

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

Herausgeber: Schweizerische Energie-Stiftung

Band: 2 (1983)

Heft: 2: Zukunftsbilder

Artikel: Zweifel am Superprogramm für Energie : 12 Fragen zur Kernfusion [Fortsetzung]

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-586240>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

12 Fragen zur Kernfusion

12 Fragen zur Kernfusion hatte der Physiker Jochen Benecke vom Max-Planck-Institut gestellt – fünf dieser Fragen druckten wir in «Energie und Umwelt» 1/83 ab, in dieser Nummer folgen nun die weiteren sieben Fragen.

6. Wie lange muss ein Fusionsreaktor arbeiten, um die zu seinem Bau aufgewendete Energie wieder abzugeben?

Man kann natürlich auf die Machbarkeit des D-³He-Reaktors hoffen, bei dem keine, oder nur sehr wenige, Neutronen entstehen, sondern die Fusionsenergie im wesentlichen von geladenen Teilchen getragen wird.

Doch wäre die zu erwartende Leistungsdichte für einen D-³He-Reaktor – wie auch für D-D – um einen Faktor 100 kleiner als für D-T, und die Energierückgewinnungszeit würde sich vervielfachen.

Sicherlich könnte die Leistungsdichte höher sein, wenn die angelegten Magnetfelder entsprechend gesteigert werden könnten. Doch würden die dann auftretenden enormen magnetischen Kräfte eine neue Technik des Spulenbaus erfordern, die heute noch unbekannt ist. Der Übergang von D-T zu D-³He würde also nicht viel mehr bewirken, als dass das Problem der Materialschäden durch ein anderes ersetzt wird, nämlich das der mechanischen Festigkeit.

7. Auch der Fusionsreaktor produziert radioaktive Abfälle. Wohin damit?

Um es noch einmal zu betonen: Ein D-T-Fusionsreaktor ist nicht «sauber». Er bringt beträchtliche Probleme für die Umwelt mit sich. Hier ist zunächst der hohe Tritiumgehalt zu nennen und dann die Entstehung von zum Teil langlebigen radioaktiven Isotopen in der Reaktorstruktur und im Brutmantel – Neutronenvervielfacher zum Brüten des Tritiums.

Wenn als Strukturmaterial rostfreier Stahl 316SS benutzt wird, dann ist das biologische Gefährdungspotential der Reaktorstruktur mit dem des Plutoniums in einem schnellen Brüter vergleichbar. Allerdings ist es unwahrscheinlich, dass bei einem Unfall das Strukturmaterial verdampft. Deshalb ist die Gefahr geringer.

Die radioaktive Struktur ist im wesentlichen ein Problem der Abfalllagerung. Wenn man die amerikanischen Kraftwerkswurfe zugrunde legt und annimmt, dass die erste Wand alle zwei Jahre und der gesamte Mantel alle zehn Jahre ausgewechselt werden, dann fallen – dem Volumen nach – zehnmal mehr «high level»-Abfälle an als bei einem Spaltungsreaktor.

Ein aufschlussreicher Parameter ist die Energierückgewinnungszeit. Das ist die Zeitspanne, in der ein Reaktor bei Vollastbetrieb diejenige Energiemenge abgibt, die zu seiner Herstellung aufgewendet wurde.

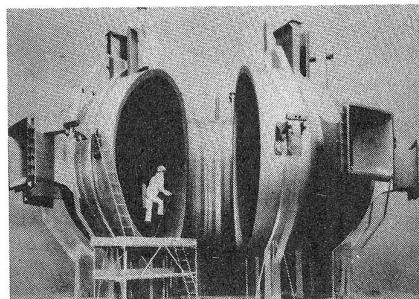
Diese Zeitspanne wird für Leichtwasserreaktoren im Mittel mit 1,5 Jahren angegeben. Hier sind die heutigen Werte für den Kraftwerkswirkungsgrad solcher Reaktoren (33 Prozent) und für die gemittelte zeitliche Verfügbarkeit (73 Prozent) zugrunde gelegt worden.

