ERGEBNISSE VON TA-PROJEKTEN – NEUE TA-PROJEKTE

Monitoring „Kernfusion“

von Reinhard Grünwald und Dagmar Oertel,
Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim
Deutschen Bundestag

Ist Kernfusion eine unerschöpfliche, billige und umweltfreundliche Energiequelle der Zukunft oder ein Milliardengrab für Forschungsgelder? Kaum eine forschungspolitische Debatte ist so stark polarisiert wie die Debatte um die Kernfusion. Um diese Diskussion auf eine wissenschaftliche Grundlage zu stellen, hat das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag TAB einen Sachstandsbericht zum Thema vorgelegt (TAB 2002). Die folgende Darstellung gibt die Ergebnisse dieses Berichtes in gekürzter Form wieder.

1 Einführung

Der weltweite Energieverbrauch ist in den vergangenen Jahrzehnten stark angestiegen und wird bisher überwiegend durch fossile Energieträger gedeckt, deren Erschöpfung absehbar ist. Die Kernspaltung trifft auf massive Risiko- und Akzeptanzprobleme. Ob die Strategie-Optionen Energieeinsparungen und rationelle Energienutzung sowie der vermehrte Einsatz regenerativer Energieträger mittel- und langfristig ausreichen, um eine nachhaltige Energieversorgung zu gewährleisten, ist noch nicht zweifelsfrei geklärt.

Vor diesem Hintergrund erscheint die Kernfusion als eine interessante Option: Sie erzeugt kein Kohlendioxid, das radiologische Gefährdungspotential ist geringer als das eines Spaltreaktors und die heute favorisierten Brennstoffe – schwerer Wasserstoff und Lithium – sind weltweit in großer Menge verfügbar.

Auf der anderen Seite gibt es eine Vielzahl offener Fragen, sowohl was die technische Realisierbarkeit von Fusionskraftwerken angeht, als auch bezüglich ihrer Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Umwelt- und Sozialverträglichkeit.

Daher hat der Deutsche Bundestag das TAB beauftragt, einen Sachstandsbericht zu erstellen, der den gegenwärtigen Stand der Entwicklung der Kernfusion darstellt und deren Potenziale und Risiken beleuchtet. Dieser dient als wissenschaftliche Grundlage für die laufenden Beratungen im Bundestag.

Die Kernfusion stellt für Technikfolgenabschätzung eine besondere Herausforderung dar. Prognosen über Technikfolgen der Fusion sind wegen des langen Zeithorizontes von 50 Jahren außerordentlich schwierig und bedürfen einer sorgfältigen Interpretation. Methodisch erschwert wird die Beurteilung dadurch, dass „unabhängiges“ Know-how kaum existiert und von der Fusionsforschung angegebene Zahlen angesichts von möglicherweise darin enthaltenen Wunschvorstellungen nur sehr schwierig zu beurteilen sind.

Diesem Dilemma wurde so begegnet, dass die Argumente der Befürworter und Gegner auf der Grundlage einer Bundestagsanhörung (BFTA 2001), eines in Auftrag gegebenen Gutachtens (Basler & Hofmann 2001) und zusätzlicher Experteninterviews dargestellt wurden.

2 Stand der Entwicklung, Zeithorizont

Die Community der Fusionsforscher ist der Ansicht, dass über zwei Zwischenschritte, ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) und DEMO (Demonstration Fusion Powerplant), der Bau eines ersten kommerziellen Fusionsreaktors für etwa das Jahr 2050 angestrebt werden sollte. ITER soll die Beherrschbarkeit eines energieerzeugenden Plasmas unter Beweis stellen. Mit DEMO soll die technische Machbarkeit eines Fusionskraftwerks gezeigt und erstmals elektrischer Strom im Dauerbetrieb erzeugt werden. Hierfür sind etliche höchst anspruchsvolle wissenschaftlich-technische Herausforderungen zu bewältigen. Dass dies im Zeithorizont von 50 Jahren gemeistert werden kann, ist die feste Überzeugung der Fusionsforscher.

