

Fusionsenergie – eine akzeptable Energiequelle der Zukunft?

**Eine sozialwissenschaftliche Untersuchung
anhand von Fokusgruppen**

Georg Hörning, Gerhard Keck, Florian Lattewitz

Nr. 145/ August 1999

Arbeitsbericht

ISBN 3-932013-83-2
ISSN 0945-9553

***Akademie für Technikfolgenabschätzung
in Baden-Württemberg***

Industriestr. 5, 70565 Stuttgart

Tel.: 0711 • 9063-0, Fax: 0711 • 9063-299

email: info@ta-akademie.de

<http://www.ta-akademie.de>

Die *Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg* gibt in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlußberichte von durchgeführten Forschungsprojekten als *Arbeitsberichte der Akademie* heraus. Diese Reihe hat das Ziel, der jeweils interessierten Fachöffentlichkeit und dem breiten Publikum Gelegenheit zu kritischer Würdigung und Begleitung der Arbeit der Akademie zu geben. Anregungen und Kommentare zu den publizierten Arbeiten sind deshalb jederzeit willkommen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	5
2	Zur Methodik	7
	2.1 Fokusgruppen – eine kurze Einführung	7
	2.2 Mögliche Einsatzfelder für Fokusgruppen	8
3	Fokusgruppen bei technik- und umweltrelevanten Fragestellungen – Daten- und Projektanalyse	12
	3.1 Fokusgruppen bei der Einstellungsforschung	13
	3.2 Fokusgruppen zum Test von Erhebungsinstrumenten und Arbeitsmaterialien.	13
	3.3 Fokusgruppen als Partizipationsinstrument	14
4	Fokusgruppen und Fusionsforschung	16
	4.1 Teilnehmerinnen und Teilnehmer	16
	4.2 Der Verlauf der Fokusgruppen.....	17
	4.3 Gestaltung des Informationsmaterials	19
	4.3.1 Langfristige globale Energieperspektiven	20
	4.3.2 Die IIASA-Szenarien.....	21
	4.3.3 Informationen zur Fusionsenergie	29
5	Ergebnisse der Fokusgruppen	32
	5.1 Wie wurden die Daten ausgewertet?	32
	5.2 Fokusgruppe der „Lehrer“	33
	5.3 Fokusgruppe mit „Umweltgruppen“	35
	5.4 Fokusgruppe der „Jugendlichen“	38
	5.5 Fokusgruppe der „Kulturschaffenden“	40

5.6 Fokusgruppe der „Wissenschaftsjournalisten“	42
5.7 Fokusgruppe der „Manager“	44
5.8 Evaluation der Fokusgruppen aus Teilnehmerinnen- und Teilnehmersicht.....	48
Wie fanden Sie die Veranstaltung?	48
Was hat Sie überzeugt, was hat Sie nicht überzeugt?.....	48
Hat sich Ihre Einstellung zur Fusionsenergie geändert?.....	48
Würden Sie die Fusionsenergie empfehlen?	48
6 Gesamtbetrachtung und Ausblick.....	49
7 Abstract und Kurzzusammenfassung	51
Literatur.....	52
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen.....	54
Anhang	55
Hinweise zur Datenauswertung	55
Beispiel einer Auswertungsmatrix	56
Beschreibung der IIASA-Szenarien A, B und C	60
Vorlagen für die Videoaufzeichnungen.....	62
Argumente für die Fusion.....	62
Skepsis gegenüber der Fusionstechnologie.....	65
Was ist Kernfusion?	68

1 Einleitung

Die Diskussion um die zukünftige weltweite Energieversorgung wird im wesentlichen durch zwei Faktoren bestimmt: die Höhe des *Bedarfs* und die *Verfügbarkeit* nutzbarer Energie. Die Erstellung konkreter, langfristiger Vorhersagen über den weltweiten Energiebedarf in der Zukunft ist jedoch schwierig, da dieser durch viele Faktoren beeinflusst wird, deren längerfristige Entwicklung sich zum Teil nur schwer abschätzen läßt. Trotz dieser Probleme verzeichnen alle Prognosen einen generellen Anstieg des zukünftigen globalen Energiebedarfs.

Etwa 90 % der heutigen Energieversorgung basiert auf der Verwendung fossiler Brennstoffe (Erdöl, Gas, Kohle), wobei Holz als Brennstoff hier nicht einbezogen ist. Auch hier sind genaue Vorhersagen darüber, wie lange die auf der Erde verfügbaren Ressourcen ausreichen werden, problematisch. Eindeutig ist nur, daß fossile Brennstoffe nur in begrenztem Maße verfügbar sind. Bei der Verbrennung dieser Stoffe entstehen große Mengen an CO₂, was mit hoher Wahrscheinlichkeit negative Auswirkungen auf das Weltklima hat. Daher fordern Experten, den Anteil fossiler Energieträger zur Deckung des Energiebedarfs – auch bei noch gesicherter Rohstoffsituation – deutlich zu reduzieren. Daraus ergibt sich auf lange Sicht die Notwendigkeit, alternative Möglichkeiten zur Energiegewinnung zu etablieren. Regenerative Energien, wie z. B. die Wind- und Solarenergie, aber auch die Energiegewinnung durch Kernfusion, zählen zu diesen Alternativen.

Um die angedeutete Prognoseunsicherheit berücksichtigen zu können, werden unterschiedliche Entwicklungsverläufe für das System der Energieversorgung und -nutzung in sogenannten „Energieszenarien“ abgebildet. Parallel zu Fragen des Bedarfes können dabei auch die Alternativen zur Bereitstellung der Energie in diese Szenarien integriert werden. Das von der Akademie in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching bearbeitete Projekt geht der Frage nach, wie und unter welchen Gesichtspunkten verschiedene Technologien zur Energieversorgung vor dem Hintergrund langfristiger globaler Energieszenarien bewertet werden.

Unser besonderer Dank gilt Daniela Schraft für die gewissenhafte Lektorierung des Textes und für ihre engagierte Unterstützung beim Erstellen dieses Arbeitsberichts.

Welche Ziele verfolgt das Projekt?

Im Rahmen der Energieszenarien wird neben anderen Energieformen auch die Energiegewinnung durch den Einsatz der Kernfusion diskutiert. Dabei handelt es sich um eine Energieform, die darauf basiert, daß der in der Sonne stattfindende Prozeß auf der Erde „nachgemacht“ wird. Durch die Verschmelzung zweier Wasserstoffatomkerne wird Energie frei, die zur Erzeugung von Strom genutzt werden kann. Die „Kopie“ dieses natürlichen Vor-

gangs auf der Erde ist, obwohl die Fusionsforschung in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht hat, zur Zeit noch an die Lösung einiger physikalischer und technischer Probleme gebunden. Die Prognosen der Fusionsforscher bezüglich des Zeitpunktes, zu dem der Einsatz der Fusionstechnologie zur großtechnischen Stromerzeugung möglich sein wird, liegen heute um das Jahr 2050. Dieser weite Zeithorizont birgt noch ein weiteres Problem: um die Fusionstechnologie weiter entwickeln zu können, müssen bereits heute Weichen gestellt und Entscheidungen über die Vergabe von Forschungsgeldern getroffen werden. Die Auswirkungen dieser Entscheidungen sind jedoch erst für die kommenden Generationen relevant. Politiker stehen demzufolge vor dem Problem, Entschlüsse treffen zu müssen, die zwar für die heutige Energieversorgung und damit ihre Klientel größtenteils irrelevant sind, die auf der anderen Seite aber zukünftigen Generationen eine Option zur Energiegewinnung eröffnen könnten.

Wie mit jeder anderen Form der Energieerzeugung, sind auch mit der Kernfusion Vor- und Nachteile verbunden. Zu ihren Vorteilen zählt, daß von den zur Aktivierung des Fusionsprozesses notwendigen Rohstoffen nahezu unerschöpfliche Mengen auf der Erde vorhanden sind. Zudem entsteht bei der Fusion kein CO_2 , was dem Ziel zur Reduktion des weltweiten CO_2 -Ausstoßes entgegen kommt. Zu ihren Nachteilen zählen die Entstehung radioaktiven Materials im Laufe des Fusionsprozesses sowie der hohe technische und finanzielle Aufwand zur Entwicklung und Realisierung eines Fusionskraftwerkes. Diese sind nur als technische Großanlagen sinnvoll einsetzbar, ein dezentraler Einsatz im Verbrauchernetz erscheint aus heutiger Sicht ausgeschlossen (siehe auch Anhang).

Das besondere Augenmerk des Projekts gilt der Einschätzung der Fusionsenergie im Vergleich zu anderen Energiequellen. Wird diese Stromerzeugungstechnik als langfristig notwendig und akzeptabel eingestuft? Wie wird diese Technologie im Vergleich, aber auch im Verbund mit anderen Energiequellen beurteilt? Wie werden die Vor- und Nachteile bewertet und gewichtet? Die Ergebnisse sollen nicht nur die Fragen beantworten, sondern zusätzlich auch in planungs- und entscheidungsrelevantes Wissen umgesetzt werden können.

In den folgenden Kapiteln soll zunächst die Methode der Fokusgruppen näher vorgestellt werden.¹ Im Anschluß daran werden unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten für Fokusgruppen dargestellt und der Einsatz dieser Methode bei technik- und umweltrelevanten Fragestellungen ausführlicher diskutiert. An die theoretischen Ausführungen schließen sich die Beschreibung der konkreten Vorgehensweise im Rahmen des hier vorgestellten Projektes und die Präsentation der Ergebnisse an.

¹ Diese soll lediglich einen kurzen Überblick über die Methodik liefern. Auf weiterführende Literatur wird im Text verwiesen.

2 Zur Methodik

Seit Mitte der 80er Jahre hat in der (amerikanischen) Soziologie die Wiederentdeckung einer Methode begonnen, die in den Jahrzehnten zuvor in dieser Disziplin lediglich ein Schattendasein führte: die Methode der Fokusgruppen. Das ursprünglich aus der sozialwissenschaftlichen Forschung (vgl. Merton & Kendall 1946) stammende Verfahren, wurde über drei Jahrzehnte hinweg bis in die 80er Jahre hinein zum überwiegenden Teil nur im Bereich der Marktforschung angewandt (vgl. Calder 1977). In der sozialwissenschaftlichen Forschung, und hier insbesondere im Bereich der Methodenforschung, gab es in diesem Zeitraum dagegen nur sehr wenige empirische Arbeiten, bei denen Fokusgruppen eingesetzt wurden oder die sich mit der Weiterentwicklung der Methodik beschäftigten. Erst seit gut zehn Jahren setzt sich auch die soziologische Forschung (vgl. Krueger 1988; Morgan 1988) wieder intensiver mit der Methode der Fokusgruppen auseinander, wobei der Schwerpunkt eher auf deren Anwendung in konkreten Projekten denn auf der Weiterentwicklung der Methodik liegt. Viele der in den 90er Jahren durchgeführten sozialwissenschaftlich orientierten Projekte, in denen Fokusgruppen eingesetzt wurden, stammen aus den Bereichen der Sozialpädagogik, der Medizin und der Entwicklungshilfe (vgl. u.a. McKinlay 1993; Morgan & Spanish 1985; Kitzinger 1994; Kumar 1987). In anderen Forschungsgebieten (vgl. Morgan 1996: 132) sind Fokusgruppen erst in der jüngsten Zeit vermehrt zum Einsatz gekommen.

2.1 Fokusgruppen – eine kurze Einführung²

Bei Fokusgruppen handelt es sich um ein Verfahren aus dem Bereich der qualitativen Sozialforschung, in dessen Verlauf moderierte Gruppendiskussionen zur Erhebung der Daten durchgeführt werden.³ Die Diskussion in der Gruppe wird dabei durch einen Moderator oder ein Moderationsteam geleitet. Je nach Forschungsdesign wird die Diskussion durch unterschiedliche Stimuli angeregt. Als Stimuli können z.B. Zeitungsartikel, Zitate, Videofilme oder Vorträge, die in Beziehung zum Thema der Diskussion stehen, dienen. Um eine differenzierte Analyse des Diskussionsverlaufs sicherzustellen, wird die Diskussion auf Tonband und/oder Video aufgezeichnet und unter der Anwendung einschlägiger inhaltsanalytischer Verfahren (vgl. Mayring 1988) ausgewertet.

Die Auswahl der Gruppenteilnehmer kann nach unterschiedlichen Vorgehensweisen erfolgen. Sowohl die Auswahl nach einer bestimmten Quote als auch die Besetzung der Gruppe

² Eine detailliertere Darstellung der Vorgehensweise bei der Durchführung von Fokusgruppen erfolgt in Kapitel Nr. 1, im Zusammenhang mit der Beschreibung der konkreten Vorgehensweise in unserem Projekt.

³ Vgl. ausführlich Krueger (1994). Einen praxisorientierten Überblick bietet der von Krueger und Morgan (1998) herausgegebene „Focus Group Kit“.

nach einem Zufallsverfahren, sind denkbar. Das entscheidende Kriterium bei der Auswahl der Probanden liegt in beiden Fällen darin begründet, daß die Teilnehmer an einer Fokusgruppe einen „gemeinsamen Hintergrund“ haben sollten. Dieser ist bei Anwendung der Methode in der Marktforschung zumeist durch gemeinsame Erfahrungen der Teilnehmer mit einem (Konsum-) Produkt gegeben, um das es im Rahmen der Fokusgruppe geht (vgl. Greenbaum 1993: 39f.). Bei der Anwendung im sozialwissenschaftlichen Kontext können verschiedenste Merkmale diese Gemeinsamkeit ausmachen: die Zugehörigkeit zur selben Berufsgruppe, die gemeinsame Betroffenheit durch eine geplante städtebauliche Maßnahme oder die Zugehörigkeit zu einer ethnischen Minderheit, können hier als Beispiele genannt werden. Die Zahl der Teilnehmer an einer Fokusgruppe liegt in der Regel zwischen 6 und 12 Personen, wobei die genaue Zahl immer von der Forschungsfragestellung und vom Thema der Diskussion abhängig ist.⁴

2.2 *Mögliche Einsatzfelder für Fokusgruppen*

Die Durchführung von Fokusgruppen und das dadurch gewonnene Datenmaterial, bieten insbesondere die Möglichkeit, vertiefte, qualitative Einblicke in das untersuchte Themengebiet zu bekommen: von der Exploration eines Forschungsgebietes über die punktgenaue Untersuchung einzelner Sachverhalte bis hin zum Test von Erhebungsinstrumenten sind dem Einsatz von Fokusgruppen in dieser Hinsicht kaum Grenzen gesetzt. Diese Flexibilität sollte allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, daß Fokusgruppen nicht in jeder Situation ein probates Erhebungsinstrument sind. Wie bei anderen Methoden der empirischen Sozialforschung ist auch bei Fokusgruppen eine falsche bzw. mißbräuchliche Anwendung nicht ausgeschlossen. Die Möglichkeiten der Anwendung müssen daher vor jedem geplanten Einsatz sorgsam geprüft werden. Zudem sollte beachtet werden, welchen Stellenwert die Fokusgruppe im Forschungsprozeß einnimmt. Morgan (1997: 2f.) unterscheidet hier drei Möglichkeiten für die Einbindung der Fokusgruppe in den Forschungsprozeß:

1. Fokusgruppen als *primäre* Datenquelle,
2. Fokusgruppen als *Ergänzung* zu primären, quantitativen oder qualitativen Daten und
3. Fokusgruppen als „gleichberechtigtes“ Instrument im Rahmen einer Methoden-triangulation.⁵

⁴ Bei „schwierigen“ Themen (begangene Straftaten, Betroffenheit durch Krankheit) wird in der Regel eine geringere Teilnehmerzahl gewählt.