Wenn man für den Tokamak von denselben Zahlen ausgeht und zusätzlich annimmt, dass die Komplexität eines Tokamak-Reaktors und die Energiewertigkeit seiner Baustoffe nicht grösser als die eines Leichtwasserreaktors sind, dann beträgt die Energierückgewinnungszeit für die jüngsten Entwürfe von Tokamak-Leistungsreaktoren (NUWMAK und STARFIRE, USA) mindestens 20 Jahre.

Eine derart lange Zeitspanne ist sicher nicht akzeptabel. Sie ist im wesentlichen eine Folge der niedrigen Leistungsdichte des Fusionsreaktors. Ausserdem wirkt sich der relativ kurze Zyklus aus, in dem die erste Wand und die Mantelstruktur auszutauschen sind. Der Zeitaufwand für diesen Austausch ist nicht gesondert in Rechnung gestellt worden. Vielmehr wurde davon ausgegangen, dass die Totzeit des Fusionsreaktors trotz dieser Umbauten nicht länger als die von Leichtwasserreaktoren ist.

Die genannten 73 Prozent für die zeitliche Verfügbarkeit stellen also eine mehr als optimistische Annahme dar. Ähnlich optimistisch sind auch die übrigen der

genannten Annahmen, so dass in Wirklichkeit die abgeschätzten 20 Jahre zur Energierückgewinnung nicht ausreichen werden.



Noch eine Anmerkung zum Dilemma der Materialschäden, die von den Neutronen verursacht werden: Wenn darauf verwiesen wird, dass die heute bekannten Materialien ja bezüglich der Aktivierung und der Standzeit nicht gezielt optimiert worden sind und dass da ja noch Spielraum sei, dann ist dieser an sich richtigen Aussage die Frage nach der Energiewertigkeit entgegenzuhalten: Wird der Energieaufwand zur Herstellung von eventuell besser geeigneten Materialien sich so weit in Grenzen halten lassen, dass die Energierückgewinnungszeit sinkt? Das ist wohl kaum zu erhoffen. Es ist auch zu bedenken, dass die typische Zeitdauer für die Entwicklung neuer Materialien 20 bis 30 Jahre beträgt und dass eindeutig favorisierte Vorschläge nicht in Sicht sind.

8. «Jet» und «Zephyr» – zwei neue Experimente. Wie tauglich sind sie?

Das europäische Gemeinschaftsprojekt JET ist ein Tokamak mit D-T-Plasma, dessen Bau vor einem Jahr begonnen wurde. Die Bauzeit wird wahrscheinlich fünf Jahre dauern, die Kosten sind auf 500 Millionen DM geschätzt. Zum Vergleich: Der vorjährige Etat für Fusionsforschung in der Bundesrepublik Deutschland betrug 119 Millionen DM, und für den Schnellen Brüter wurden aus Bundesmitteln im letzten Jahr 96 Millionen DM ausgegeben.

Eine Gruppe des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik ist an JET beteiligt. Mit diesem Experiment sollen unter anderem verschiedene Heizungsmethoden für das Plasma in einem grossen Torus erprobt und die Wechselwirkungen des Plasmas mit der Wand studiert werden. Die Planung von allen grossen Tokamaks beruht auf «Skalierungs»-Regeln, die den Übergang von den bekannten kleineren Maschinen auf die nächstgrösseren beschreiben sollen. Diese Regeln entbehren einer theoretischen Basis. Es sind Faustregeln, abgelesen an den bisherigen Erfahrungen – ins unbekannte Gebiet hinein extrapoliert in der Hoffnung, sie auch bei grösseren Massstäben anwenden zu können.

Während der Planungsphase von JET (1973 bis 1978) war die gängige Skalierungsregel die sogenannte Alcator-Skalierung, die aus den Erfahrungen mit den verschiedenen Alcator-Tokamaks abgeleitet wurde.

