

Zweifel an dem Superprogramm für Energie : 12 Fragen zur Kernfusion

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-
Stiftung SES**

Band (Jahr): **2 (1983)**

Heft 1: **Wiederaufbereitung**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-586025>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

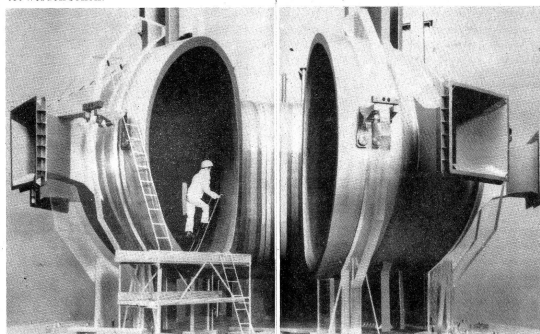
12 Fragen zur Kernfusion

Im Dezember 1982 wurden die ersten Erfolgsmeldungen zur Kernfusion um die Welt gesendet. Bald folgten die Dementis – so weit war man nun doch noch nicht mit dieser Technologie, die nach dem Vorbild der Sonne – «der grösste Fusionsreaktor» – alle Energieprobleme für die Zukunft lösen sollte. Die Hitze der Sonne auf der Erde bändigen – dies gibt der Wissenschaft Probleme auf, die alle Experimente bis heute in den Schatten stellen. Jochen Becke, Hochenergiephysiker am Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, zweifelt an der Realisierbarkeit, an der Ungefährlichkeit und an der Wirtschaftlichkeit der Kernfusion. Er stellte 12 kritische Fragen, untersuchte die Argumente der Fusionsbefürworter und zeigt auf, weshalb er nicht an diese Technologie glaubt. In dieser Nummer können Sie den ersten Teil seines Artikels lesen, die Fortsetzung folgt im Heft 2/83.

Die Verschmelzung oder Fusion von Atomkernen wird weithin als letzte grosse Möglichkeit zur Energiegewinnung angesehen. Uneinigkeit herrscht allerdings über den Weg, der beschritten werden soll, um diese Energiequelle zu erschliessen. Die einen wollen sich lieber ausschliesslich an einen extraterrestrischen Fusionsreaktor halten, nämlich die Sonne, und die zur Erde abgestrahlte Energie ökonomisch und ökologisch nutzen. Die anderen denken eher an den Bau grosser Reaktoren auf der Erde, jeder mit einer Leistung von wenigstens 3 bis 6 GW (thermisch), also rund 1 bis 2 GW (elektrisch). Das wäre etwas mehr als die Leistung eines grossen Kernkraftwerks. Die hierzu notwendige wissenschaftliche und technische Entwicklung ähnelt in manchen Zügen der des Schnellen Brütters: Bis zur Erstellung des kommerziellen Prototyps werden wohl jeweils rund zehn Milliarden Dollar verschlungen sein, für die Fusion eher noch das Zehnfache. Beide Reaktorlinien stellen extrem komplexe und deshalb anfällige Technologien dar. Zudem ist in beiden Fällen die Frage der Wirtschaftlichkeit völlig offen. Die Vertreter des Schnellen Brütters: Bis zur Erstellung des kommerziellen Prototyps werden wohl jeweils rund zehn Milliarden Dollar verschlungen sein, für die Fusion eher noch das Zehnfache. Beide Reaktorlinien stellen extrem komplexe und deshalb anfällige Technologien dar. Zudem ist in beiden Fällen die Frage der Wirtschaftlichkeit völlig offen. Die Vertreter des Schnellen Brütters: Bis zur Erstellung des kommerziellen Prototyps werden wohl jeweils rund zehn Milliarden Dollar verschlungen sein, für die Fusion eher noch das Zehnfache. Beide Reaktorlinien stellen extrem komplexe und deshalb anfällige Technologien dar. Zudem ist in beiden Fällen die Frage der Wirtschaftlichkeit völlig offen.