Allerdings wurden in der fast 50-jährigen Geschichte der Fusionsforschung die Schwierigkeiten für die Entwicklung eines Fusionskraftwerkes immer wieder unterschätzt, so dass der Realisierungshorizont weiter in die Zukunft gerückt werden musste und quasi zu einem „Moving Target“ wurde.

3 Was kostet die Fusionsforschung?

In der Europäischen Union wurden bis Ende der neunziger Jahre nahezu 10 Milliarden Euro für die Fusionsforschung aufgewendet. Deutschland hat in den letzten Jahren im Mittel etwa jährlich 130 Millionen Euro aus Bundesmitteln in die Fusionsforschung investiert. Zum Vergleich: Die FuE-Aufwendungen des Bundes für Erneuerbare Energien und rationelle Energieverwendung betrugen im Jahr 2000 153 Mio. Euro. Bis zur möglichen Realisierung der Stromerzeugung durch Kernfusion müssten nach heutiger Schätzung insgesamt etwa 60 - 80 Milliarden Euro aufgewendet werden. Für ITER werden 3,5 Milliarden Euro über zehn Jahre veranschlagt. Über die Durchführung von ITER, den entgeltigen Standort und die Verteilung dieser Summe auf die beteiligten Länder ist demnächst zu entscheiden.

4 Brauchen wir Kernfusion?

Alle globalen Energieszenarien (z. B. Shell 1995, WEC 1998, Nitsch 1999) gehen von einem weiter steigenden Energiebedarf aus. Danach wird der weltweite Bedarf an Primärenergie bis zum Jahr 2050 auf das Zwei- bis Dreifache des Wertes von 1990 zunehmen.

Die durch den steigenden Weltenergiebedarf und die Verknappung der fossilen Energieträger entstehende Lücke in der Energieversorgung wird in vielen Energieszenarien im Wesentlichen durch regenerative Energieträger geschlossen. Nicht ableitbar aus diesen Szenarien ist, inwieweit die geplante progressive Erschließung und Nutzung regenerativer Energiequellen, kombiniert mit der Ausschöpfung vorhandener Energieeinsparpotenziale, in der Praxis bis zum Jahre 2050 auch greift. Offen bleibt auch, inwieweit Versorgungsengpässe fossiler Energieträger hierbei eine Rolle spielen werden.

Regenerative Energieträger und Kernfusion werden für 2050 daher oft in einer gewissen Konkurrenz zueinander diskutiert. Gemeinsam ist beiden Optionen eine CO₂-freie Umwandlung von Energie und ihre Zuordnung zu den sog. „Zukunftstechnologien“, so dass sie prinzipiell Bausteine für eine von fossilen Energieträgern unabhängige Energieversorgung darstellen. Es ist aber durchaus eine Koexistenz

beider Optionen der Energiebereitstellung denkbar, etwa aus Klimaschutzgründen oder aus Sicht einer angestrebten Versorgungssicherheit mit einer entsprechend verfügbaren Technologievielfalt. Auch im Hinblick auf die Art der Anlagen liegt eine Komplementarität vor: Fusionskraftwerke wären als zentrale großtechnische Anlagen vor allem zur Sicherung der Grundlast in urbanen Regionen geeignet. Regenerative Energieträger hingegen werden eher in dezentralen kleineren Einheiten realisiert.