Für JET würde die Alcator-Skalierung besagen, dass die Zündbedingung nicht erfüllt ist: Das Plasma würde nach einer thermonuklearen Zündung nur in einem begrenzten Volumen im Innern «brennen», wobei sich das Fusionsebiet nicht über das Plasma ausbreiten, sondern schrumpfen würde, wenn nicht weiterhin von aussen Heizenergie zugeführt wird. Dieser Sachverhalt schien den Bau eines gesonderten Zündexperimentes («Zephyr») zu rechtfertigen, das derzeit vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching geplant wird. Hier handelt es sich um einen ziemlich kleinen Tokamak, mit dem das Verhalten eines brennenden D-T-Plasmas untersucht werden soll. Die Kosten wurden auf 300 Millionen DM beziffert. Doch wird es äusserst schwierig sein, die Konstruktion so zu vereinfachen und zu «optimieren» (= verbilligen?), dass dieser Voranschlag nicht erheblich überschritten wird.

Inzwischen sind aber zwei andere Skalierungen angegeben worden, die beide empirisch besser begründet erscheinen als die Alcator-Skalierung. Die Aussagen aller drei Formeln will ich vereinfacht gegenüberstellen:

- Alcator-Skalierung (temperaturunabhängig): JET zündet nicht, Zephyr zündet.
- Verbesserte temperaturunabhängige Formel: JET sollte hinsichtlich der Zündung besser geeignet sein als Zephyr – aber beide zünden nicht.
- Temperaturabhängige Formel: Wiederum sollte JET besser geeignet sein als Zephyr – und beide zünden.

Hier ist also einige Unsicherheit im Spiel. Die Rechtfertigung für Zephyr erscheint schwach, um so mehr, als Zephyr erst einige Jahre nach JET betriebsbereit sein wird.

Es gibt aber vielleicht andere wichtige Ziele, die mit Zephyr angestrebt werden können und deshalb seinen Bau recht fertigen? Es liegt nahe, sich auf das INTOR-Projekt zu beziehen, das 1990 gebaut werden könnte, wenn eine Reihe von technischen Problemen bis dahin beschleunigt angegangen werden.

Zu diesen Problemen gehören der Entwurf eines «Divertors», der Plasmaverunreinigungen ableiten soll; der gepulste Betrieb von supraleitenden Spulen, der Entwurf des Mantels und die Entwicklung von Fernbedienung zur Wartung und Reparatur.

Wie aber der Garchinger Projektvorschlag zeigt, wird Zephyr keines dieser technischen Probleme aufgreifen: Zephyr wird weder einen Divertor, sondern nur einen «Limiter» zur Plasmabegrenzung haben, noch supraleitende Spulen, noch einen Mantel zum Brüten von Tritium, noch Fernbedienung.

Es ist lediglich daran gedacht, einige wenige und klar identifizierte Wartungsarbeiten mit Fernbedienung auszuführen. Unvorhergesehene Störfälle werden damit kaum zu beheben sein. Vermutlich werden sie aber auftreten, da wegen der Notwendigkeit von Einsparungen nur geringe Sicherheitsmarge bestehen wird, so dass diese Maschine wahrscheinlich weniger zuverlässig als andere Tokamaks arbeiten wird.

Dieser Umstand wird auch beim atomrechtlichen Genehmigungsverfahren für Zephyr zu bedenken sein. Ein solches Verfahren wird wegen des Tritium-Inventars und natürlich auch wegen der hohen Aktivierung des Strukturmaterials notwendig werden.

Eine abschliessende Frage zu Zephyr: Selbst wenn dieses Experiment erfolgreich sein wird, wenn also ein brennendes D-T-Plasma untersucht werden kann, welche Schlüsse können daraus auf einen Kraftwerkreaktor gezogen werden? Wie gesagt, Zephyr ist ein kleiner Tokamak. Bei einem grossen Reaktor-Tokamak können jedoch wegen der Skalierungsunsicherheiten ganz andere Verhältnisse herrschen. Eben deshalb wird ja INTOR geplant: Nur die Untersuchungen an einem grossen Tokamak können ohne allzu grosse Unsicherheiten auf einen zukünftigen Reaktor übertragen werden.