extrem hohen Temperaturen eine hinreichend lange Zeit eingeschlossen werden, damit die Fusion «zündet», das heisst genügend viele Fusionsreaktionen von Deuterium- mit Tritiumkernen stattfinden können: Die Temperatur muss einige 100 Millionen Grad C betragen, und das Produkt aus der Teilchendichte n und der Einschlusszeit t muss wenigstens 10^{14} cm^{-3} erreichen (Zünd-Kriterium). Das unter derart hohen Temperaturen vollständig ionisierte Gas wird Plasma genannt. Der Tokamak stellt eine bestimmte Konfiguration des magnetischen Einschlusses dar, die Ende der fünfziger Jahre von sowjetischen Physikern vorgeschlagen wurde. Das Plasma und sein Behälter haben beim Tokamak die Form eines Torus – eines in sich geschlossenen Ringes – und bei den «Pinches» und den Spiegelmaschinen die Form eines Zylinders. Neben dem magnetischen Einschluss gibt es das Prinzip des sogenannten Trägheitseinschlusses, wobei dem Brennstoff Pulse von sehr energiereichen Strahlen zugeführt werden (Laser-, Elektronen- oder Ionenstrahlen). Da hiermit die Explosion von Wasserstoffbomben simuliert werden kann, haben diese Forschungen eine militärische Komponente und werden in den meisten Ländern geheimgehalten. Für die Kernspaltung ist das Auftreten von radioaktiven Abfällen inhärent, das heisst prinzipiell unvermeidbar. Da dies für die Fusion nicht zutrifft, erscheint sie auf den ersten Blick viel vorteilhafter. Ein Fusionsreaktor kann auch nicht «durchgehen» – wie etwa ein Schneller Brüter. Dennoch enthält auch ein Fusionsreaktor ein sehr hohes Gefährdungspotential in Form von

- radioaktivem Tritium (10^6 bis 10^8 Ci, Halbwertszeit 12 Jahre),
 - chemischer Energie des Kühlmittels (flüssiges Lithium).
- Die hier skizzierten Prinzipien der Kernfusion führen auf eine Vielzahl von Problemen, von denen einige näher beleuchtet werden sollen.



1. Behauptung: Beim Fusionsreaktor wird die Strahlenbelastung gering sein. Ist sie es wirklich?

Bei der D-T-Fusion entstehen sehr energiereiche Neutronen, die in den Strukturmaterialien des Fusionsreaktors zu Strahlenschäden und zu induzierter Radioaktivität führen. Soweit bis jetzt absehbar, werden die Wände und Strukturen wahrscheinlich aus dem Chrom-Nickel-Stahl 316 SS bestehen, der durch den Neutronenfluss hochgradig aktiviert wird. Nach zweijährigem Betrieb eines solchen Reaktors wäre die Radioaktivität seines Inventars kaum niedriger als die eines Schnellen Brütters gleicher Leistung; die Radioaktivität wäre zudem sehr langlebig. Die verschiedenen Fusionssysteme unterscheiden sich in den verwendeten Materialien. Die langlebige Radioaktivität des Fusionsreaktors kann gesenkt werden, wenn geeignete Strukturmaterialien gewählt werden. Eine Aluminium-Legierung allerdings scheidet sicher aus, weil sie nicht hinreichend hitzebeständig ist, sich ausserdem nicht mit flüssigem Li-

thium verträglich sowie schwere Strahlenschäden erleidet. Die Nioblegierung würde eine hohe Betriebstemperatur gestatten und wäre auch leichter zu verarbeiten als die Vanadium- und Molybdänlegierungen, doch ist sie besonders anfällig für Strahlenschäden. Wegen der vielfältigen Anforderungen ist bisher kein Material eindeutig favorisiert. Die erste Wahl ist Stahl – wegen der reichen Erfahrungen der Stahlindustrie und den vielen vorhandenen experimentellen Daten über dieses Material. Die langlebige Radioaktivität kann noch weiter reduziert werden, wenn nicht nur die Elementzusammensetzung der Strukturmaterialien, sondern auch die

aktors wird es auf dem Weg vom Brüten über den primären Kühlkreislauf und die Zwischenkühlung in den Dampfkreislauf gelangen und dort die Turbinen aktivieren. Ausserdem wird es durch die Wände diffundieren und schliesslich in die Luft gelangen. Um die Diffusion des Tritium herabzusetzen, müssen wahrscheinlich besondere doppelwandige Rohre verwendet werden. Allerdings gibt es noch keine entwickelte Technik für die Herstellung und Verarbeitung solcher Rohre. Als grösster anzunehmender Unfall ist wahrscheinlich der Bruch der Hauptleitung der Lithiumkühlung anzusehen mit anschliessendem Feuer – Lithium reagiert sehr heftig mit Wasser und Luft und auch Beton – und einer Freisetzung von Tritium. Auch die Lagerung von ausgewechselten Maschinenteilen scheint nicht trivial zu sein. Einige dieser Teile werden stark mit Tritium kontaminiert sein und werden eben deshalb von den deutschen Lagerstätten nicht angenommen, jedenfalls nicht nach geltendem Recht.