Eine funktionierende Fusionstechnologie wäre geeignet, in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts einen Beitrag zur Vermeidung von Klimaveränderungen zu leisten. Kurz- oder mittelfristig kann sie hierzu nicht beitragen. Allerdings üben Höhe und Umsetzungsgrad von Umwelt- und Klimaschutzziele einen signifikanten Einfluss auf die Struktur der Energieversorgung im Jahre 2050 aus: Werden diese Ziele vergleichsweise hoch gewichtet, müssten Fusionskraftwerke in einem Umfeld positioniert werden, welches wahrscheinlich durch die intensive Nutzung erneuerbarer Energieträger und einen geringer ausfallenden Energiebedarf gekennzeichnet ist. Dann würden zum Energiemanagement eher schnell regelbare Kraftwerke benötigt. Fusionskraftwerke – eher auf einen gleichmäßigen Dauerbetrieb ausgelegt – würden diese Funktion kaum erfüllen können. Bei vergleichsweise geringer Gewichtung dieser Ziele würde sich eher ein Bedarf an preisgünstigen Energiequellen bei wachsender Energienachfrage einstellen. Mit CO₂-frei erzeugtem Kernfusionsstrom wären dann zwar zusätzlich große Energiemengen bereitstellbar, allerdings wäre dieser nach heutigem Erkenntnisstand nicht konkurrenzfähig.

Entscheidend für eine weitere Verfolgung der Option Kernfusion ist daher nicht deren immenses quantitatives Potenzial der Energiebereitstellung, sondern die gewählte Strategie zur Energieversorgung im Jahre 2050.

5 Ist Kernfusion sicher?

Fusionsreaktoren sollen inhärent sicher sein. Ein wesentlicher Unterschied zu Spaltungsreaktoren besteht darin, dass unkontrollierte nukleare Kettenreaktionen in Fusionskraftwerken naturgesetzlich ausgeschlossen sind. Katastro-

phale Unfallszenarien sind dennoch denkbar. Welche Art von Unfällen mit welcher Wahrscheinlichkeit eintreten könnten und in welchem Umfang das radioaktive Inventar in diesem Fall freigesetzt werden könnte, ist umstritten, weil dabei Annahmen zum Reaktor-design gemacht werden müssen. Dass das Ziel der inhärenten Sicherheit erreicht werden kann, ist zur Zeit weder eindeutig bewiesen noch klar widerlegt, sondern hängt von den Ergebnissen einer noch über Jahrzehnte zu leistenden Forschungs- und Entwicklungsarbeit ab.

Bei der Zerstörung eines Fusionskraftwerks durch kriegserische Ereignisse oder Terrorismus würde voraussichtlich ein erheblicher Teil des radio- und chemotoxischen Inventars freigesetzt. Wird angenommen, dass der leicht mobilisierbare Tritiumanteil in einem Fusionskraftwerk durch gewaltsame Einwirkung vollständig freigesetzt wird, wären Evakuierungen der Bevölkerung auf einigen Quadratkilometern Fläche erforderlich.

Der Fusionsbrennstoff Tritium ist von besonderer Bedeutung für die Weiterentwicklung der Kernwaffenarsenale, weil er in verschiedenen fortgeschrittenen Kernwaffendesigns eingesetzt wird. Tritium hat aber auch Bedeutung für die Weiterverbreitung von Kernwaffen. Es stellt daher ein wesentliches Proliferationsrisiko beim Betrieb von Fusionsreaktoren dar. Das Risiko der Erbrütung waffenfähiger spaltbarer Materialien (z. B. Plutonium) ist jedoch bei einem reinen Fusionsreaktor eher niedriger als bei einem Spaltreaktor.

6 Ist Strom aus Kernfusion wirtschaftlich?

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Fusionsstrom gegenüber konkurrierenden Energieträgern ist höchst spekulativ. Alleine die Geschwindigkeit des technologischen Fortschrittes und die Kostenentwicklung bei konkurrierenden, z. B. regenerativen Energiesystemen, die von immenser Bedeutung für deren Konkurrenzfähigkeit ist, entziehen sich der langfristigen Vorhersagbarkeit. Jedoch gehen selbst Befürworter der Kernfusion davon aus, dass die Stromgestehungskosten aus heutiger Sicht eher höher als bei konkurrierenden Technologien liegen werden.