Und noch einmal: Wie steht es mit den Materialien? Bei all den Bemühungen, Plasma-Pioniertaten unter Laborbedingungen zu vollbringen – für die vielleicht ein Nobelpreis winkt –, scheinen die unausweichlichen Materialprobleme auf die lange Bank geschoben. Ob ein Fusionsreaktor sich zum Kraftwerk eignet, wird aber letztlich dadurch entschieden, ob es überhaupt Materialien gibt, die diesem «komischen Feuer» hinreichend lange standhalten.

9. Reaktortauglich ist der Tokamak bisher nicht. Gibt es Alternativen?

Abgesehen vom Trägheitseinschlussverfahren – zum Beispiel Laserfusion – wird Fusionsforschung in der ganzen Welt hauptsächlich mit Tokamaks betrieben, obwohl der Tokamak nur eine von mehreren Möglichkeiten des magnetischen Einschlusses von Plasmen darstellt. Weltweit werden rund 80 Prozent (in Europa 90%) der Mittel, die für Magnetfusion zur Verfügung stehen, für den Tokamak aufgewendet. Das bezeugt für mich wieder einmal die für Grossforschung typische Unbeweglichkeit. Schliesslich ist es keineswegs sicher, ob das Tokamak-Prinzip in den zukünftigen Experimenten hält, was man sich von ihm verspricht, ganz zu schweigen von der Frage der Kraftwerkseignung. Ein Vielfaches der Mittel würde für die Entwicklung von Alternativen benötigt, auf die, will man Fusionsforschung ernsthaft betreiben, nicht verzichtet werden dürfte. Die Frage taucht auf, ob das ganze Unternehmen angesichts solcher immens hohen Kosten und eines entsprechenden Personalaufwandes noch zu vertreten ist.

Prof. Wienecke, der Wissenschaftliche Direktor des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik, sprach von der Abbruchinstabilität («disruptive instability») des Tokamak, die durchaus dessen Ende bedeuten könnte. Man weiss es nicht. Herr Wienecke betonte, dass in Garching auch «Stellaratoren», untersucht werden, die eine Alternative zum Tokamak sein könnten.

Allein der Hinweis, dass Stellaratoren keine Abbruchinstabilität zeigen, reicht nicht aus, sie als reaktor-geeignet erscheinen zu lassen. Die Eignung zum Kraftwerk hängt im wesentlichen von Grössen wie der Leistungsdichte und der Energierückgewinnung ab, die beim Stellarator nicht günstiger als beim Tokamak sein werden – auch wenn der Stellarator den Vorzug hat, dass er stationär betrieben werden kann, während der Tokamak gepulst werden muss.

Darüber hinaus steht den genannten Vorzügen des Stellarators der Nachteil gegenüber, dass seine Magnetfeldanordnung so kompliziert ist, dass eine grossstechnische Realisierung sehr schwierig sein wird, wenn sie überhaupt bewerkstelligt werden kann.

Im Culham-Laboratorium in England wird neben JET noch ein anderes Projekt verfolgt, der «Reversed Field Pinch», das dort als Alternative zum Tokamak angesehen wird. Obwohl die

USA sich beteiligen wollen, sind ausreichende Mittel für den Bau dieses Experiments aber nicht bewilligt worden. Daneben wird in den USA, der UdSSR und Japan mit Spiegelmaschinen experimentiert. Diese Maschinen haben gegenüber Tokamaks der wesentlichen Vorteil, dass sie wegen ihrer linearen Geometrie einfacher gebaut sind und deshalb leichter repariert werden können. Außerdem können sie – wie Stellaratoren – stationär betrieben werden.

Riesige Laserfusionsmaschinen werden in den Waffen-Laboratorien der USA betrieben, zum Beispiel im Los Alamos Scientific Laboratory und im Lawrence Livermore Laboratory. In der Bundesrepublik Deutschland hat kürzlich das Kernforschungszentrum Karlsruhe einen Programmentwurf für ein »Exploratorisches theoretisch-experimentelles KfK-Programm zur Fusion durch Trägheitseinschluss mit Leichtionen-Strahlen« formuliert. Das KfK bemüht sich zur Zeit um Kooperationsmöglichkeiten mit amerikanischen Laboratorien.