⁵ Vgl. hierzu ausführlich Lamnek (1993: 245ff.).

Wie die Fokusgruppen letztendlich in den Forschungsprozeß eingebunden werden, ist dabei wiederum von der Art der Untersuchung und den Anforderungen an das angestrebte Datenmaterial abhängig.

Dabei stellt sich die Frage, aus welchen Gründen Fokusgruppen und nicht eine andere Methode aus dem Bereich der empirischen Sozialforschung eingesetzt werden. Ein einfaches „Kochbuch“ dafür, wann und unter welchen Umständen Fokusgruppen eingesetzt werden können oder sollten, gibt es nicht. In den folgenden Abschnitten werden die möglichen Einsatzbereiche für Fokusgruppen zusammengefaßt und erläutert. Dabei werden auch die Stärken und Schwächen der Methode deutlich. Zudem werden neue, bislang selten gewählte Einsatzfelder für Fokusgruppen aufgezeigt.

Wie bereits angedeutet, handelt es sich bei Fokusgruppen um einen Ansatz aus der qualitativen Sozialforschung. Durch diese Einordnung werden grobe Richtlinien dafür bestimmt, in welchen Bereichen ein Einsatz erfolgen kann. Generell sollte von der Prämisse ausgegangen werden, daß die im Rahmen von Fokusgruppen gewonnen Daten nicht den Grad der Verallgemeinerbarkeit aufweisen, wie er bei standardisierten Umfragen mit hoher Stichprobenzahl erzielt wird. In einigen Publikationen (vgl. u.a. Reynolds & Johnson 1978; Ward et al. 1991) werden Vergleiche zwischen den Ergebnissen quantitativer Befragungen und den Resultaten von Fokusgruppen, bezogen auf den gleichen Untersuchungsgegenstand, gezogen. Die Ergebnisse aus den Fokusgruppen und den quantitativen Studien erbrachten dabei für die meisten Variablen ähnliche Resultate. Dennoch sollte man mit Rückschlüssen auf die Repräsentativität der Ergebnisse vorsichtig umgehen (vgl. Ward et al. 1991: 282). Zudem liegt die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse in der Regel nicht im Primärinteresse der Forscher. Aufgrund dieser Tatsache erweist sich diese Methode im Hinblick auf Studien, die den Anspruch auf repräsentative Ergebnisse erheben, als ungeeignetes Haupterhebungsinstrument. Dies bedeutet aber nicht, daß Fokusgruppen bei solchen Untersuchungen gar nicht zum Einsatz kommen können. In Kapitel 2.2 wurden bereits die unterschiedlichen Einsatzbereiche für Fokusgruppen skizziert. Demzufolge könnten Fokusgruppen im Rahmen einer repräsentativen Studie als Vorstudie, zum Test des Erhebungsinstrumentes oder als „flankierende“ Untersuchung dienen. Der Schwerpunkt liegt in diesem Fall aber auf der quantitativen Erhebung.

Anders sehen die Einsatzmöglichkeiten bei Untersuchungen aus, die nicht oder nicht nur auf repräsentative Ergebnisse hin ausgerichtet sind. Hier können Fokusgruppen durchaus die „Hauptlast“ der Untersuchung tragen. Oben wurden bereits die Einsatzmöglichkeiten für diesen Fall erwähnt. Dabei treten einige Bereiche hervor, in denen der Einsatz von Fokusgruppen besonders sinnvoll erscheint. Gegenüber anderen qualitativen Instrumenten weisen Fokusgruppen hier Vorteile auf, die ihren Einsatz daher um so überlegenswerter erscheinen lassen:

Dies ist zum einen die Tatsache, daß Fokusgruppen die Möglichkeit eines *Informationsinputs* bieten. Die Forscher haben dadurch die Gelegenheit, den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Fokusgruppen Informationen zukommen zu lassen, um so die Diskussion auf eine fachlich fundierte, aber auch standardisierte Informationsgrundlage stellen zu können. Dies ist insbesondere dann interessant, wenn es im Rahmen der Fokusgruppe um „schwierige“ oder unbekannte Themen geht, zu denen die Teilnehmenden aus ihrem Allgemeinwissen heraus nicht viel beitragen können.⁶ Gerade im Umwelt- und Technikbereich geht es oft um kompliziertere technische oder naturwissenschaftliche Aspekte und Zusammenhänge, bei denen eine Diskussion ohne entsprechenden Informationsinput oftmals in einer fruchtlosen, auf Halbwissen basierenden „Gesprächsrunde“ enden kann, die letztlich niemanden weiterbringt.

Der Informationsinput bietet den Forschern zudem Möglichkeiten, einen weiten Gestaltungsrahmen auszuschöpfen. Neben der reinen Informationsvermittlung, können auch interaktive Elemente in den Informationsinput integriert werden. Der Input bekommt dadurch eine neue didaktische Qualität. Die Ausschöpfung dieser Möglichkeiten wurde z.B. bei der Verwendung von Computerszenarien im Rahmen des ULYSSES Projektes (vgl. Dürrenberger et al. 1999) angestrebt.

Durch die Moderation der Fokusgruppen kann der Verlauf der Gruppensitzung gesteuert werden. Im Gegensatz zu unmoderierten Gruppengesprächen kann die Diskussion so auf die Punkte gelenkt (fokussiert) werden, die im besonderen Erkenntnisinteresse der Wissenschaftler liegen. Dies birgt natürlich auch die Gefahr, daß durch eine einseitige Moderation die Diskussion und demzufolge auch die Ergebnisse manipulierbar sind. Der Vorbereitung des Moderationsinputs sowie der Auswahl und Schulung des Moderators kommt demnach große Bedeutung zu.

In der methodologischen Diskussion über den Einsatz von gruppenbasierten Methoden wird immer wieder darauf verwiesen, daß für die erzielten Ergebnisse die Gruppe und nicht die Meinungen von einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmern maßgeblich sind. Dieser Effekt kann auch beim Einsatz von Fokusgruppen genützt werden. Wenn man die Fokusgruppe als eine Art „Mikrokosmos“ versteht, der ein verkleinertes Abbild sozialer Realität widerspiegelt, kann dieses Arrangement als eine Arena verstanden werden, in der interessierende Sachverhalte „durchgespielt“ werden können. Die Fokusgruppe bekommt in diesem Fall dann eher experimentellen Charakter. Die Gruppensituation hat zudem den Effekt, daß, entsprechende räumliche Gegebenheiten vorausgesetzt, eine Atmosphäre entsteht, die realen sozialen Situationen angepaßter ist, als dies in vielen anderen Erhebungs-

⁶ Sollte es im Rahmen der Untersuchung gerade um dieses „Allgemeinwissen“ gehen, ist natürlich auch eine Fokusgruppe ohne Input denkbar.

situationen der Fall ist. Durch diese Atmosphäre kann der künstliche Charakter einer einberufenen Fokusgruppensitzung zumindest teilweise kompensiert werden.

Der „Gruppeneffekt“ hat aber noch weitere Auswirkungen auf die Qualität der Fokusgruppenergebnisse. Im Gegensatz zum qualitativen Interview bei dem eine permanente direkte Interaktion zwischen Interviewer und Interviewtem vorliegt, kommen in der Fokusgruppe zwei gruppenspezifische Aspekte zur Geltung:

- Die gegebenen Antworten müssen der Gruppe gegenüber verantwortet und gegebenenfalls verteidigt werden.
- Die Wahrscheinlichkeit von „schnellen“, unüberlegten Antworten wird verringert.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, den Verlauf von Argumentationslinien in der Gruppe zu beobachten und zu analysieren. Die Art und Weise, wie innerhalb der Gruppe über einzelne Argumente diskutiert wird, wie sich die Diskussion entwickelt und welche Argumente letztendlich „übrigbleiben“, bieten vertiefte Einblicke in die Relevanz und Akzeptanzstrukturen der Teilnehmer bezüglich des diskutierten Themas.

3 Fokusgruppen bei technik- und umweltrelevanten Fragestellungen – Daten- und Projektanalyse

Um einen Überblick über das Spektrum der Anwendungsfelder zu bekommen, in denen mit Fokusgruppen gearbeitet wird, wurde eine ausführliche Literaturrecherche⁷ durchgeführt. Dabei wurde deutlich, daß der Einsatz von Fokusgruppen bei technik- und umweltrelevanten Fragestellungen, verglichen mit anderen Anwendungsfeldern⁸, nicht besonders stark ausgeprägt ist. Erst in den letzten Jahren sind vermehrt Studien erschienen, die sich mit diesem Themenbereich auseinandergesetzt haben (vgl. u.a. Desvousges & Smith 1988; Liebow et al. 1993; Löfstedt 1993; Wiedemann & Schütz 1996; Dahinden & Dürrenberger 1997).

Weiter oben wurde bereits kurz darauf verwiesen, daß der Einsatz von Fokusgruppen viele verschiedene Zielrichtungen verfolgen kann. Dabei kommt es immer darauf an, in welchem Gesamtkontext der Einsatz von Fokusgruppen steht. So können sich, je nach Einsatzgebiet, die Anwendungsmöglichkeiten von Fokusgruppen teilweise deutlich unterscheiden: während in der Marktforschung (vgl. Greenbaum 1993: 10ff., Templeton 1994) der Einsatz von Fokusgruppen sehr stark an der Produktvermarktung (z.B. der Bewertung von Werbekampagnen) orientiert ist, bezieht sich die Anwendung von Fokusgruppen in Verbindung mit der Arbeit öffentlicher Organisationen (vgl. Krueger 1994: 21ff.) stärker auf die Evaluation von Aktionsprogrammen (z.B. Programme gegen den Drogenmißbrauch), die von den jeweiligen Organisationen geplant bzw. bereits initiiert worden sind. Auch die Arbeit der Organisation selbst, kann Gegenstand der Untersuchung sein. Angesichts unterschiedlicher Anwendungen in verschiedenen Bereichen stellt sich daher die Frage, in welchem Kontext und mit welchem Ziel Fokusgruppen im Technik- und Umweltbereich eingesetzt werden können.

Faßt man die vorliegenden Studien aus diesem Gebiet zusammen, können drei Haupteinsatzbereiche unterschieden werden:

- Die Erforschung von Wahrnehmungen und Einstellungen gegenüber Techniken und ihren Risiken,
- der Test von Erhebungsinstrumenten und Arbeitsmaterialien und
- der Einsatz im Bereich partizipativer Verfahren.

⁷ Folgende Quellen wurden in die Recherche einbezogen: Die Datenbanken SOLIS und FORIS. Der Social Science Citation Index der Jahre 1994-1997, mehrere lokale und überregionale Bibliothekskataloge.

⁸ Eine thematisch geordnete Bibliographie findet sich bei Krueger (1994: 243ff.) und Dürrenberger et al. (1997: 91 ff.).

Der Einsatz zur Erforschung von Wahrnehmungen und Einstellungen gegenüber Techniken und ihren Risiken macht dabei mit Abstand den größten Teil der Anwendungen aus. In den folgenden Abschnitten sollen einige Beispiele für diese drei Einsatzbereiche vorgestellt werden:

3.1 Fokusgruppen bei der Einstellungsforschung

Die zitierten Studien von Wiedemann & Schütz, Löfstedt und Liebow, stammen alle aus diesem Bereich. Wiedemann & Schütz (1996) haben in ihrer Studie die Bewertung von Risiken untersucht, die von elektromagnetischen Feldern (EMF) ausgehen. Außerdem sollten die von ihnen durchgeführten Fokusgruppen Resultate darüber liefern, welche Argumente die Meinungsbildung in der Bevölkerung zu diesem Thema beeinflussen. In der Studie von Löfstedt (1993) wurden Fokusgruppen zur Messung von Einstellungen und Wahrnehmung in der Bevölkerung gegenüber Energiesparmaßnahmen durchgeführt. In der Untersuchung von Liebow et al. (1993) ging es um die Erfassung von Einstellungen der örtlichen Bevölkerung gegenüber dem geplanten Bau einer Sondermüllverbrennungsanlage.

In den ersten beiden Beispielen wurden neben den Fokusgruppen noch andere Untersuchungsmethoden angewendet. Die Fokusgruppen waren hier ein Teil einer „Methodenmischung“ aus unterschiedlichen Untersuchungsmethoden. Die Ergebnisse von Liebow et al. basieren dagegen ganz auf den Resultaten der durchgeführten Fokusgruppen. In diesem Fall erfolgten im Vorfeld der Fokusgruppen bereits mehrere Untersuchungen und Analysen. Die Fokusgruppen sollten hier einer weiteren Vertiefung der bereits erzielten Ergebnisse dienen.

3.2 Fokusgruppen zum Test von Erhebungsinstrumenten und Arbeitsmaterialien

Die Arbeiten von Desvousges & Smith (1988) und Desvousges & Frey (1989) zeigen Beispiele für Arbeiten des zweiten Anwendungsbereiches auf. Im Rahmen ihrer Arbeit aus dem Gebiet der Risikokommunikation, setzen Desvousges & Smith (1988: 480) Fokusgruppen u.a. zur Steigerung der Effektivität der Risikokommunikation⁹ ein. Dazu zählen:

- „Evaluating perceptual cues and information processing
- Pretesting risk-communication materials
- Selecting risk-communication channels“

⁹ Desvousges & Smith verweisen auch auf die Möglichkeit des Einsatzes von Fokusgruppen zur Einstellungserhebung.