Als sicher gilt, dass die Investitionen gegenüber den Betriebskosten die Stromgeste-

hungskosten dominieren werden. Für eine Anlage mit 1.000 MW_e werden fünf bis sechs Milliarden Euro angegeben. Fusionskraftwerke werden damit sehr kapitalintensive Großprojekte sein. Die hohe Kapitalintensität von Fusionskraftwerken wäre insbesondere für den Einsatz in Entwicklungs- und Schwellenländern ein bedeutendes Hindernis. Aber auch in den Industrieländern wäre die hohe Kapitalintensität ein gewichtiger Nachteil für Fusionskraftwerke, wenn der gegenwärtige weltweite Trend zur Liberalisierung der Energiemärkte anhält, da lange Kapitalbindungen in einem liberalisierten Umfeld nicht vorteilhaft sind.

Energieversorgungsunternehmen werden Fusionskraftwerke jedenfalls nur dann annehmen, wenn sie einen eindeutigen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber etablierten Technologien erwarten lassen einschließlich eines Risikoaufschlages wegen der noch unbekannten Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit einer jungen Technologie. Insgesamt ist daher umstritten, ob auf DEMO bereits Fusionskraftwerke folgen können, die wirtschaftlich konkurrenzfähig betrieben werden können. Möglicherweise werden Anfangsschwierigkeiten eine weitere staatliche Unterstützung erforderlich machen.

7 Ist Strom aus Kernfusion umweltfreundlich?

Die gesellschaftliche Akzeptanz der Fusionstechnologie wird in hohem Maße davon abhängen, dass Umweltkriterien zum Zeitpunkt der Technologieentscheidungen angemessen berücksichtigt werden. Ein erheblicher Umweltvorteil der Fusionstechnologie liegt darin, dass beim Betrieb keine klimaschädigenden Treibhausgase entstehen.

Auf der anderen Seite stellen die in den Fusionsreaktoren erzeugten radioaktiven Abfälle ein unübersehbares Umweltproblem dar. Wie dieses zu bewerten sein wird, hängt vom Erreichen anspruchsvoller Ziele bei der Weiterentwicklung der Technologie und der verwendeten Materialien in den nächsten Jahrzehnten ab. Das zweite wesentliche radiologische Risiko ist der Brennstoff Tritium. Auf Grund seiner besonderen Eigenschaften ist der Umgang mit diesem Stoff nicht unproblematisch. Tritium ist sehr mobil und daher im Fall einer Freisetzung schwer beherrschbar. Für den

Tritium-Einsatz in Fusionskraftwerken sind noch zahlreiche Fragen zu klären und technische Fortschritte in der Verfahrenstechnik erforderlich (Tritiumanalytik, Verfahren zur Dekontamination tritiumhaltiger Oberflächen und Kühlwasser).

Die Ressourcensituation ist dagegen im Wesentlichen unproblematisch. Die heute bevorzugten Fusionsbrennstoffe, Deuterium und Tritium, das aus Lithium gewonnen wird, sind weltweit in großen Mengen vorhanden. Deuterium kann durch Elektrolyse aus Meerwasser extrahiert werden. Die entsprechenden Techniken sind bereits in größerem Maßstab erprobt. Tritium kommt in der Natur nur in geringsten Mengen vor und wird daher mit Hilfe von Neutronenstrahlung aus Lithium gewonnen, wobei zusätzlich Helium entsteht. Da die Fusionsenergie im Brennstoff in hoher Dichte gespeichert ist, sind kaum Transporte erforderlich. Die Mengen an Deuterium und Lithium, die jährlich für ein 1.000 MW_e-Fusionskraftwerk benötigt würden, könnten in einem einzigen Lastwagen angeliefert werden. Dabei werden keine radioaktiven Substanzen transportiert.