Entscheidend für die Trägheitseinschluss-Fusion ist der Aufbau der «Pellets». Das sind kleine Kugelchen, die das D-T-Gemisch enthalten und von den Laser-, Ionen- oder Elektronenstrahlen beschossen werden. In den Pellets selbst muss eine Energieverstärkung stattfinden, da andernfalls das Verhältnis von Energie-Output zu -Input kleiner als eins wäre.

Im Falle von Laserstrahlen ist der Wirkungsgrad deshalb so gering, weil bei der Erzeugung von kohärentem Licht hohe Konversionsverluste auftreten und weil nur ein kleiner Teil der im Laserstrahl enthaltenen Energie ins Innere des Pellets gelangt und dort zu seiner Aufheizung beiträgt.

Im Falle von Ionenstrahlen fallen zwar die extrem hohen Konversionsverluste weg, aber die notwendigen Teilchenbeschleuniger und Vorrichtungen zur Strahlführung sind sehr aufwendig, und die Leistungsdichte und Fokussierbarkeit des Strahles sind begrenzt.

Die Energieverstärkung im Pellet wird zum Beispiel dadurch erreicht, dass das Pellet mit einer dünnen Uranhülle versehen wird, so dass es wie eine Mikrowasserstoffbombe explodiert. Im Prinzip wäre damit eine ausreichende Energieverstärkung zu erzielen. Fraglich ist allerdings, ob dieses Verfahren wirtschaftlich ist.

10. Ein neuer Reaktortyp – eine neues Schreckgespenst?

Ein Reaktortyp, der vermutlich einige Bedeutung erlangen wird, ist der Fusions-Fissions-Hybridreaktor, der vor allem in der UdSSR und den USA entwickelt wird. Er besteht aus einem Fusionsreaktor, der von einem Mantel aus Uran-

238 oder Thorium-232 umgeben ist. Ziel ist das Brüten von Spaltstoff (Plutonium-239 oder Uran-233) im «fruchtbaren» Mantel mit Hilfe der schnellen Neutronen, die bei der D-T-fusion frei werden. Der Fusionsreaktor müsste also nicht zum Kraftwerk geeignet sein, was ja ohnehin unwahrscheinlich ist. Seine Bedeutung läge vielmehr in der Versorgung mit Brennstoff. Die Leistungsdichte der D-T-Reaktion und damit die Wandbelastung müssten nicht so hoch sein wie beim reinen Fusionsreaktor, weil die «Energieverstärkung» im wesentlichen außerhalb des Fusionsgefäßes geschieht, nämlich im Mantel. Damit wäre ein Hybridreaktor technisch eher machbar als ein reiner Fusionsreaktor.

Als Grundlage für einen solchen Fusionsbrüter könnte jeder beliebige Fusionsreaktor dienen. Zur Zeit beantragt das einflussreiche Electrical Power Research Institute (EPRI), das Forschungsinstitut der amerikanischen Energieversorgungsunternehmen, dass am TFTR (dem im Bau befindlichen grössten Tokamak in den USA) ein Modul für Hybridbetrieb vorgesehen wird. Die Plasma-Eigenschaften des TFTR könnten den Bedingungen nahekommen, die für einen Hybridereaktor erfüllt sein müssen.

Für den Bau eigentlicher Hybridreaktoren denkt man aber eher an Spiegelmaschinen, zum Beispiel die im Lawrence Livermore Laboratory geplante Version MFTF-B, die ein Tandem, bestehend aus zwei Spiegelmaschinen, darstellt. Die Verbindung zwischen den beiden Spiegelmaschinen ist ein Zylinder, der leicht von einem zylindrischen Brutmantel aus Uran oder Thorium umgeben werden kann. Dagegen ist die Anbringung eines solchen Brutmantels beim Tokamak wegen dessen toroidaler Form schwieriger. Neben diesen Vorrichtungen sind auch solche mit Trägheitseinschluss vorgeschlagen worden.