Den Autoren geht es hierbei in erster Linie darum, Ergebnisse darüber zu gewinnen, wie potentielle Adressaten mit neu erstellten Materialien zur Risikokommunikation umgehen und diese aufnehmen. Mit den so erzielten Erkenntnissen sollen die Arbeits- und Informationsmaterialien geprüft und gegebenenfalls verbessert werden.

Desvousges & Frey (1989) setzen Fokusgruppen als unterstützendes Instrument beim Fragebogendesign ein. Durch die Diskussion in der Fokusgruppe sollen insbesondere die Verständlichkeit der Fragen sowie die Sichtweisen der Befragten geklärt werden. Zudem können neue, von den Forschern bisher noch unberücksichtigte Aspekte durch die Fragebogendiskussion „entdeckt“ und im Fragebogen berücksichtigt werden. Der Einsatz der Fokusgruppen ersetzt dabei jedoch nicht den eigentlichen Pretest des Fragebogens. Dieser folgt im Anschluß an die Einarbeitung der durch die Fokusgruppen gewonnenen Erkenntnisse. Desvousges & Frey (1989: 361) fassen bezüglich des Einsatzes der Fokusgruppen zusammen: „Their importance lies primarily in helping researchers develop an effective and understandable survey instrument.“

3.3 *Fokusgruppen als Partizipationsinstrument*

Die „jüngste“, und noch am wenigsten verbreitete Möglichkeit des Einsatzes für Fokusgruppen im Technik- und Umweltbereich, ist deren Verwendung im Rahmen partizipativer Prozesse.¹⁰ Gegenüber den beiden anderen Anwendungsfeldern kommt den Fokusgruppen in diesem Zusammenhang eine erweiterte Funktion zu: während Fokusgruppen in den beiden ersten Anwendungsfeldern in erster Linie als Instrument zur Datenerhebung bzw. zu Evaluations- und Prüfzwecken eingesetzt werden, kommt im Rahmen eines partizipativen Prozesses (vgl. Dürrenberger et al. 1997; Ruede 1998; Dürrenberger et al. 1999¹¹ und Keck et al. 1999) noch eine normative Komponente hinzu. Das primäre Ziel der Fokusgruppe richtet sich in diesem Fall auf das Erarbeiten einer Empfehlung für Entscheidungsträger aus der Politik. Die Empfehlung kann zum Beispiel zu einem Problem aus dem Umwelt- oder Planungsbereich ausgesprochen werden. Durch den Einbezug von Laien in den Entscheidungsprozeß, wirken Fokusgruppen in diesem Zusammenhang nicht nur als bloße „Datenquelle“ in einer Richtung (Fokusgruppe → Auswertung durch den Forscher → Ergebnis). Das im Rahmen der Gruppe erzielte Ergebnis wirkt sich, in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen des jeweiligen Verfahrens, auf verschiedene Bereiche aus. Die Fokusgruppen stehen in diesem Fall an der Schnittstelle zwischen Erhebungsinstrument auf der einen und Partizipationsinstrument auf der anderen Seite. Je nach Ausrichtung des

¹⁰ Zum Ablauf und den Möglichkeiten verschiedener Partizipationsverfahren vgl. Renn et al. (1995).

¹¹ Im Zuge des Einsatzes der Fokusgruppen zu partizipativen Zwecken, verwenden Dürrenberger et al. den Begriff der „IA-Focus Groups“. Dabei wird die enge Verknüpfung mit dem Ansatz des Integrated Assessment (IA) (vgl. Dürrenberger et al. 1997) verdeutlicht.

Verfahrens kann dabei die eine oder die andere Seite stärker betont werden. Da die Diskussion über den Einsatz von Fokusgruppen als Partizipationsinstrument erst begonnen hat, ist es an dieser Stelle noch zu früh, eine konkrete Verortung im Bereich der Technik- und Umweltsoziologie vorzunehmen. Wichtig ist in diesem Fall aber die Frage, inwieweit eine Methode aus dem Bereich der qualitativen Sozialforschung ohne „Reibungsverluste“ in ein Partizipationsinstrument umgewandelt werden kann, ohne daß dabei der eigentliche Charakter der Fokusgruppe verloren geht und die Anwendung eines „klassischen“ Partizipationsinstruments (z.B. eines Runden Tisches) nicht sinnvoller wäre.

Zusammenfassend läßt sich – bezogen auf den Einsatz von Fokusgruppen im Umwelt- und Technikbereich – folgende Situation beschreiben: sowohl im Bereich der Einstellungsforschung als auch bei der Prüfung von Erhebungsinstrumenten und Arbeitsmaterialien steht die Anwendung der Fokusgruppen im Kontext der qualitativen empirischen Sozialforschung. In dieser Hinsicht bietet sie alle Möglichkeiten eines qualitativen Instrumentes, um vertiefte Erkenntnisse über die Wahrnehmungen, Einstellungen und Bewertungen bestimmter Gruppen hinsichtlich eines Themas zu gewinnen. Im Zusammenhang einer an Partizipation orientierten Anwendung dagegen wird das klare, durch die Methodik geprägte Bild der Fokusgruppen zugunsten anderer Zielsetzungen verändert. Die Frage, ob die Fokusgruppe dadurch zu einem „Multifunktionsinstrument“ aufgewertet wird oder aber lediglich unter neuem Namen bereits bekannte Pfade ausfüllt, ist noch nicht beantwortet und bedarf weiterer Forschungsanstrengungen.

4 Fokusgruppen und Fusionsforschung

In der Einleitung wurde bereits die Problematik angesprochen, *wie* sich zum Thema ‚Kernfusion‘ gültige und zuverlässige Daten erheben lassen. Die Kernfusion ist für einen Großteil der Bevölkerung ein nahezu unbekanntes Verfahren zur Energiegewinnung. Eine öffentliche Diskussion zu diesem Thema findet praktisch nicht statt. Der geringe Bekanntheitsgrad dieser Technologie hatte demnach auch entscheidenden Einfluß auf die Entscheidung über die Vorgehensweise für das Projekt. Eine große, repräsentative Umfrage zu einem nahezu unbekanntem Thema schien kein geeignetes Instrument zu sein, da so erzielte Ergebnisse zum großen Teil auf „Mutmaßungen“ der Befragten bezüglich eines unbekanntem Themas beruhen würden und so keinesfalls zu befriedigenden Ergebnissen führen. Zur Erhebung der Daten wurde daher eine Methode gewählt, die den Ausgangsbedingungen dieses Projektes gerecht werden konnte: Mit Vertretern unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen sollten Fokusgruppen durchgeführt werden, in deren Verlauf die oben angesprochene Thematik, ihre Probleme und offenen Fragestellungen vorgestellt und diskutiert werden konnten. Der entscheidende Vorteil bei der Wahl von Fokusgruppen lag darin begründet, daß diese Methode eine differenzierte Informationseingabe in die Fokusgruppen ermöglichte und so eine fachlich fundierte Diskussion über das Thema ‚Fusion‘ möglich war.

4.1 Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Zu Beginn der Forschungsarbeiten stand die Entscheidung an, *wer* an den einzelnen Fokusgruppen teilnehmen sollte. Dabei mußte zunächst festgelegt werden, wie die Zusammensetzung der Gruppen aussehen sollte: heterogene, „gemischte“ Gruppen oder Gruppen mit einer homogenen Teilnehmerstruktur?

Diese Entscheidung ist in erster Linie davon abhängig, welche Ziele durch die geplante Untersuchung verfolgt werden. Geht es um die Untersuchung spezieller Zielgruppen oder um die allgemeine Bevölkerung? Werden sehr spezifische oder eher „allgemeine“ Themen behandelt? Die Studien von Liebow et al. (1993) und Löffstedt (1993) zeigen Beispiele für den Einsatz heterogener, zufällig¹² ausgewählter Gruppen. Diese Variante ist insbesondere dann sinnvoll, wenn es um Einschätzungen zu einem Thema von allgemeiner, „öffentlicher“ Seite her geht. Auch beim „Test“ von Materialien (vgl. Desvousges & Smith 1988), die für eine breite Öffentlichkeit konzipiert werden, bietet sich eher der Gebrauch heterogener Gruppen an. Bei Untersuchungen zu sehr spezifischen Themen, bietet sich dagegen

¹² Bei Liebow wurden aus den zufällig ausgewählten Personen unter der Verwendung eines Auswahlfragebogens diejenigen Personen „herausgefiltert“, die angaben, in ihrem Haushalt hauptsächlich für den Lebensmitteleinkauf verantwortlich zu sein.

eher eine „theoretisch“ fundierte Auswahl der Teilnehmer an. So können Fokusgruppen z.B. mit Vertretern unterschiedlicher Interessensgruppen, Bewohnern einer bestimmten Region oder mit Experten durchgeführt werden. Dadurch können Einschätzungen und Standpunkte zu einem Thema aus unterschiedlichen „Richtungen“ erhoben und verglichen werden.

Da es sich bei der von uns behandelten Forschungsfragestellung um das sehr schwierige und spezielle Thema ‚Kernfusion‘ handelte, fiel die Entscheidung klar auf die Auswahl homogener Gruppen. Bei der Zusammensetzung der unterschiedlichen Gruppen wurde auf der einen Seite versucht, ein möglichst breites Meinungsspektrum zu erfassen. Auf der anderen Seite sollten Vertreter solcher Gruppen ausgewählt werden, die das Thema Kernfusion vermutlich in die öffentliche Diskussion hineinbringen werden. Die Auswahl fiel auf die folgenden sechs Gruppen:

- Lehrer
- Vertreter von Umweltverbänden
- Jugendliche
- Kulturschaffende
- Wissenschaftsjournalisten
- Manager aus Unternehmen mit hohem Energiebedarf

Die Rekrutierung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer für die sechs Fokusgruppen wurde auf zwei Arten durchgeführt. Für fünf Gruppen wurden, gemäß der Quote, in Frage kommende Personen schriftlich und telefonisch kontaktiert und um eine Teilnahme an der jeweiligen Fokusgruppe gebeten. Für eine Gruppe wurde ein Marktforschungsinstitut mit der Rekrutierung der Teilnehmer beauftragt. Die angestrebte Teilnehmerzahl für die jeweilige Fokusgruppe lag zwischen 6 und 10 Personen. Für alle sechs Fokusgruppen konnte eine Teilnehmerzahl innerhalb des angegebenen Rahmens gewonnen werden.

4.2 Der Verlauf der Fokusgruppen

Um die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Fokusgruppen sicherzustellen, erfolgte die Durchführung nach einem standardisierten Ablaufschema. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Ablauf eines „Fokusgruppentags“.¹³

¹³ Fünf der sechs Fokusgruppen wurden an einem Freitagnachmittag durchgeführt, eine Fokusgruppe fand an einem Samstagvormittag statt.

Tabelle 1: Ablaufschema der ‚Fokusgruppen Fusionsenergie‘

Inhalt	Ungefähre Dauer in Minuten
Begrüßung der Teilnehmer in den Räumen der Akademie für Technikfolgenabschätzung; Ausgabe eines standardisierten Fragebogens an die Teilnehmer	
Ausfüllen des Fragebogens durch die Teilnehmer	15
Einleitung und Begrüßung; Vorstellung der Moderatoren und der Teilnehmer; Erläuterung des Ablaufs; Organisatorisches	15
Energiebedarf – globale Perspektiven; Vorstellung einer computergestützten Präsentation	20
Vorstellung aktueller Möglichkeiten der Stromversorgung; Hinweis auf die jeweiligen Vor- und Nachteile dieser Optionen	15
Vortrag zu der Frage: Was ist Fusionsenergie?	15
PAUSE	20
Darstellung einer Pro- und einer Contra-Position zur Kernfusion	25
Fokusgruppe	100
Kurzes Einzelinterview mit den Teilnehmern zur vorausgegangenen Diskussion	5-10
Verabschiedung der Teilnehmer	

Das Ablaufschema verdeutlicht, daß auf den Informationsinput eine intensive Gruppendiskussion (die eigentliche Fokusgruppe) folgt. Im Laufe dieser Diskussion wurden dabei von Seiten der Moderation insgesamt fünf Schlüsselbereiche (sog. „key questions“) in die Diskussion eingebracht, sofern diese nicht im Verlauf der Diskussion von den Teilnehmern selbst angesprochen wurden. Dabei handelte es sich um Fragen nach:

- Risiko
- Kosten-Nutzen
- Technik- und Gesellschaftsbild
- Akzeptanz
- Lebensstil

4.3 *Gestaltung des Informationsmaterials*

Die Frage des Informationsinputs für die Fokusgruppe ist, bezogen auf das hier fokussierte Thema, ein wichtiger Aspekt (vgl. oben). Eine sachliche, offene und faire Diskussion über das Thema ‚Kernfusion‘ ist immer auch an das Informationsniveau der Teilnehmer geknüpft, wenn die Diskussion nicht auf oberflächlichem Niveau „dahinplätschern“ soll. Daher wurde eine vergleichsweise ausführliche Informationssequenz vorgesehen. Sie sollte den bereits genannten Schwierigkeiten bei der Behandlung der Fusionsenergie in Fokusgruppen, nämlich der Unbekanntheit und Komplexität des Themas sowie der langfristigen und globalen Perspektive, begegnen.

Ziel der Informationssequenz war es, den Teilnehmerinnen und Teilnehmern Basiswissen über die Technologie der Fusionsenergie zu geben, die Energieproblematik in ihrer globalen und langfristigen Dimension zu verdeutlichen und die Vor- und Nachteile der Fusionsenergie im Vergleich mit anderen Möglichkeiten zur Stromerzeugung sehen zu können.

Ein wichtiger Aspekt der Energieproblematik ist der globale. So sollte die Informationssequenz „Energielaien“ ermöglichen, Perspektiven einzunehmen, die sich aus Alltagssituationen nicht ergeben. So galt es zu zeigen, daß die Betrachtung der Situation eines Industrielandes der Problemlage nicht angemessen ist und daß die Fragen einer künftigen Energieversorgung sich in anderen Regionen anders stellen. So ist in 50 Jahren durchaus in Deutschland ein Energiesystem möglich, das sowohl auf nukleare Energie verzichtet als auch den Verbrauch fossiler Energieträger drastisch reduziert (vgl. Schade & Weimer-Jehle 1996) – entsprechenden gesellschaftlichen und politischen Willen vorausgesetzt. Dies zu erreichen ist aber, aufgrund anderer Ausgangssituationen in anderen Regionen der Erde, auch in diesem langen Zeitraum eher fraglich. Somit erschließt eine Diskussion über die Höhe des zukünftigen Energiebedarfs andere Aspekte, wenn sie unter globalen Gesichtspunkten geführt wird.