8 Ist Kernfusion sozial nachhaltig?

Durch Erschließung einer praktisch unerschöpflichen Energiequelle und die universelle Verfügbarkeit ihrer Brennstoffe ist Kernfusion geeignet, soziale Konflikte um Ressourcen zu vermeiden. Zudem trägt die ausgeprägte grenzüberschreitende Kooperation bei der Fusionsforschung zur internationalen Verständigung bei.

Dagegen lösen Großprojekte tendenziell in der Öffentlichkeit eher Skepsis aus. Fusionskraftwerke könnten auch deswegen auf Akzeptanzprobleme stoßen, weil sie ein wesentliches radioaktives Inventar enthalten und Endlager für radioaktive Abfälle erforderlich machen.

Die Energiegewinnung durch Kernfusion wird nur dann Akzeptanz in der Bevölkerung erlangen, wenn sie den Bedürfnissen und Anliegen der Gesellschaft entspricht. Reine Informations- oder Werbemaßnahmen für Zwecke der Akzeptanzbeschaffung haben sich im Wesentlichen als ungeeignet erwiesen. Zur Vermeidung von Akzeptanz- und Vertrauenskrisen ist ein frühzeitiger intensiver und ergebnisoffener

Dialog zwischen Wissenschaft, Interessengruppen und der Öffentlichkeit erforderlich.

9 Was tun?

Trotz der Wissensdefizite und der Bewertungsprobleme in diesem speziellen Fall besteht kein Grund, die Entwicklung der Fusionsenergie sich selbst zu überlassen. Zwar ist in vielen Fragen heute nicht verlässlich zu beurteilen, ob und inwieweit die Fusionsenergie den vielen Facetten des Nachhaltigkeitspostulates entspricht. Es ist aber möglich, bereits gegenwärtig entsprechende Anforderungen zu formulieren und die Bedingungen zu erkennen, unter denen Fusionsentwicklung diesen Postulaten entsprechen kann. Dann wiederum kann über Gestaltungspotentiale der Fusion aus gesellschaftlicher Sicht nachgedacht werden: Durch welche steuernden Eingriffe kann die Entwicklung so beeinflusst werden, dass diese Bedingungen realisiert werden? Es sind aus dieser Sicht folgende generelle Handlungsoptionen der Forschungspolitik möglich. Der Sinn der Optionen ist es, den gesamten Möglichkeitsraum für politische Gestaltung aufzuspannen. Die konkrete Positionierung in diesem Möglichkeitsraum ist der politischen Bewertung und Entscheidung vorbehalten.

Option „Kontinuierliche Fortsetzung“: Weitere intensive Forschung mit den bestehenden, im Wesentlichen den Vorstellungen der Fusionsforschungs-Community folgenden Schwerpunkten. Diese Option würde der Eigendynamik des Forschungsfeldes folgen.

Option „Gründliche Evaluation“: Umfassende Evaluation des Themenfeldes Kernfusion unter Einbeziehung von externem Sachverstand, mit Kriterien nachhaltiger Energieversorgung als Leitlinie. Daraus resultierende Gestaltungsanforderungen könnten in die weitere Technologieentwicklung integriert werden. Hier würde die Eigendynamik möglicherweise aufgebrochen, bis hin zur Formulierung von Umsteuerungs- oder Abbruchkriterien, falls es bei dem Phänomen des „Moving Target“ bleibt.

Option „Neuausrichtung“: Ausrichtung auf die schnellstmögliche Entwicklung der Kernfusion als Energietechnologie aktiv beenden und auf ein Forschungsprogramm mit dem Fokus eines breiter angelegten Verständnisses der wissenschaftlichen Grundlagen und alternativer Einschlusskonzepte zurückführen.

Hiermit würde ein Abbruch der Eigendynamik des Forschungsbereiches forciert.

