

Der Weg zum Fusionskraftwerk

GÜNTHER HASINGER

Der weltweite Strombedarf wird in diesem Jahrhundert etwa auf das Sechsfache ansteigen, die Hälfte davon nach 2050. Die Experten sind sich einig, dass diese gewaltige Nachfrage auf klimaverträgliche Weise nur durch den massiven Einsatz neuer Energietechnologien gedeckt werden kann. Wenn die Fusionsforschung erfolgreich ist, wird sie entscheidend dazu beitragen können, den steigenden Energiebedarf in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zu decken.

Die Vorteile der Fusionsenergie liegen auf der Hand: Ihr Brennstoff ist überall auf der Welt fast unbeschränkt verfügbar. Sie benutzt ein heißes Gas – ein „Plasma“ – aus den Wasserstoffisotopen Deuterium und Tritium, die aus Wasser beziehungsweise Lithium gewonnen werden. Eine Badewanne voll Wasser und das Lithium einer verbrauchten Laptop-Batterie könnten eine Familie für fünfzig Jahre mit Strom versorgen. Fusionskraft ist eine saubere Energie, es entstehen keine klimaschädlichen Kohlendioxid-Emissionen und keine langlebigen radioaktiven Abfälle. Allerdings ist Tritium ein radioaktives Element und die Wände des Kraftwerks werden durch beim Fusionsprozess erzeugte schnelle Neutronen aktiviert. Die dadurch verursachte Radioaktivität klingt aber innerhalb relativ kurzer Zeit ab und

benötigt deshalb kein geologisches Endlager. Da zu jeder Zeit immer nur eine kleine Menge Brennstoff im Plasma vorhanden ist, gibt es keine Explosionsgefahr und keine Kernschmelze. Im Gegensatz zu den klassischen erneuerbaren Energien wie Solar-, Wind- und Wasserkraft hat die Fusion eine extrem hohe Energiekonzentration, was minimale Landnutzung bedeutet. Sie ist unabhängig von Tages- oder Jahres-Schwankungen und deshalb ideal für die Grundlastversorgung von Ballungsräumen und großen Industriebetrieben. Wo heute ein Kohle- oder Kernkraftwerk steht, könnte später ein Fusionskraftwerk arbeiten.

Diese günstigen Eigenschaften motivieren die Anstrengungen der weltweiten Fusionsforschung seit ihren Anfängen. Als vor fünfzig Jahren das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) gegründet wurde, war der Weg zu einem Fusionskraftwerk allerdings noch völlig unklar. Die in den ersten Stellaratoren und Tokamaks erzielbaren Plasma-Werte entsprachen Fusionsleistungen von wenigen Milliwatt. Dem gegenüber steht eindrucksvoll das Weltrekord-Experiment des europäischen Gemeinschaftsprojekts JET (Joint European Torus) in Culham, England, das vor zwölf Jahren kurzzeitig eine Spitzenleistung von 16 Megawatt erreichte. Um mehr als das Milliardenfache ist die

Fusionsleistung damit gestiegen. JET hat – mit einer im IPP entwickelten Betriebsweise – Bedingungen erreicht, bei denen die eingesetzte Heizleistung durch die freigesetzte Fusionsleistung zu 65 Prozent zurück gewonnen wurde. Insgesamt ist man nur noch etwa eine Größenordnung von dem Zielwert für ein Fusionskraftwerk entfernt. Der nächste große Schritt ist die internationale Testanlage ITER, die derzeit in Cadarache, Südfrankreich, aufgebaut wird und zum ersten Mal ein Energie lieferndes Plasma erzeugen soll.

Bis zu einem fertigen Kraftwerk sind jedoch noch erhebliche Anstrengungen nötig. Wesentlich ist zunächst die Entwicklung eines magnetischen Einschluss-Systems, das in einem Grundlastkraftwerk zuverlässig einsetzbar ist. Anlagen vom Typ Tokamak – die derzeitigen Zugpferde der Forschung, auf deren Prinzip JET und ITER sowie die Garching Anlage ASDEX Upgrade basieren – arbeiten bisher nur im Puls-Betrieb. Wichtiges Forschungsziel sind daher so genannte „Advanced Szenarios“, die Langpuls- oder sogar Dauerbetrieb der Tokamaks möglich machen. Mit ASDEX Upgrade werden diese und andere Betriebsweisen entwickelt, die den Ansprüchen von ITER und einem Fusionskraftwerk genügen.

Eine attraktive Alternative bietet der von vorneherein zum Dauerbetrieb fähige Bautyp Stellarator. Mit dem Aufbau der Stellarator-Anlage Wendelstein 7-X in Greifswald liegt hier ein besonderer Schwerpunkt des deutschen Fusionsforschungsprogramms. Die experimentellen Arbeiten werden begleitet durch die theoretische Plasmaphysik, die nicht zuletzt wegen der rasanten Entwicklung moderner Hochleistungscomputer große Erfolge erzielt hat. Viele experimentelle Ergebnisse können heute durch umfangreiche numerische Simulationen quantitativ nachvollzogen werden. Ziel ist letztlich ein numerisches Fusionskraftwerk, also Simulationen auf Super-Computern, welche die Experimente an Wendelstein 7-X und ITER auf ein Demonstrationskraftwerk hin extrapolieren können.

All diese Arbeiten werden, zusammen mit den Ergebnissen der Materialforschung, in die Planung eines Demonstrationskraftwerks einfließen. Falls die Fusionsforschung plangemäß voranschreitet, könnte damit die Fusionsenergie etwa ab der Mitte des Jahrhunderts wirtschaftlich nutzbar werden.

„Eine Badewanne voll Wasser und das Lithium einer verbrauchten Laptop-Batterie könnten eine Familie für fünfzig Jahre mit Strom versorgen“