Mit der Höhe der Nachfrage ist zunächst „nur“ das Energieproblem definiert. Die Rolle der Fusionsenergie zur Lösung ist anschließend zu betrachten. Fusionsenergie kann in großen Kraftwerken zur Stromproduktion genutzt werden. Wie groß ist ihr möglicher Beitrag zur Deckung des Gesamtbedarfs? Welche anderen Möglichkeiten der Stromerzeugung bestehen? Diese Fragen waren mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu thematisieren, bevor die Fusionsenergie selbst einer genauen Betrachtung unterzogen werden konnte.

Eine Diskussion über die gesellschaftliche Akzeptabilität einer Technik kann nicht – mit Aussicht auf verwertbare Ergebnisse – losgelöst von möglichen alternativen Wegen diskutiert werden. Somit waren die anderen Optionen zur Stromerzeugung kurz darzustellen. Weiterhin ist eine Beurteilung der Fusionsenergie nur dann sinnvoll zu machen, wenn das zugrundeliegende physikalische Prinzip sowie der derzeitige Stand der Fusionsforschung

geklärt ist. Hilfreich ist ferner, zu hören, wie verschiedene Experten den Beitrag der Fusionsenergie zur Stromerzeugung sehen und wie sie die Folge- und Nebenwirkungen dieser Technik beurteilen. Dazu wurden den Teilnehmerinnen und Teilnehmern kurze Statements des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik und des Öko-Instituts als Videoaufzeichnungen vorgeführt.

4.3.1 Langfristige globale Energieperspektiven

In das Thema führte ein Referent der TA-Akademie mit Hilfe einer EXCEL-Anwendung ein. Die Projektion des PC-Bildschirms auf eine Leinwand ermöglichte ein interaktives Arbeiten mit den Fokusgruppenteilnehmerinnen und -teilnehmern.

Ein Ansatz künftige Entwicklungen zu diskutieren, ist die Methode der Szenariobildung. Szenarien sind nicht als Vorhersagen künftiger Entwicklungen zu verstehen, sondern als in sich stimmige Bilder denkbarer Entwicklungspfade; sie stellen mögliche Entwicklungslinien, in diesem Fall des Energiesystems, dar. Szenarien beruhen auf Experteneinschätzungen über technische und wirtschaftliche Entwicklungen sowie auf einer Modellbildung des Energiesystems. Damit sind sie als technisch und wirtschaftlich realisierbare Wege anzusehen, die aber unter Umständen gesellschaftlich wenig realistisch sind. Ihr Ziel ist es, bestehende Handlungsmöglichkeiten und den Einfluß heutiger (politischer) Entscheidungen auf die künftige Gestalt des Energiesystems aufzuzeigen und so eine Diskussion über die gewünschten Entwicklungen anzuregen. Anhand von Szenarien lassen sich die Auswirkungen – beispielsweise verschiedener Annahmen über das Wirtschaftswachstum – auf Energiebedarf und Emissionen miteinander vergleichen.

Für die meisten politischen und technischen Fragestellungen sind Szenarien für einen Zeithorizont bis 2005 oder 2020 zweckmäßig. Sie verdeutlichen die Folge- und Nebenwirkungen von politischen und unternehmerischen Entscheidungen in einem überschaubaren Zeitraum. Bei Szenarien, die weiter in die Zukunft reichen, wächst die Zahl der möglichen Varianten stark. So kann bei Szenarien für einen Zeitraum nach 2050 Wasserstoff oder eben die Fusionsenergie in die Rechnungen einbezogen werden, was für Szenarien bis 2020 unrealistisch wäre. Die Vielzahl der Varianten schwächt aber die Aussagekraft der Ergebnisse und übersteigt übliche Zeithorizonte in Politik und Wirtschaft. Daher ist man im allgemeinen davon abgekommen, langfristige Szenarien zu entwickeln. Dies hat andererseits zur Folge, daß – wenn gerade diese langfristige Perspektive eingenommen werden soll – nur sehr wenige Studien verfügbar sind, die das nötige Datenmaterial bereitstellen.

Der Informationsteil wurde auf der Grundlage der Szenarien der IIASA¹⁴ entwickelt, weil hier sowohl die weltweite Entwicklung als auch die für Fusionsenergie erforderliche ferne Zukunft thematisiert wird. Die insgesamt sechs IIASA-Szenarien basieren auf einer Studie des World Energy Council und wurden für die Jahre 2050 und 2100 berechnet. Es handelt sich um normative Szenarien, d.h. es wurden Annahmen getroffen, denen Wertvorstellungen zugrunde liegen, über deren Inhalt oder deren Realismus man geteilter Meinung sein kann. So wird beispielsweise in diesen Szenarien vom Verschwinden des Unterschieds zwischen Industrie- und Entwicklungsländern bis zum Jahr 2100 ausgegangen.

4.3.2 Die IIASA-Szenarien

Die IIASA-Studie (vgl. IIASA 1995) teilt die Welt in 11 Regionen auf, die für die Darstellung der zentralen Ergebnisse wiederum zu drei Blöcken zusammengefaßt wurden:

1. Industrieländer (Nordamerika, EU, Japan, Australien, Neuseeland)
2. Ehemaliger Ostblock (Staaten im ökonomischen Umbruch, d.h. Osteuropa und frühere UdSSR)
3. Entwicklungsländer (Mittel- und Südamerika, Afrika, Großteil von Asien).

Auch wenn gerade die gemeinsame Betrachtung von Ländern aus Asien und Afrika in einem Block „Entwicklungsländer“ problematisch erscheint, genügt diese grobe Einteilung, um die wesentlichen Unterschiede verdeutlichen zu können.

Rahmendaten der IIASA-Szenarien

- Anwachsen der Erdbevölkerung von 5 Milliarden 1990 auf 10 Milliarden im Jahr 2050 (mittleres demographisches Szenario)
- Anteil der Investitionen am globalen Bruttonationaleinkommen (BNE) mit 3 - 4 % gleichbleibend
- Wohlstandsgefälle zwischen den Regionen baut sich ab
- keine einschneidenden Katastrophen
- insgesamt wachsende Einkommen

Für die 6 Szenarien¹⁵ wurde von obigen gemeinsamen Rahmendaten ausgegangen. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der getroffenen Annahmen zur Höhe des Wirtschaftswachstums, zur zugrunde gelegten technischen Entwicklung, zum Ausmaß der internatio-

¹⁴ Die IIASA (International Institut for Applied Systems Analysis) hatte 1996 ein Jahresbudget von fast 13 million US \$. Davon wird etwa Dreiviertel von den nationalen Mitgliedsorganisationen getragen, der Rest sind Forschungsmittel. Mitglieder sind Forschungszentren, Ministerien, Universitätsinstitute. Für Deutschland ist das Forschungszentrum Jülich angegliedert.

¹⁵ siehe Anhang sowie IIASA 1995.

nenalen Zusammenarbeit, zur künftigen Umwelt- und Energiepolitik und zur Akzeptanz bestimmter Energieträger (v.a. Kohle und Nuklearenergien).

Um für die Präsentation in den Fokusgruppen die wesentlichen Zusammenhänge in sehr kurzer Zeit überschaubar darstellen zu können, wurde ein stark vereinfachtes Modell verwendet, welches den Energiebedarf einer Region als Produkt ihrer Energiezahl¹⁶ und ihres Bruttosozialprodukts ergibt. Die Energiezahl ist als Maß für die Qualität der eingesetzten Technik und der Wirtschaftsweise zu verstehen. Eine hohe Energiezahl bedeutet, daß zum Erwirtschaften einer DM Bruttosozialprodukt viele Kilowattstunden benötigt werden. Dies ist der Fall, wenn beispielsweise die Kraftwerke einer Region schlechte Wirkungsgrade haben und alte Produktionsanlagen vorhanden sind. Dann muß mehr Energie aufgewendet werden, um ein bestimmtes Produkt herzustellen, als wenn die Energiezahl niedrig ist (Kraftwerke mit hohen Wirkungsgraden und neue Produktionsanlagen).

In diese Berechnung des Energiebedarfs geht die Bevölkerungszahl nur indirekt ein. Wenn beispielsweise bei gleichbleibendem Sozialprodukt die Bevölkerung wächst, ist das Erwirtschaftete auf eine größere Anzahl von Personen zu verteilen, so daß der Pro-Kopf-Wert entsprechend sinkt. Soll der Pro-Kopf-Wert trotz wachsender Bevölkerung dennoch gleich bleiben, so muß mehr Sozialprodukt erwirtschaftet werden und somit die jährliche Wachstumsrate ansteigen. Damit erhöht sich dann der Energiebedarf, wenn die Energiezahl unverändert bleibt.

Zur Veranschaulichung dieser Zusammenhänge wurden Bevölkerungszahl, Energiebedarf und der Pro-Kopf-Bedarf graphisch dargestellt. Es handelt sich dabei um Summenkurven, bei denen die Einzelbeiträge der Regionen übereinander dargestellt werden, so daß an der obersten Linie der Gesamtwert abgelesen werden kann. Der Pro-Kopf-Verbrauch gibt dem Betrachter einen Hinweis auf das Konsumniveau in der jeweiligen Region und auf die Effizienz, mit der dort die Energie genutzt wird. Ausdrücklich wurde bemerkt, daß Lebensqualität nicht automatisch hoher Energiebedarf bedeutet, beziehungsweise, daß ein hoher Energiebedarf nicht unweigerlich eine hohe Lebensqualität zur Folge hat. Nichtsdestotrotz läßt sich eine gewisse Relation zwischen Höhe des Energiebedarfs und der Lebensqualität nicht leugnen. Um zusätzlich noch die Umweltwirkungen im Blick zu haben, wurde der für die Energienutzung wichtigste Umweltindikator, die CO₂-Emissionen, als Grafik angezeigt.

Ein Beispiel für den Verlauf einer Diskussion des Weltenergiebedarfs in einer beliebigen Fokusgruppe wird anhand von Tabelle 2 und den Abbildungen 1 und 2 gegeben. Ausgangspunkt sind die Werte für 1990. Die Gruppe einigt sich zunächst auf die Übernahme

¹⁶ Der Begriff „Energiezahl“ wurde anstelle des Fachbegriffs „Energieintensität“ gewählt, um die Verständlichkeit zu verbessern.

der Bevölkerungszahlen der IIASA-Studie. Die Auswirkungen zweier Schritte sollten betrachtet werden.

Schritt 1 beruht auf folgenden Annahmen:

1. In den Industrieländern soll sich bis 2050 das Bruttosozialprodukt gegenüber 1990 verdoppeln;
2. der Energieverbrauch der Industrieländer soll sich halbieren;¹⁷
3. das Wohlstandsgefälle soll bis 2050 aufgehoben sein, so daß in allen drei Regionen ein Pro-Kopf-Bruttosozialprodukt wie in den Industrieländern erwirtschaftet wird;
4. die Verbesserung des Stands der Technik (Energiezahl) soll in den Entwicklungsländern und in den Staaten des ehemaligen Ostblocks die gleichen Fortschritte machen wie in den Industrieländern.

Dies bedeutet, daß die Energiezahl der Regionen für 2050 dem Viertel des Werts von 1990 entsprechen und daß in den Staaten des ehemaligen Ostblocks und vor allem in den Entwicklungsländern die Wirtschaft stark wachsen muß. Aus den Annahmen 1 und 3 wurden die jährlichen Wachstumsraten berechnet (s. Tabelle 2, 1. Schritt).

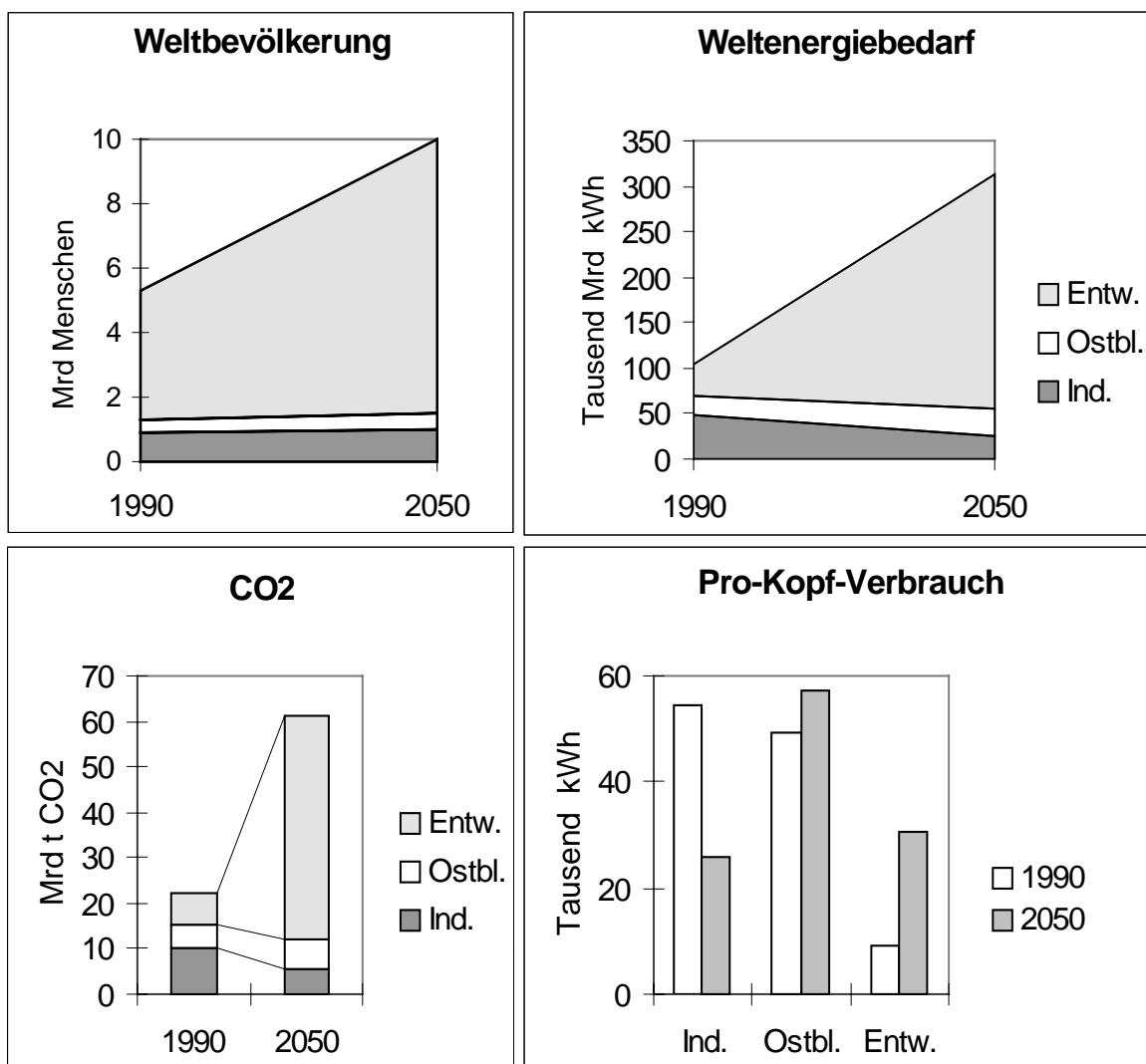
Tabelle 2: Eingabewerte für eine Bilanzierung