Falls sich die Machbarkeit des Hybridreaktors erweisen sollte, wäre er dem Schnellen Brüter in mehrfacher Hinsicht überlegen, da er wahrscheinlich weniger Sicherheitsprobleme aufwerfen würde und eine wesentlich höhere Brutrate hätte. Er könnte zum Beispiel vier bis fünf Leichtwasserreaktoren oder 11 bis 16 sogenannte Fortgeschrittenen Konversionsreaktoren (etwa gasgekühlte Hochtemperaturreaktoren) mit Brennstoff versorgen, während es der Schnelle Brüter auf 0,7 beziehungsweise 2,7 brächte.

Der Hybridreaktor mag wirtschaftlicher sein als der reine Fusionsreaktor oder der schnelle Brüter, aber mit «sauberer» Fusion hat er absolut nichts mehr zu tun. Natürlich wäre auch die sogenannte reine Fusion alles andere als «sauber». Aber die Entscheidung für den Hybridreaktor würde zusätzlich implizieren, dass in unserer zivilen Kraftwirtschaft in

grossem Stil spaltbares Material umlaufen würde. Die Fusion war einst gepriesen als Energiequelle der Zukunft, die wenig Gefahren durch Radioaktivität mit sich brächte. Zu solchen Hoffnungen besteht kaum noch ein Anlass.

11. Ist das Proliferationsrisiko wirklich so gering?

Die Gefahr der Weiterverbreitung von Kernwaffen ist mit jeder Form der Kerntechnik verbunden – so auch mit der Fusionstechnik. Dazu zwei Überlegungen.

Erstens: Es ist behauptet worden, so auch von Hans A. Bethe in Physics Today, Mai 1979, S. 44, dass der Hybridreaktor nur eine geringe Proliferationsgefahr darstelle, wenn man ihn mit Thorium beschicken und das erbrüte Uran-233 mit Uran-238 «denaturieren» würde, so dass es nicht mehr zur Herstellung von Waffen verwendet werden könnte. Nur dieses nichtexplosive Gemisch würde die «Fuel Factory» verlassen und als Brennstoff für Spaltungsreaktoren verwendet werden.

Gegen diese Behauptung wendet sich Amory B. Lovins, in The Bulletin of the Atomic Scientists, Februar 1979, S. 16, der Gründe dafür angibt, dass auch der denaturierte Thorium-Zyklus keinen wirksamen Schutz bietet.

Seine Gründe sind dreifach: Verglichen mit natürlichem Uran enthält die Uran-233/238-Mischung einen höheren Anteil an spaltbarem Material. Außerdem sind die Isotope wegen des grösseren Massenunterschieds leichter zu trennen.

Und letztlich ist nur eine geringe Menge Uran-233 zum Bau einer Bombe notwendig: nur ein Fünftel oder ein Zehntel der entsprechenden Menge Uran-235, das als spaltbarer Anteil in natürlichem Uran enthalten ist. Danach ist die Anreicherung von spaltbarem Material aus denaturiertem Uran-233/238 um Größenordnungen leichter als aus natürlichem Uran und ist deshalb auch für kleine Gruppen nicht sonderlich schwierig.

Zweitens: Für die Trägheitseinschluss-Fusion besteht eine Verbindung zwischen der Reaktortechnik und dem Know-how, das zum Bau von Fusionsbomben nötig ist. Dass diese Verbindung nicht nur der Phantasie von Kernenergie-Gegnern entspringt, ist daran abzulesen, dass bestimmte Entwicklungen der Trägheitseinschluss-Fusion geheimgehalten werden.

Darüber hinaus besagen in aller Deutlichkeit einige nicht geheime Dokumente, die von der US Atomic Energy Commission und ihrer Nachfolgeorganisation, der Energy Research and Development Administration (ERDA), herausgegeben worden sind, dass Aspekte

der Forschung über Trägheitseinschluss für den Entwurf von Fusionswaffen relevant sind.