Zentrale Herausforderung bleibt, unabhängigen Sachverstand aufzubauen, und einen breiten gesellschaftlichen Diskurs zu organisieren. Dies ist, angesichts der Schwierigkeit, dass eine direkte Betroffenheit in der Gesellschaft aufgrund der zeitlichen Ferne und der Lebensweltferne der Fusion kaum festzustellen ist, keine einfache Aufgabe.

10 Kontroverse

Das Thema Kernfusion wird in der Öffentlichkeit äußerst kontrovers diskutiert. Charakteristisch ist, dass es ausgesprochene Befürworter und dezidierte Gegner der Kernfusion gibt, aber das Feld zwischen diesen Extremen kaum besetzt ist. Auch im Bundestag ist dieses Phänomen zu beobachten. „Politfission um Kernfusion“ titelte beispielsweise ein Magazin anlässlich der Reaktionen der Parteien auf die Bundestagsanhörung (Berlinews 29.03.2001).

Bei der – für TAB-Berichte obligatorischen – Präsentation und Abnahme des Sachstandsberichts im Forschungsausschuss und in der daran anknüpfenden Plenardebatte des Bundestages anlässlich zweier Anträge zur Kernfusionsforschung wurde dies ebenfalls deutlich (Bundestag 2002, Berliner Zeitung 26.03.2002). Die Statements der Abgeordneten reichten von „dem Bundestag liegt mit dem Sachstandsbericht des TAB erstmals eine unabhängige wissenschaftliche Untersuchung zur Kernfusion vor“ bis hin zum Vorwurf der Bericht stehe „der Kernfusion einseitig kritisch gegenüber“ und zeichne sich durch „mangelnde Objektivität und tendenziöse Statements“ aus.

Auch international hat der TAB-Bericht ein gewisses Echo gefunden. So beabsichtigt das Europäische Parlament, den Bericht zur Grundlage der anstehenden Beratungen zu nehmen.

Insgesamt besteht die Hoffnung, dass der Bericht zu einer Versachlichung der Debatte beigetragen hat.

Literatur

Der dem Artikel zugrundeliegende Bericht ist als TAB Arbeitsbericht Nr. 75 erschienen und kann kostenlos vom TAB bezogen werden (E-Mail an: buero@tab.fzk.de).

Basler & Hofmann, 2001: Kernfusion. Gutachten im Auftrag des Deutschen Bundestages, Zürich

Berliner Zeitung Nr. 72 vom 26.03.2002: „Konfusion um die Kernfusion“ von J. Zens

Berlinews 29.03.2001: Politfission um Kernfusion – Reaktionen auf die Anhörung im Forschungsausschuss des Bundestages. Unter: <http://www.berlinews.de/archiv/1813.shtml>

BFTA, 2001: Protokoll der 43. Sitzung des Bundestagsausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. Ausschussdrucksache 14/43, Berlin

Bundestag, 2002: Deutscher Bundestag Plenarprotokoll 14/239, S. 23985 ff, Berlin

Nitsch, J., 1999: Entwicklungsperspektiven erneuerbarer Energien und ihre Bedeutung für die Energieversorgung von Entwicklungsländern. In: Märkte der Zukunft - Erneuerbare Energien für Entwicklungsländer (Tagungsband), Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 27.01.1999

Shell, 1995: Energie in 21. Jahrhundert. Studie der Deutsche Shell AG Hamburg, Aktuelle Wirtschaftsanalysen 5, Heft 25

TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag), 2002: Grunwald, A., Grünwald, R., Oertel, D., Paschen, H.: Kernfusion – Sachstandsbericht. TAB Arbeitsbericht Nr. 75, Berlin

WEC/IIASA (Weltenergieinstitut, Internationales Institut für angewandte Systemanalyse), 1998: Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond. World Energy Council Report, Luxemburg. London

Kontakt

Dr. Reinhard Grünwald

Dr. Dagmar Oertel

Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag

Neue Schönhauser Straße 10, 10178 Berlin

E-Mail: gruenwald@tab.fzk.de

« »