigen einvernehmlich, dass es einer größeren Zahl von **Nachwuchskräften** und einer verstärkten **Förderung** bedürfe, um die (Magnet- wie Laser-) Fusionsforschung in Europa zu beschleunigen.

## Weiterführende Literatur:

- BMBF-Expertenkommission zur Laserfusion (2023): Memorandum Laser Inertial Fusion Energy, <a href="https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230522-memorandum-laser-inertial-fusion-energy.html">https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230522-memorandum-laser-inertial-fusion-energy.html</a>.
- EUROfusion (2018): European Research Roadmap to the Realisation of Fusion Energy, <a href="https://euro-fusion.org/eurofusion/roadmap/">https://euro-fusion.org/eurofusion/roadmap/</a>.