Jahr		1990	2050	2050	
			<i>1. Schritt</i>	<i>2. Schritt</i>	
Industrieländer	Bevölkerung	0,9	1,0	1,0	Mrd. Menschen
	jährl. Wirtschaftswachstum	2,1 – 3,6	1,2	1,2	% pro Jahr
	Energiezahl	1,9	0,5	0,5	kWh/DM
Ehem. Ostblock	Bevölkerung	0,4	0,5	0,5	Mrd. Menschen
	jährl. Wirtschaftswachstum	2,4 – 3,5	2,9	1,1	% pro Jahr
	Energiezahl	4,2	1,1	1,8	kWh/DM
Entwicklungsländer	Bevölkerung	4	8,5	8,5	Mrd. Menschen
	jährl. Wirtschaftswachstum	1,5 – 6,8	5,6	2,7	% pro Jahr
	Energiezahl	2,2	0,6	1,1	kWh/DM

¹⁷ Bspw. in Anlehnung an die Veröffentlichung von Weizsäcker et al. , 1996: Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch.

Das Ergebnis dieser Annahmen (1. Schritt) zeigt Abbildung 1. Wie gefordert, sinkt der Energiebedarf der Industrieländer auf die Hälfte. In den Ländern des ehemaligen Ostblocks ergibt sich eine leichte und in den Entwicklungsländern eine drastische Zunahme.

Abbildung 1: Veränderung des Energiebedarfs, der CO₂-Emissionen¹⁸ und des Pro-Kopf-Verbrauchs im Zeitraum von 1990 bis 2050 bei folgenden Annahmen: mittleres Bevölkerungswachstum, Verdopplung des Bruttosozialprodukts in den Industrieländern, Verschwinden des Nord-Süd- und West-Ost-Gefälles, um den Faktor 4 verbesserte Energiezahlen (Schritt 1 in Tabelle 2)



¹⁸ Die CO₂-Emissionen für 2050 sind unter der Annahme bzgl. 1990 unveränderter Verteilung der Energieträger berechnet (Motto: alles beim Alten belassen). Der Wert für die CO₂-Emissionen für 2050 ist somit nur ein grober Anhaltspunkt.

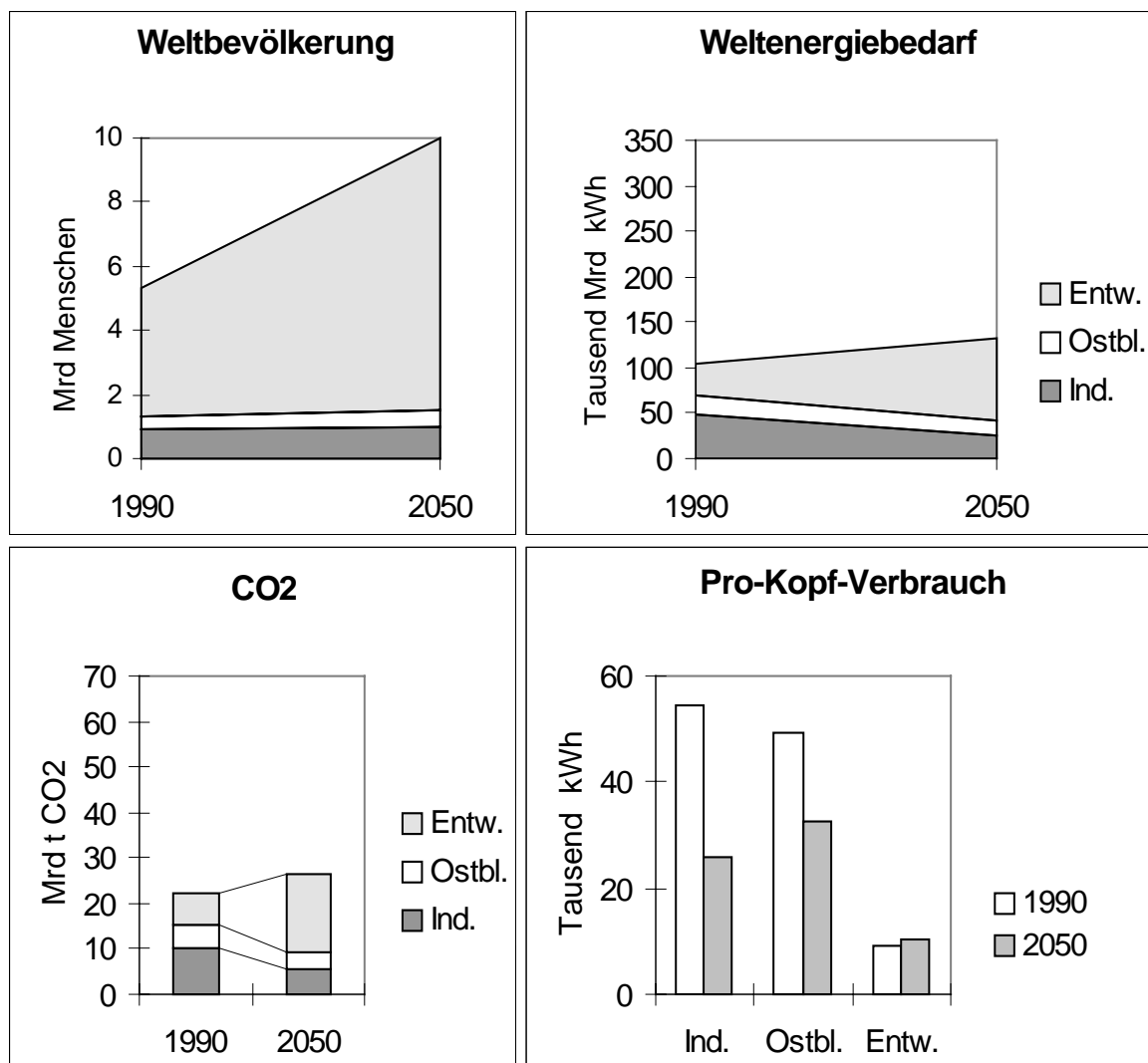
Da die Struktur der Energieversorgung von 1990 bei dieser ersten Untersuchung für das Jahr 2050 übernommen wird, steigen die CO₂-Emissionen dramatisch an. Dies verdeutlicht, daß die heutige große Bedeutung der fossilen Energieträger zur Deckung des Energiebedarfs nicht beibehalten werden kann. Aufgrund der effizienteren Nutzung der Energie sinkt in den Industrieländern der Pro-Kopf-Verbrauch trotz der Zunahme des Bruttosozialprodukts. Der schlechtere technische Stand verhindert diese Entwicklung in den Ländern des ehemaligen Ostblocks. Obschon gemäß Annahme 3 das Pro-Kopf-Bruttosozialprodukt dem der Industrieländer entspricht, steigt der Pro-Kopf-Verbrauch noch an. In den Entwicklungsländern ist eine deutliche Zunahme des Pro-Kopf-Verbrauchs zu verzeichnen, der durch das stark steigende Sozialprodukt hervorgerufen wird. Da die Energiezahl im Vergleich zu den Industrieländern nur leicht höher ist, ergibt sich ein nur unwesentlich höherer Pro-Kopf-Verbrauch.

In Schritt 2 korrigiert die Gruppe für die Entwicklungs- und die ehemaligen Ostblockländern die Annahmen des Wirtschaftswachstums und der Entwicklung des Stands der Technik derart, daß es einen niedrigen Energiebedarf zur Folge hat. Für Schritt 2 wird nun von folgenden Annahmen ausgegangen:

1. in den Industrieländern soll sich bis 2050 das Bruttosozialprodukt gegenüber 1990 verdoppeln;
2. der Energieverbrauch der Industrieländer soll sich halbieren;
3. für die Entwicklungs- und ehemaligen Ostblockländer werden als Energiezahl die unteren Werte der IIASA-Szenarien (Szenario mit den optimistischsten Annahmen zum Entwicklung des technischen Stands) übernommen;
4. für die Entwicklungs- und ehemaligen Ostblockländer werden für die Wirtschaftsentwicklung ebenfalls die unteren Werte der IIASA-Szenarien (Szenario mit den pessimistischen Annahmen zur wirtschaftlichen Entwicklung) übernommen.

Das Ergebnis dieser Veränderungen zeigt Abbildung 2 – der Gesamtenergiebedarf ist deutlich niedriger. Trotzdem hat der Weltenergiebedarf im Vergleich zu 1990 zugenommen und der Bedarf in den Entwicklungsländern hat sich etwa verdreifacht. Die CO₂-Emissionen sind gemäß des niedrigen Energieverbrauchs deutlich niedriger als in Abbildung 1. Die Pro-Kopf-Verbräuche spiegeln den vergleichsweise sehr schlechten Stand der Technik in den Ländern des ehemaligen Ostblocks beziehungsweise das sehr niedrige Konsumniveau in den Entwicklungsländern wider.

Abbildung 2: Veränderung des Energiebedarfs, der CO₂-Emissionen und des Pro-Kopf-Verbrauchs aufgrund geringeren Wirtschaftswachstums und langsamerer technischer Entwicklung in den Entwicklungsländern und den Staaten des ehemaligen Ostblocks (Schritt 2 in Tabelle 2)



Dieses Beispiel veranschaulicht, daß zwar in den Industrieländern mit einem sinkenden Energiebedarf gerechnet werden kann, daß dies aber wohl kaum im globalen Maßstab zutreffen wird.

Der Gesamtenergiebedarf eines Landes wird allerdings nur zum Teil durch Strom gedeckt, der in Fusionskraftwerken erzeugt werden könnte. Um die mögliche Rolle der Fusionsenergie zur Lösung der Energiefrage einschätzen zu können, ist der Anteil des Stroms am Gesamtenergiebedarf zu diskutieren. Tabelle 3 zeigt für die drei Weltregionen den prozentualen Anteil des Stroms am Gesamtbedarf im Jahr 1990 und die Annahmen für 2050 aus den IIASA-Szenarien. Die Angabe eines Bereichs für 2050 berücksichtigt jeweils die

beiden Szenarien, die den niedrigsten und den höchsten Stromanteil am Gesamtverbrauch annehmen.

Tabelle 3: Anteil des Stroms am gesamten Energiebedarf für 1990 und für die IIASA-Szenarien

	1990	2050
Industrieländer	17 %	31 % - 39 %
Ehem. Ostblock	8 %	14 % - 18 %
Entwicklungsländer	8 %	11 % - 13 %

Die Zahlen veranschaulichen, daß in Zukunft der Energieträger Strom eine bedeutendere Rolle bei der Energienutzung spielen wird, daß aber sein Anteil am Gesamtbedarf gerade in den Regionen mit starken Zuwachsraten im Energiebedarf gering bleiben wird. Grundsätzlich besteht in den betrachteten relativ langen Zeiträumen die Möglichkeit, die einzelnen Energieträger ohne wesentliche Nutzungsänderungen auf der Verbraucherseite gegeneinander auszutauschen. So kann beispielsweise durch Elektrofahrzeuge der Strombedarf zu Lasten des Ölbedarfs ansteigen oder es kann die Nachfrage nach Gas durch Vergasung von Steinkohle gedeckt werden. Die momentane Tendenz zu einer höheren Nutzerfreundlichkeit und lokalen Umweltverträglichkeit der Energieträger dürfte weiterhin erhalten bleiben. Dies bedeutet eine überproportional steigende Nachfrage nach Strom und Gas. Nichtsdestotrotz sind dieser Tendenz dadurch Grenzen gesetzt, daß sowohl der Gas- als auch der Stromverbrauch infrastrukturelle Voraussetzungen benötigen. Da der Aufbau flächendeckender Leitungssysteme kapitalintensiv ist, läßt er sich nur mit einer begrenzten Geschwindigkeit bewerkstelligen. Somit kann der Anteil des Stroms am Gesamtenergiebedarf – vor allem in den Entwicklungsländern – nur langsam wachsen.

Wie bereits erwähnt, kann eine Option zur Stromerzeugung nicht unabhängig von möglichen Alternativen diskutiert werden. Im Gegensatz zur Fusionsenergie werden aber regenerative Energien, Atomenergie und fossile Energieträger seit langer Zeit öffentlich und kontrovers diskutiert, so daß von ausreichendem Vorwissen bei allen teilnehmenden Personen ausgegangen werden konnte. Mit Tabelle 4 sollten daher nur diese bekannten Diskussionen über Vor- und Nachteile dieser Energiequellen in Erinnerung gerufen werden. Die Auflistung weniger Stichworte genügt, um die dahinter stehenden Kontroversen in der anschließenden Gruppendiskussion wieder präsent zu haben.