3. Kann man überhaupt genügend Tritium erzeugen?

Ein ernstes und bisher nur unter Internen diskutiertes Problem werfen die neuen Kerndaten für Lithium auf, die am Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) und der Kernforschungsanlage in Jülich (KFA) gemessen und in Harwell/England bestätigt wurden: Die Bruttore für Tritium ist deutlich kleiner als bisher angenommen. Sie wird für einen realistischen Lithiummantel – mit Strukturmaterialien und Löchern zur Zufuhr des Brennstoffes und der Heizleistung und zur Abfuhr der Wärme, der «Asche» (Helium) und des nicht verbrannten Brennstoffs – dem Wert 1 bedenklich nahekommen, wenn nicht gar ihn unterschreiten. Eine Bruttore = 1 besagt, dass im Mittel jeder in der D-T-Fusion verbrannte Tritiumkern für seinen eigenen Nachschub sorgt, derart, dass durch die Reaktion der Fusionsneutronen mit Lithium jeweils ein neuer Tritiumkern entsteht. Wahrscheinlich könnte eine ausreichende Tritiumerzeugung nur dadurch sichergestellt werden, dass die Neutronen zuerst vervielfacht würden, etwa in einem Uranmantel. Das heisse aber, dass in einem D-T-Reaktor auch die bekannten Spaltprodukte der Uranspaltung und ausserdem Plutonium entstünden. Als Alternative zu Uran sind für die Neutronenvervielfachung auch Beryllium und Blei vorgeschlagen worden. Die Berylliumvorräte sind sehr begrenzt, die Verwendung von Blei wäre ebenfalls nicht problemlos, und Beryllium ist zudem äusserst giftig. Wenn als Ausweg aus diesem Dilemma vorgeschlagen wird, dass die Fusions-

energie aus der D-D- oder D-³He-Reaktion (anstelle von D-T) gewonnen werden soll, dann darf man sich nicht darüber hinwegtäuschen, dass für diese Reaktionen noch wesentlich höhere Temperaturen und Werte von $n \cdot t$ und damit wesentlich höhere Magnetfelder nötig wären. Ob ein D-D- oder D-³He-Reaktor jemals für ein Kraftwerk geeignet wäre, ist mehr als zweifelhaft.

4. Ist die zu erwartende Standzeit eines Fusionskraftwerkes wirtschaftlich?

Auch die Kraftwerkseignung der technisch viel einfacheren D-T-Reaktoren wird bestritten. Als derzeit aussichtsreichster Kandidat gilt der Tokamak. Von allen Problemen sei hier die Frage der Standzeit der ersten Wand und der angrenzenden Strukturen herausgegriffen. Es ist abzusehen, dass die Materialien durch den Neutronenbeschuss bereits nach einem oder zwei Jahren so spröde werden – neben weiteren Veränderungen wie «Schwellen» und «Kriechen» –, dass sie ausgewechselt werden müssen. Da sie aber hochgradig aktiviert sind, muss das Auswechseln mit Fernbedienung geschehen. Da die Konfiguration eines Tokamaks mit seinen untereinander verketteten Magnetfeldspulen kompliziert ist, käme das praktisch dem Neubau eines solchen Reaktors gleich. Und das alle ein bis zwei Jahre. Wäre das wirtschaftlich?

5. Entscheidend für Kraftwerke ist ihre Leistungsdichte. Beim Fusionsreaktor ist sie gering...

Die Wirtschaftlichkeit wird auch von der Leistungsdichte begrenzt, die für Tokamak-Kraftwerkentwürfe nur etwa 1 bis 2% des heute in Leichtwasserreaktoren üblichen Wertes beträgt. Die Leistungsdichte ist die zeitlich gemittelte thermische Leistung pro Volumen des Reaktors. Für einen sinnvollen Vergleich wählt man im Falle des Tokamak die Summe der Volumina von Plasmagefäss, Mantel, Abschirmung und Magnetsystem und im Falle des Leichtwasserreaktors das Druckgefässvolumen. Für Kraftwerke ist die Leistungsdichte ein entscheidender Parameter – im Gegensatz etwa zur Nutzung der Sonnenenergie. Schlussfolgerung in einer Veröffentlichung des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik: «Konfigurationsbedingte Probleme, niedrige Nettoleistungsdichte bei gleichzeitig hoher Systemkomplexität und aussergewöhnlich hoher Wartungsbedarf machen eine Reaktoreignung des Tokamak-Prinzips wenig wahrscheinlich.» (Fortsetzung folgt)