Bisher war der fehlende Zugang zu bestimmten technischen Kenntnissen eine entscheidende Barriere gegen die Verbreitung von Fusionswaffen. Durch die Verbindung von Trägheitseinschlussmaschinen könnte aber gerade diese fehlende Zutat verbreitet werden.

Prof. John P. Holdren von der Universität Berkeley vergleicht die augenblickliche Situation mit der während der Entwicklung der Kernspaltungswaffen, die von einem Beobachter folgendermassen charakterisiert wurde: «Zuerst haben sie uns gesagt, dass gar keine Probleme auftreten; jetzt erzählen sie uns, dass es keine Lösungen gibt.»

Wird es im Falle der Fusion ebenso verlaufen? Noch könnte die Entwicklung aufgehalten werden. Dies würde voraussetzen, dass die Forschungen über Trägheitseinschluss zumindest nicht weiter ausgedehnt werden. Besser wäre, sie ganz einzustellen.

12. Wie schätzt ein Plasmaphysiker seine Arbeit selbst ein?

Ich möchte hier einen Satz von Prof. Wienecke und zwei Äusserungen von Lev Artsimovitch, dem verstorbenen Leiter der Plasmaphysikabteilung des

Kurchatov-Instituts für Atomenergie in Moskau, erwähnen. Artsimovitch war einer der Pioniere des Tokamak. In seiner Schlussansprache auf der Internationalen Fusionskonferenz in Salzburg 1961 sagte er:

«Es ist allen klar, dass unsere ursprüngliche Überzeugung, dass sich die Tore in das ersehnte Gebiet der ultrahohen Temperaturen ohne weiteren Widerstand öffnen werden, wenn erst einmal die Physiker mit ihrer kreativen Energie kräftig dagegen drücken, sich als so unbegründet erwiesen hat wie die Hoffnung des Sünders, das Paradies betreten zu können, ohne das Fegefeuer durchlaufen zu müssen. Wir werden das Fegefeuer erst verlassen können, wenn wir eine ideale Vakuumtechnologie sowie sorgfältig ausgeklügelte Magnetfeld-Konfigurationen mit einer genau vorgeschriebenen Geometrie der Kraftlinien haben, ferner programmierte Zyklen für die elektrischen Schaltkreise, und wenn wir das Hochtemperaturplasma in unseren Händen halten, stabil und ruhig, rein wie ein Begriff in der theoretischen Physik, wenn dieser noch unbefleckt ist vom Kontakt mit experimentellen Tatsachen.»

Das klingt reichlich verklärt. Hier wird ausgesagt, was von den ursprünglichen Überzeugungen über die Machbarkeit der Fusion zu halten ist und in welch extremem Ausmass alle Komponenten feh-

lerfrei arbeiten und zusammenspielen müssen. Hier wird eine Reinheitsforderung gestellt, die nur in Physikerträumen existiert, aber nicht in der Realität. Artsimovitch geht so weit, dass er von Be fleckung seiner Phantasiegebilde spricht, wenn er an die experimentellen Tatsachen (!) denkt.

Während Artsimovitch sich fast wie ein Priester anhört, lautet Prof. Wieneckes heroische Aussage gegenüber dem Verleger der «Bunten Illustrierten» (Nr. 18, 1976): «Wir werden es schaffen. Mit einem Quentchen Glück müssten wir das Energieproblem für die nächsten Jahrtausende lösen können.»

Dagegen endet ein Artikel, den Lev Artsimovitch für die Encyclopaedia Britannica geschrieben hat, eher nüchtern: «Wann kann eine Lösung des Problems der kontrollierten Fusion erwartet werden? Vielleicht nur dann, wenn das Bedürfnis der Menschen nach neuen Energiequellen so drängend wird, dass alle Möglichkeiten zu seiner Befriedigung untersucht werden.»

Diese Äusserung besagt für mich, dass die Kernfusion nur dann realisiert werden sollte, wenn gar nichts anderes mehr geht. Ist es nicht aber so, dass die Erschliessung von alternativen Energiequellen gerade erst wieder begonnen hat? Eine wahrhaft drängende Frage ist also, ob wir die Kernfusion überhaupt brauchen.