Tabelle 4: Vor- und Nachteile der derzeit wichtigsten Energieträger für die Stromversorgung

	Vorzüge	Nachteile
Kohle	große Vorkommen	hoher CO ₂ -Ausstoß, Bergbau
Erdgas	hohe Effizienz, "sauber"	CO ₂ -Ausstoß, knapper und wertvoller Rohstoff
Kernenergie	CO ₂ -frei, hohe Leistungen verfügbar	Betriebsrisiko, Entsorgung
Wasserkraft	CO ₂ -frei, gut verfügbar	Natur- und Landschaftsschutz
Sonne	CO ₂ -frei, hohes Potential	investitionsintensiv, saison- und tagesabhängig
Wind	CO ₂ -frei, geringe Investitionskosten	Naturschutz, Ästhetik, saison- und tagesabhängig
Biomasse	CO ₂ -neutral, Kraftwärmekopplung	Monokultur
Kernfusion	siehe Beitrag im Anhang	siehe Beitrag im Anhang

Um den Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine Vorstellung über die Art der Nutzung der Fusionsenergie in einem Energieversorgungssystem zu ermöglichen, wurden mit Tabelle 5 typische Kraftwerksgrößen verschiedener Energieträger anhand eines typischen modernen Steinkohlekraftwerks¹⁹ verglichen. Damit wurde ihnen eine Vorstellung vermittelt über die Größe der jeweiligen Einzelanlagen und über die ungefähre Zahl der notwendigen Anlagen, die ein Kohlekraftwerk ersetzen können.

Tabelle 5: Vergleich typischer Kraftwerksgrößen verschiedener Energieträger

1 Kohlekraftwerk entspricht in etwa	2	bis	5	Erdgaskraftwerken
"	1/3	bis	1/2	Atomkraftwerk
"	1	bis	10	Wasserkraftwerken
"	2	bis	100	Sonnenkraftanlagen
"	200	bis	500	Windanlagen
"	5	bis	20	Biomasseanlagen
"	1/3	bis	1/2	Kernfusionskraftwerk

eher Großkraftwerke

eher Kleinanlagen

¹⁹ Es wurde ein Steinkohlekraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 500 MW zugrunde gelegt.

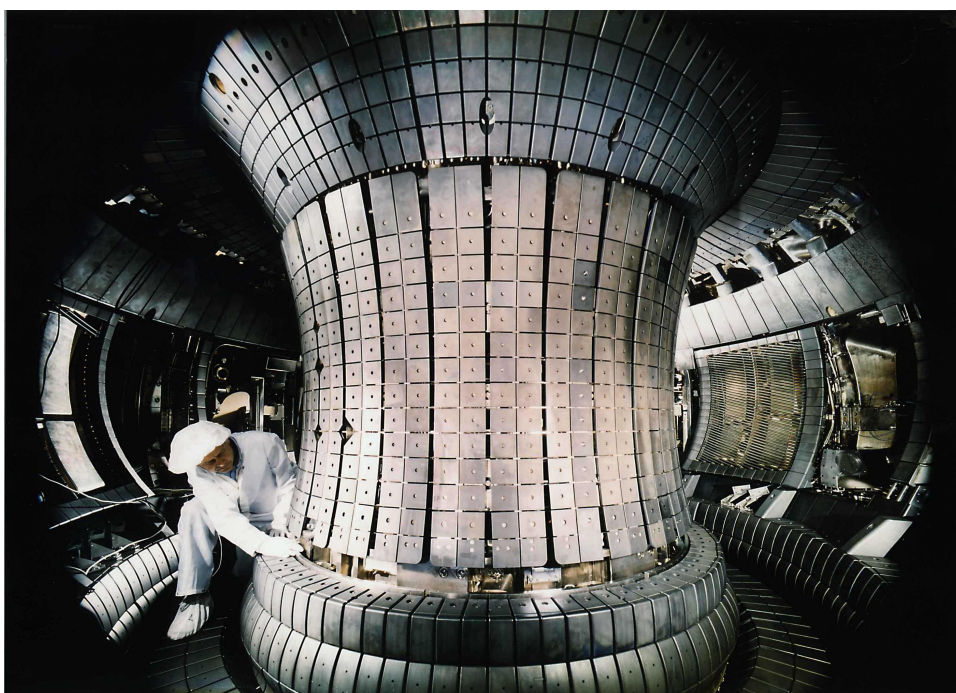
4.3.3 Informationen zur Fusionsenergie

Nachdem die Frage des künftigen Bedarfs an Kraftwerken diskutiert und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Energieträger angesprochen waren, stand nun die Fusionsenergie selbst im Mittelpunkt der Betrachtungen. Zunächst wurde von einem Referenten der Akademie das Prinzip der Kernfusion, der derzeitige Stand der Fusionsforschung sowie die nächsten geplanten Schritte zur Verwirklichung eines Fusionskraftwerks dargelegt. Die folgenden beiden Abschnitte geben verkürzt diesen Teil der Informationssequenz wieder. Der vollständige Text ist im Anhang abgedruckt (S.68ff).

Physikalische Grundlagen

Die Fusionsforscher arbeiten an der Entwicklung eines neuen Kraftwerktyps, dessen Energiequelle die der Sonne und der Sterne ist: das Verschmelzen von Atomkernen. Atomkerne sind elektrisch positiv geladen und stoßen sich daher gegenseitig ab. Eine Kernverschmelzung findet nur dann statt, wenn sie sich sehr nahe kommen und so die stark anziehenden Kernkräfte dominieren. Die elektrische Abstoßung wird überwunden, indem die Kerne mit großem Schwung aufeinander zufliegen. Dies geschieht bei Temperaturen von über 100 Millionen Grad. Bei solch hohen Temperaturen sind Atomkerne und Elektronenhülle nicht mehr zu Atomen verbunden, sondern voneinander unabhängig beweglich. Dieses sogenannte Plasma wird in einem Vakuumgefäß von magnetischen Feldern auf einer Kreisbahn geführt – eine Möglichkeit, mit so heißen Materialien umzugehen. Ein Blick in das Vakuumgefäß des Forschungsreaktors im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching zeigt die Abbildung 3. Darin befindet sich nur etwa ein Gramm des Brennstoffs.

Abbildung 3: Blick in das Vakuumgefäß des Experimentalreaktors „Asdex Upgrade“ im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching bei München



Am leichtesten verschmelzen die beiden Wasserstoffsorten Deuterium und Tritium. Es entstehen das Edelgas Helium und Neutronen – elektrisch ungeladene Kernbausteine. Da die Kernbausteine (Neutronen und Protonen) im Heliumkern fester miteinander verbunden sind als in den Wasserstoffkernen, wird bei dieser Umwandlung Energie freigesetzt. Diese ‚trägt‘ das Neutron in Form von Bewegungsenergie nach außen. In der Wand des Vakuumgefäßes wird es abgebremst. Die dabei entstehende Wärme wird mit Wärmetauschern einem konventionellen Kraftwerksprozeß zugeführt. Der Fusionsreaktor entspricht somit dem Heizkessel eines Kohlekraftwerks. Dem hohen technischen Aufwand dieser Form der Energiegewinnung stehen kleine Materialströme gegenüber. So enthält ein Gramm Wasserstoff genauso viel Energie wie 11 Tonnen Steinkohle. Der Brennstoffvorrat ist groß: Deuterium ist in normalem Wasser enthalten und Tritium wird im Reaktor aus Lithium hergestellt, indem dieses mit Neutronen beschossen wird. Lithium ist in vielen Gesteinen und Mineralien enthalten. Sicherheitsüberlegungen sind nötig, da Tritium ein gasförmiger, radioaktiver Stoff mit einer Halbwertszeit von 12 Jahren ist und da das Vakuumgefäß den schnellen Neutronen ausgesetzt ist. Letzteres führt zur Versprödung einiger Bauteile, so daß diese von Zeit zu Zeit ausgewechselt werden müssen. Sie sind durch den Neutronenbeschuß radioaktiv geworden und müssen zwischen- oder endgelagert werden. Über die Zusammensetzung und die Menge der anfallenden Abfälle sowie über die erforderliche Lagerzeit gibt es unterschiedliche Expertenaussagen. Genauere Kenntnisse erwartet man sich von dem geplanten internationalen Forschungsreaktor ITER. Im Unterschied zur Atomenergie fallen im Fusionskraftwerk keine radioaktiven, hochgiftigen Abfallprodukte (wie bspw. Plutonium) aus der energielieferenden Kernreaktion an und es ist eine höhere Sicherheit gegeben, da die Fusionsreaktion vor dem Zusammenbrechen bewahrt und nicht eine Kettenreaktion unter Kontrolle gehalten werden muß.

Derzeitiger Stand der Fusionsforschung

Gegenwärtig ist am weitesten fortgeschritten der europäische Forschungsreaktor JET. Er ist um Faktor 6 von den Werten eines selbständig brennenden Plasmas entfernt. Zu Baubeginn 1970 lag bei der damaligen weltbesten Anlage dieser Faktor bei 25 000. Mit JET wurde bereits eine Fusionsleistung von 16 Megawatt erreicht und dabei mehr als die Hälfte der zur Heizung des Plasmas aufgewandten Energie durch Fusionsreaktionen zurückgewonnen. Mit dem geplanten internationalen Experimentalreaktor ITER soll eine Leistung von 1500 Megawatt und erstmals ein positive Energiebilanz erreicht werden. Er soll zeigen, daß mit Kernfusion Kraftwerke betrieben werden können. Realisierung, Finanzierung und Standort dieses Forschungsreaktors werden derzeit diskutiert.

Mit diesen Basisinformationen konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Fokusgruppen sowohl eine erste Einschätzung der Fusionsenergie gewinnen als auch die Argumentation des Befürworters und des skeptischen Vertreters bewerten.

Den Abschluß der Informationssequenz bildete das Abspielen zweier Videoaufzeichnungen. Herr Prof. Dr. Pinkau (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching) und Herr Küppers (Öko-Institut e.V., Darmstadt) tragen darin kurz ihre Positionen zur Fusionsenergie vor. Die Titel der Referate lauten:

- Argumente für die Fusion
- Skepsis gegenüber der Fusionstechnologie

Um zu gewährleisten, daß beide Referenten die selben Aspekte ansprechen, organisierte die Akademie im Vorfeld der Fokusgruppen einen Austausch der Textentwürfe mit der Bitte an die jeweiligen Autoren, den eigenen Beitrag nach der Lektüre des anderen zu überarbeiten. Die so entstandenen Argumentationen können dem Anhang (Vorlagen für die Videoaufzeichnungen, S. 62ff) entnommen werden. Der folgende kurze Abschnitt faßt die wichtigsten Argumente stichpunktartig zusammen.

Vor- und Nachteile der Fusionsenergie

Pro-Statement:

- ➔ bei Fusionskraftwerken haben auch schwerste Unfälle keinesfalls katastrophale Auswirkungen;
- ➔ es ist erreichbar, daß die entstehenden Abfälle nur zwischengelagert werden brauchen;
- ➔ Fusionskraftwerke haben einen geringen Umweltverbrauch und sind zur Deckung des steigenden Weltenergiebedarfs nötig;
- ➔ allein die Existenz von Spaltstoffen im Kraftwerk ist Beweis für stattfindende Waffenproduktion – Mißbrauch ist somit einfach kontrollierbar;
- ➔ Stromkosten werden vergleichbar sein mit den der fossilen Energien, da keine Rohstoffengpässe auftreten werden.

Contra-Statement:

- ➔ Endlagerung wird nötig werden, da zumindest durch die unvermeidbaren Verunreinigungen in den Materialien langlebige Isotope entstehen werden;
- ➔ das Erbrüten von waffentauglichen Spaltstoffen ist durch die schnellen Neutronen leicht möglich und eine Rund-um-die-Uhr-Kontrolle wird nicht machbar sein;
- ➔ Fusionskraftwerke begünstigen die Produktion von Kernwaffen, da hohe Neutronenflüsse vorhanden sind und Tritium ein wichtiger Stoff für fortgeschrittene Atomwaffenprogramme ist;
- ➔ Fusionskraftwerke sind für 3. Welt und auch für liberalisierte Energiemärkte zu teuer und sie kommen für den Klimaschutz zu spät;
- ➔ Forschungsmittel für die Fusionsenergie blockieren den Durchbruch der regenerativen Energien.

5 Ergebnisse der Fokusgruppen

5.1 *Wie wurden die Daten ausgewertet?*

Jede Gruppendiskussion wurde von zwei Moderatoren und einem bis zwei Protokollanten beobachtet. Zusätzlich wurde jede Veranstaltung per Videokamera und Tonband aufgezeichnet. Während die Protokollanten für eine lückenlose Dokumentation des Gesprächsverlaufs sorgten, haben sich die Moderatoren darauf konzentriert, prägnante Zitate festzuhalten und den jeweiligen Themen und Abschnitten der Diskussion zuzuordnen. Dabei wurden verschiedene Medien eingesetzt: Audio, Video, Schriftprotokoll. Diese lückenlose Dokumentation war eine Grundvoraussetzung dafür, daß alle sechs Veranstaltungen gründlich ausgewertet werden konnten (siehe hierzu auch die Hinweise zur Datenauswertung und die Auswertungsmatrix im Anhang, S. 55ff).

In einem ersten Schritt wurden zunächst die inhaltlichen Dimensionen („Überschriften“) für die Auswertung identifiziert. D. h. es ging zunächst darum, die relevanten Oberthemen für die Analyse zu benennen. Es zeigte sich, daß zur Auswertung aller Fokusgruppen die Dimensionen entsprechend der „key questions“ (vgl. Kap. 4.2) herangezogen werden konnten: *Lebensstil, Kosten-Nutzen, Risiko, Akzeptanz, Technik- und Gesellschaftsbild*. Um eine detailliertere Analyse zu ermöglichen, wurden in einem zweiten Schritt diese Oberthemen in einzelne Aspekte („Items“) untergliedert. Im Rahmen einer Inhaltsanalyse (vgl. Mayring 1988) wurde das erhobene Datenmaterial (Protokolle, Video- und Audioaufzeichnung) dann anhand der festgelegten Analysekriterien ausgewertet.

Vor der Informationssequenz und der eigentlichen Gruppendiskussion wurde den Teilnehmern zudem ein quantitativer Fragebogen ausgeteilt. Hintergrund dieser Befragung war, von den Teilnehmenden weitere Informationen über energiespezifische Einstellungen und Verhaltensweisen im Lichte der jeweiligen globalen Zukunftserwartungen der Befragten zu bekommen. Dies ermöglicht es uns, die Resultate der Gruppendiskussionen an den jeweiligen Teilnehmerprofilen zu spiegeln.

Konkret interessiert haben uns dabei die Fragen,

- a) welche Formen der Energiegewinnung die Teilnehmer bevorzugen,
- b) ob sie optimistisch oder pessimistisch in die Zukunft blicken,
- c) ob die Zukunft ihrer Meinung nach persönlich beeinflussbar ist oder durch äußere Umstände bestimmt wird und
- d) ob bzw. wie viele Kinder die Teilnehmer haben, d.h. ob die Teilnehmer aus familiären Gründen eine spezifische Verantwortung bzw. ein besonderes Interesse an der Zukunftsentwicklung zeigen.

5.2 Fokusgruppe der „Lehrer“

Kurzbeschreibung der Gruppe

Die Lehrer-Fokusgruppe umfaßt neun Personen, davon acht Männer und eine Frau. Aus dem quantitativen Fragebogen können wir entnehmen, daß die Teilnehmer eindeutig die Solarenergie, gefolgt von Windkraft, präferieren, insgesamt eher zuversichtlich in die jeweilige persönliche Zukunft blicken und tendenziell der Auffassung sind, daß „meine Zukunft größtenteils durch mich selbst bestimmt“ wird. Die Teilnehmer haben im Durchschnitt 1,6 Kinder.

Die Gruppendiskussion

In dieser Fokusgruppe diskutierten Personen mit ähnlichen Weltanschauungen. Ein Perspektivwechsel aus der gesicherten Position eines Lehrers (Beamte) gelang nur selten. Im Mittelpunkt der Diskussion stehen die Lebensstilfrage und die Solarenergie. Die Fusionsenergie²⁰ wird meist in Bezug zur Nutzung regenerativer Energien gesetzt und die wechselseitige Beeinflussung erörtert. Die Stimmung in der Gruppe ist geprägt von Skepsis und Ambivalenz gegenüber der Fusionsenergie.

Die Glaubwürdigkeit von Professor Pinkau als Fürsprecher der Fusion wird in Frage gestellt. Für die meisten Teilnehmer überwiegt die Sorge, im Unglücksfall könne das Schadensausmaß doch weitaus größer sein, als von Professor Pinkau angegeben.

Beispiel:

„Pinkau sagt zu vielem nichts.“

Die Frage, ob Fusionsenergie eine Option für die Zukunft darstellt, wird von der Gruppe der Lehrer heftig und kontrovers diskutiert. Während ein Drittel der Teilnehmer die Fusionsenergie – teils vehement – befürwortet, hat der Rest der Gruppe eine neutrale bis ablehnende Haltung. Speziell an der Frage nach der Höhe der Forschungsgelder divergieren die Meinungen. Der überwiegende Teil der Diskutanten befürchtet, daß die Erforschung der Fusionsenergie auf Kosten der Solarenergie ginge. Eine solche Entwicklung wird von der Gruppe ausdrücklich abgelehnt. Die Präferenz der gesamten Gruppe liegt eindeutig bei einer Energieversorgung auf der Basis regenerativer Energieträger.

Die Gruppe führt eine intensive Lebensstildiskussion aus Sicht von gutsituierten Bewohnern eines Industrielands. Sie bemängelt in diesem Zusammenhang die übliche Neigung

²⁰ Wir haben in den Fokusgruppen stets darauf geachtet, daß in Gegenwart der Teilnehmer von *Fusionsenergie* anstatt von *Kernfusion* gesprochen wird. Nach unserer Überzeugung birgt die Vorsilbe „Kern-“ die Gefahr von Semantisierungseffekten, d. h. dadurch könnten von vornherein Assoziationen zur Kernenergie erzeugt werden. Unser Interesse besteht aber darin, zu beobachten, ob die Teilnehmer aus ihrer emotionalen und kognitiven Perspektive genau diese Verknüpfung anstellen.

zur Energieverschwendung und spricht sich infolgedessen dafür aus, Energie bewußt als knappes Gut zu behandeln. Daher müsse das primäre Ziel sein, Energie zu sparen. Dies sei nicht zuletzt wichtig, um für die Entwicklung der Dritten Welt richtige Zeichen zu setzen.

Ein Beispiel für eine energische Sichtweise:

„Energiesparen muß man in die Köpfe der Menschen reinprügeln!“

Der Gedanke der Fusionsenergie laufe diesem Prinzip zuwider. Fusionsenergie als großer Stromlieferant würde nach Einschätzung aller Teilnehmer den Energiekonsum weiter ankurbeln und damit zu einem erhöhten Ressourcenverbrauch und zu weiteren Umweltbelastungen führen.

Vereinzelt wird die Beherrschbarkeit dieser Technologie in Frage gestellt und die vorgebrachten Risikoabschätzung angezweifelt. Die Energiesituation in den Entwicklungsländern und der globale Energiebedarf ist nicht Thema der Diskussion.

Wie steht es um die Akzeptanz von Fusionsenergie? Auf die abschließende Frage „Wollen Sie die Fusionsenergie – ja oder nein?“, antwortet lediglich eine Person mit „ja“ – allerdings „unter gewissen Voraussetzungen“. Vier Personen stimmen eindeutig mit „nein“. Als Gründe werden genannt: Kosten der Fusionsenergie, nachteilige Konsequenzen für die Solarenergie, Assoziation zur Kernspaltung. Die Kosten für den erforderlichen Ausstieg aus der Kernenergie lasse keinen Spielraum für weitere teure Großprojekte. Eine Forschungsförderung ginge zu Lasten der Entwicklung und Markteinführung regenerativer Energien – überhaupt erinnere in der Art der Pro-Argumentation zu viel an die Kernenergie Diskussion der 50er und 60er Jahre. Die übrigen vier Personen bewegen sich zwischen „teils/teils“ und „eher nein“. Die ambivalente Einstellung einiger Teilnehmer kommt durch folgendes Zitat gut zum Ausdruck.

Beispiel:

„Ich bin sehr ambivalent ... Ich will [im Verlauf der Diskussion] den Harlekin spielen und häufig die Fronten wechseln.“

Die Einstellung der meisten Teilnehmer zur Fusionsenergie ist geprägt von Skepsis. Allerdings ist nach Auffassung der Gruppe die Fusionsenergie eine Option für die zukünftige Energieversorgung, die jedoch keinesfalls zu Lasten der Solarenergie ausgestaltet werden dürfe.

Bei einigen Personen hat sich die Voreinstellung im Verlauf der Sitzung nicht geändert.

Beispiele:

„Ich war vorher schon skeptisch.“

„Ich hab’ schon eine Meinung vorher gehabt.“

Daß sich Meinungen im Laufe einer Diskussion verfestigen, kennen wir aus dem Bereich der Gentechnik. Dabei spielt es oftmals keine Rolle, ob bzw. inwieweit Aufklärung und Information erfolgt, weil Menschen Informationen selektiv wahrnehmen. Herausgefiltert werden diejenigen Informationen, die die eigenen Voreinstellungen stützen. Informationen werden vielfach dazu genutzt, die eigene Position besser begründen zu können.

Resümee

Insgesamt sind die Teilnehmer der Fokusgruppe der Meinung, Fusionsenergie sei die „bessere nukleare Energie“. Sie sehen in der Fusion einen möglichen Beitrag zur künftigen Energieversorgung. Dies führt jedoch nicht dazu, daß die Fusionsenergie in der Gunst der Gruppe die regenerativen Energieformen überholen könnte. Infolgedessen solle weiterhin Forschung betrieben werden – jedoch nicht auf Kosten der Solarenergie. Überdies müsse in den Industrieländern eine Veränderung des persönlichen Verhaltens und des vorherrschenden komfortablen Lebensstils bei den Menschen einsetzen, damit der unverantwortlich hohe Energieverbrauch gesenkt werden könne. Schließlich müßten die Industrieländer hinsichtlich ihres Lebensstils Vorbild für die Dritte Welt sein.

5.3 Fokusgruppe mit „Umweltgruppen“

Kurzbeschreibung der Gruppe

Die Fokusgruppe mit Vertretern von Umweltverbänden umfaßt elf Personen, davon sieben Männer und vier Frauen. Aus dem Fragebogen geht hervor, daß die Gruppe am stärksten Solarenergie fördern würde, vor Wasser- und Windkraft. Was die persönliche Zukunft in den nächsten Jahren betrifft, so ist die überwiegende Mehrheit der Gruppe „eher zuversichtlich“ bis „sehr zuversichtlich“. Hingegen glauben die meisten, die jeweilige Zukunft werde in erster Linie nicht durch einen selbst, sondern durch äußere Umstände bestimmt. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben durchschnittlich 0,4 Kinder.

Die Gruppendiskussion

In dieser Fokusgruppe hatten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sehr ähnliche Meinungen, so daß wenig kontrovers diskutiert wurde. Die Gruppe entfaltete vielmehr eine Palette möglicher Argumentation gegen die Fusionsenergie. Vorherrschend in dieser Gruppe ist die Diskussion über die Alternativen zur Fusionsenergie und das mit Fusionsenergie verbundene Technik- und Gesellschaftsbild. Es wird eine von normativen Aussagen geprägte Lebensstildebatte geführt.

Die Argumentation von Professor Pinkau ruft bei den Teilnehmern heftige Kritik hervor. Professor Pinkau wird als Protagonist der Fusionsenergie wahrgenommen. Die skeptische

Haltung gegenüber seinen Aussagen belegt die Glaubwürdigkeitskrise, in die die Vertreter von Hochtechnologien geraten sind.

Beispiele:

„Die Aussage von Herrn Pinkau: ‘Wer gegen Fusionsenergie ist, ist gegen Demokratie’, ist völliger Quatsch!“

„Solar wird von Pinkau heruntergeredet.“

Die Gruppe sieht in der Fusionsenergie, den Versuch die Energiefrage zentralistisch zu lösen. Großkraftwerke in den Händen der reichen Industrienationen baue deren Position auf dem Weltmarkt weiter aus. Dies sei keine erstrebenswerte Entwicklung, da die Abhängigkeit der Entwicklungsländer zusätzlich vergrößert würde. Der Transfer dieser Hochtechnologie in die Länder der Dritten Welt sei nicht zu erwarten und damit könne sie nicht zu deren Energieversorgung beitragen. Diese Tendenzen könnten nicht im Sinne einer demokratischen und fairen Lösung der Energieprobleme der Dritten Welt sein.

Beispiel:

„Demokratie braucht dezentrale Strukturen.“

In der Gruppe herrscht darüber hinaus große Skepsis bezüglich des volkswirtschaftlichen Sinns von Fusionsenergie und diesbezüglicher Forschungsprogramme. Die Entscheidung für Fusionsenergie bedeute eine Entscheidung für gigantische Anlagen, mit hohen Investitionskosten, wobei nicht sicher ist, ob sie zur künftigen Energieversorgung beitragen können wird. Einerseits gehe Fusionsforschung zu Lasten der regenerativen Energieformen und andererseits erlaube Fusionsenergie als Großtechnologie keine Flexibilität.

Beispiel:

„Eine Gefahr sehe ich in der Mittelverteilung ... Eine Konzentration auf Fusion geht zu Lasten regenerativer Energien.“

Die Gruppe befürchtet, daß die Fusionsenergie zu große finanzielle Mittel und Kreativität binde und dadurch andere, bereits realisierbare, wirtschaftlichere, sichere und umweltverträglichere Optionen gefährde. Das Argument, Fusionsenergie könne einen Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen und damit zu einer klimaverträglichen Energieversorgung leisten, sei keines, da die Fusionsenergie zur Lösung des Treibhausproblems zu spät käme – wenn sie überhaupt komme.

Beispiel:

„Die Option Fusionsenergie schließt viele andere Optionen aus. Diese Option ist somit gar keine Option.“

Hohe Investitionen in die Erforschung und Entwicklung der Fusionsenergie seien nicht zu rechtfertigen, da die Solarenergie viel wirtschaftlicher sei und obendrein als besseres

„Vorbild“ für die Dritte Welt diene. Großprojekte wie die Fusionsenergie hingegen verleiten nach Überzeugung der Gruppe die Menschen auf der ganzen Welt zu einem höheren Energieverbrauch. Dabei liege doch gerade im Energiesparen ein „Riesen-Potential“. Ein klares Votum der Gruppe lautet: Wohlstand darf nicht mit Konsum und Energieverbrauch gleichgesetzt werden. Statt dessen müsse sich der Lebensstil der Industrieländer drastisch ändern und in einen deutlich geringeren Energieverbrauch münden. In diesem Zusammenhang sei die Politik gefordert, geeignete Maßnahmen zu ergreifen und Rahmenbedingungen vorzugeben, um den Energieverbrauch zu senken.

Hinsichtlich der Sicherheit der Fusionstechnologie sind die Meinungen in der Gruppe geteilt. Während die einen der Ansicht sind, die Fusionsenergie sei prinzipiell

„als komplizierte Technik nicht beherrschbar“,

finden die anderen:

„Das Risiko ist beherrschbar. Die Wissenschaftler haben ein größeres Problem mit der Realisierung, zeitlich und finanziell gesehen.“

Parallelen zur Kernenergie werden aufgrund der radioaktiven Abfälle beider Technologien und der Ähnlichkeit in der Argumentation der jeweiligen Protagonisten gesehen. Die Assoziation mit Kernenergie spielt jedoch eine eher untergeordnete Rolle. Das Risiko von Fusionsenergie wird insgesamt als wesentlich geringer angesehen als das der Kernenergie.

In der Abschlußrunde, in der nach einem bilanzierenden Urteil gefragt wird, sprechen sich neun von insgesamt elf Diskussionsteilnehmer gegen die Fusionsenergie aus, davon sieben entschieden dagegen. Zwei Personen sind unentschieden und votieren mit „teils/teils“.

Resümee

Die ‚Umweltfokusgruppe‘ sieht in der Fusionsenergie aufgrund der ungewissen Machbarkeit, des anfallenden radioaktiven Mülls und der Höhe der erforderlichen Investitionen keine Perspektive. Das Energieproblem sei vielmehr durch eine verstärkte Nutzung der regenerativen Energieträger und durch konsequentes Energiesparen lösbar. Auf diesen beiden Feldern müßten sich künftige Forschungsanstrengungen konzentrieren, da sie erfolgversprechend seien – während Fusionsforschung sich als Fehlinvestition erweisen könnte. Das gesellschaftliche Ziel müsse es sein, effizienter mit Energie umzugehen. Darin hätten die Industrieländer eine Vorbildfunktion für die Entwicklungen in der Dritten Welt einzunehmen.

5.4 Fokusgruppe der „Jugendlichen“

Kurzbeschreibung der Gruppe

An der Fokusgruppe beteiligten sich acht Personen im Alter von 15 bis 18 Jahren, davon fünf Jungen und drei Mädchen. Die Mehrzahl der Teilnehmer sind Mitglieder im Stuttgarter Jugendgemeinderat. Laut Fragebogen liegen hinsichtlich der bevorzugten Energieformen die Präferenzen der Gruppe bei der Solarenergie, knapp vor der Wasserkraft. An dritter Stelle steht die Windkraft. Ihrer persönlichen Zukunft sehen die Jugendlichen gemischt entgegen. „Gar nicht zuversichtlich“ und „zuversichtlich“ halten sich in etwa die Waage. Alle Teilnehmer sind der Meinung, die jeweilige Zukunft „wird größtenteils durch mich selbst bestimmt“. Die Teilnehmenden sind allesamt kinderlos.

Die Gruppendiskussion

Die Jugendlichen führten eine kontroverse und teilweise lebhaft Diskussionsrunde, bei der parteipolitische Positionen im Vordergrund stehen. Einschätzungen werden häufig mit einem Verweis auf unzureichende Sachkenntnis relativiert und unter der Bedingung abgegeben, daß die Argumentationen und Angaben der Vertreter von Pro- und Contraposition einer genaueren Prüfung standhielten. Die Fokusgruppe ist von der Diskussion der Sonnenenergie als Alternative zur Fusion und von einer auffallend pragmatischen Lebensstildiskussion dominiert.

Die beiden Videos mit der jeweiligen Pro- und Contraposition zur Fusionsenergie werden sehr kritisch kommentiert. Unzufriedenheit macht sich breit, weil die jeweiligen Informationen nach Einschätzung der Gruppe zu konträr verlaufen und eine Einschätzung der Sachlage kaum ermöglichen.

Beispiele:

„Beide Referenten widersprechen sich total!“

„Beide Redner sind von ihrer Position überzeugt und reden ihrer Klientel nach dem Mund.“

„Das Max-Planck-Institut ist CDU-nah und nicht glaubwürdig.“

„Das Öko-Institut redet Spendern nach dem Mund und ist auch nicht glaubwürdig.“

Ein Teil der Gruppe ist der Meinung, daß die hohen Investitionen in die Fusionsenergie gerechtfertigt seien, da diese Energieform erstens eine wichtige Zukunftsoption darstelle und zweitens regenerative Energieformen nicht ausreichen, den künftigen Energiebedarf zu sichern. Fusionsenergie sei wegen des niedrigeren Risikos der Atomkraft vorzuziehen. Andere finden, daß Forschung und Politik sich in ihren Bemühungen stärker auf die regenerativen Energien konzentrieren sollten, da dies wichtige zukünftige Technologien seien,

die schon heute eingesetzt werden können. Dieser Aspekt wird sehr kontrovers und lebhaft diskutiert.

Einige Beispiele:

„Solar ist nicht effizient und ausreichend genug.“

„Fusion funktioniert nicht, Solar funktioniert. Deshalb muß Solar gefördert werden!“

Bezüge von der Fusionsenergie zur Kernenergie werden kaum hergestellt. Allerdings wird als störend empfunden, daß auch bei der Fusionsenergie radioaktive Materialien anfallen, die vermutlich auf nachfolgende Generationen abgewälzt werden. Die Fusionsenergie wird im Vergleich zu Kernenergie als weniger risikoreich wahrgenommen. Die Gruppe gibt aber zu bedenken, daß Handling und Lagerung radioaktiven Mülls stets problematisch seien.

Beispiele:

„Fusionsenergie scheint weniger gefährlich als Kernenergie – deshalb Förderung!“

„Eine geringe Menge radioaktiver Müll bleibt übrig. Das bedeutet Gefahr.“

Die überwiegende Mehrheit der Gruppe wünscht sich als Priorität das Energiesparen. Allerdings ist die Hoffnung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer darauf, daß sich die Menschen freiwillig in ihrem Verhalten ändern und weniger Energie verbrauchen, gering.

Beispiele:

„Das kann man vergessen.“

„Der Einzelne ist zu bequem. Die Regierung müßte zum Sparen zwingen, auch wenn es weh tut.“

Derartige Änderungen der Rahmenbedingungen trauen sie der Politik allerdings nicht zu, da solche Maßnahmen unpopulär seien und daher von keiner Partei angegangen würden.

Die Kosten- Nutzenabwägung fällt bei den Jugendlichen für die Fusionsenergie eher negativ aus. Da die Kosten kaum abgeschätzt werden könnten, sei der wirtschaftliche Erfolg wohl relativ unsicher. Daher wäre es sinnvoller, in andere bereits technisch machbare Energieformen zu investieren.

In einer Abschlußdiskussion spricht sich die überwiegende Mehrheit der Gruppe für einen Energiemix, bestehend aus Solar- und Fusionsenergie, aus. An erster Stelle müßten regenerative Energien stehen,

„aber Fusion klingt nicht schlecht.“

Resümee

Die Gruppe der Jugendlichen bezieht auffällig deutlich politische Positionen und verteidigt diese nahezu fundamental, was angesichts der Tatsache, daß die meisten Teilnehmer politisch aktiv sind, nicht verwunderlich ist. Eine Meinungsänderung war bei keinem der Teilnehmer zu beobachten. Die Gruppe ist sich aber in der Einschätzung weitgehend einig, daß sich die (Konsum-) Gewohnheiten in den Industrieländern nicht ändern werden. Daher gehen sie in ihren Überlegungen von einem steigenden Energiebedarf aus. Die Fusionsenergie sei der Atomkraft klar vorzuziehen, wenn der Bedarf nicht allein aus regenerativen Quellen gedeckt werden könne. In einer abschließenden Bewertung der Fusionsenergie ist die ganze Bandbreite von deutlicher Ablehnung über „teils/teils“ bis hin zu einer klaren Befürwortung der Fusionsenergie genannt worden.

5.5 Fokusgruppe der „Kulturschaffenden“**Kurzbeschreibung der Gruppe**

Die Fokusgruppe umfaßt sieben Personen, sechs Männer und eine Frau. Aus dem Fragebogen wird ersichtlich, daß die Gruppe eindeutig die Solarenergie bevorzugen würde. An zweiter Stelle folgt – allerdings mit deutlichem Abstand – die Windkraft. Tendenziell sehen die Befragten ihrer persönlichen Zukunft eher positiv entgegen, von der sie glauben, sie werde größtenteils durch sie selbst bestimmt. Zwei der Fokusgruppenteilnehmer haben jeweils ein Kind, fünf Personen sind kinderlos.

Die Gruppendiskussion

Die Diskussion wird äußerst rational und besonnen geführt. Die Gruppe bemüht sich um eine sehr differenzierte Sichtweise. Reflexionen über das mit der Fusionsenergie verbundene Technik- und Gesellschaftsbild, Fusionsenergie als nukleare Technologie sowie Kosten- und Nutzenüberlegungen stehen dabei im Vordergrund.

Auch in dieser Fokusgruppe liegt die Präferenz der Teilnehmerinnen und Teilnehmer eindeutig bei den regenerativen Energieformen – v. a. bei der Solarenergie. Die Befürchtung, deren Entwicklung werde durch die Fusionsforschung behindert, wird allerdings kaum genannt. Trotzdem findet die Gruppe, die Höhe der Forschungsmittel, die von den Experten in den jeweiligen Videos genannt werden, seien in diesen Größenordnungen nicht gerechtfertigt. Es sei unklar, ob die Fusionsenergie die Erwartungen erfüllen könne, die in sie gesetzt werden. Es müsse daher in Frage gestellt werden, ob die Forschungsmittel bei der Fusionsenergie gut investiert seien. Keinesfalls dürfe man zu großes Gewicht auf eine Option legen.

Beispiel:

„Eine Kombination mit Fusionsenergie finde ich o. k.. Eingleisig darf nicht weitergemacht werden.“

Was die wirtschaftliche Dimension betrifft, vertreten die Teilnehmer die Auffassung, daß die letztendlichen Kosten solcher Projekte stets deutlich über allen Prognosen und Schätzungen lägen, so daß eine Kosten-Nutzenabwägung zu einem negativen Urteil über die Fusionsenergie führe. Infolgedessen müsse der Staat sich zurückhalten und die notwendigen Investitionen der freien Wirtschaft überlassen, die von der späteren Nutzung dieser Technologie profitieren wird.

Beispiel:

„Keine staatliche Förderung! Die Industrie darf das Ziel ‘Fusionsenergie’ weiterverfolgen.“

Die meisten Teilnehmer der Fokusgruppe halten die Fusionsenergie für eine faszinierende Technik. Allerdings sei der technokratische Ansatz zur Lösung der globalen Probleme gescheitert. Infolgedessen müsse die einzig verbleibende Alternative – eine Änderung des Lebensstils – angestrebt werden. Dies gelte gerade auch im Hinblick auf die Entwicklungsländer, denn als Hochtechnologie erhöhe die Fusionsenergie die Abhängigkeit der technisch unterentwickelten Länder von den Industrienationen noch zusätzlich, anstatt sie abzubauen. Die Gruppe sieht daher in der Fusionsenergie keinen wesentlichen Beitrag zur Lösung globaler Energieprobleme.

Fusionsenergie als Risikoquelle spielt in der Diskussion eine untergeordnete Rolle, wenn gleich ein Teilnehmer eingesteht:

„Persönlich fürchte ich mich vor der Fusionsenergie.“

Explizit wird in diesem Kontext die Befürchtung von Waffenmißbrauch artikuliert. Im Vergleich zu Kernenergie hingegen wird Fusionsenergie von allen Teilnehmern als die bessere Alternative gesehen.

Die Fokusgruppe betrachtet die Fusionsenergie insgesamt sehr ambivalent. Auf der einen Seite solle die Grundlagenforschung weiter betrieben werden, andererseits vertritt die Gruppe mehrheitlich die Meinung, man brauche die Fusionsenergie nicht unbedingt. Also lautet ein die Diskussion zusammenfassendes Fazit: Man ist nicht explizit gegen die Fusionsenergie – aber auch nicht dafür.

Resümee

Die Kulturschaffenden beurteilen die Machbarkeit der Fusionsenergie als sehr ungewiß und den finanziellen Aufwand zur Entwicklung dieser Technologie als zu hoch. Investitionen in die Fusionsenergie erzeugen insofern Unbehagen. Es wird bezweifelt, ob die Mittel in der Fusionsforschung richtig angelegt sind. Eine staatliche Förderung wird nicht befürwortet. Da die Energieversorgungsunternehmen und die Wirtschaft später den ökonomischen Nutzen hätten, sollten sie jetzt auch die Forschung finanzieren. Die Fusionsenergie sei zudem nicht die Lösung der Energiefragen: Bisherige technokratische Versuche seien gescheitert, und so müßten sich die gesellschaftlichen Anstrengungen eher auf den Wandel des Lebensstils als auf neue Techniken konzentrieren.

5.6 Fokusgruppe der „Wissenschaftsjournalisten“**Kurzbeschreibung der Gruppe**

Die Fokusgruppe besteht aus sechs Personen, allesamt Männer. Die Vertreter kommen aus den Bereichen Hörfunk, Printmedien (Wissenschaftliche Wochenzeitschriften, Tageszeitungen) und Öffentlichkeitsabteilung von Forschungsinstitutionen.

Per Fragebogen nach ihrer Meinung hinsichtlich bevorzugter Energiealternativen befragt, votiert die Gruppe eindeutig für die Solarenergie; danach folgen Erdgas und Windkraft. Von ihrer persönlichen Zukunft erwarten sich die Teilnehmer grosso modo keine ausgeprägten positiven oder negativen Entwicklungen. Sie siedeln ihre Erwartungen eher im mittleren, neutralen Bereich an und sind auch bezüglich der Frage, ob „Ihre Zukunft größtenteils durch Sie selbst – oder durch äußere Umstände“ bestimmt wird, unentschieden. Die Teilnehmer haben im Durchschnitt 0,3 Kinder.

Die Gruppendiskussion

Die sachliche und abwägende Diskussion wurde stark durch das Detailwissen einiger Teilnehmer geprägt. Akzeptanzfrage und forschungspolitische Gesichtspunkte standen im Vordergrund der Diskussion.

Die überwiegende Mehrheit der Fokusgruppenteilnehmer ist der Meinung, die Fusionsenergie berge keine wesentlichen neuen Risiken. Die Risiken durch Betrieb der Kraftwerke oder durch Störfälle seien deutlich geringer als bei der Kernkraft. Probleme bei der Endlagerung bestünden nicht, da eine Lagerung über 100 Jahre kein Problem darstelle und die vermutlich auftretenden kleinen Mengen an langlebigen Abfällen problemlos in die Endlager untergebracht werden könnten, die ohnehin für die Endlagerung der Abfälle aus der Kernenergienutzung zu errichten sind.

Beispiele:

„Das Risiko [der Fusionsenergie] halte ich absolut für beherrschbar – ein Gramm Tritium ist zu verkraften. Ein Katastrophenszenario wie bei der Kernenergie ist absolut ausgeschlossen.“

„Eine Risikoabwägung ist erst nach ernsthafter Forschung möglich. Forschung stellt kein ökologisches Risiko dar.“

Bezüglich der Akzeptanz der Fusionsenergie sehen die Teilnehmer vor allem weltweit kein größeres Problem. Notwendig sei es das Thema Fusionsenergie stärker in die Öffentlichkeit und in die Politik zu bringen.

Beispiele:

„Was die Akzeptanz angeht sind wir in Deutschland in einer besonderen Situation. Weltweit ist die Akzeptanz kein Problem, wenn man eine saubere und beherrschbare Technik hat.“

„Das mit der Akzeptanz ist schwierig – das sehe ich auch so – aber wir entscheiden ja nicht ob wir die Fusionsenergie nutzen wollen, sondern lediglich darüber, ob wir Forschung betreiben wollen.“

Die Fusionsenergie wird als Chance betrachtet, weniger erwünschter Energieträger wie Kohle und Kernkraft zu substituieren. Somit ließen sich gesellschaftliche Wünsche und die Belange des Klimaschutzes berücksichtigen.

Die zentrale Frage ist auch in dieser Fokusgruppe die nach der Wirtschaftlichkeit der Fusionsenergie. Hier wird spekuliert, ob bzw. in welchem Kostenrahmen die Entwicklung von Fusionskraftwerken realisiert werden kann. Inwieweit die Höhe der Forschungsmittel gerechtfertigt sind wird intensiv diskutiert. Da alle Optionen für eine künftige Energieversorgung offengehalten werden sollten, äußert die Gruppe eine klare Präferenz für Fusionsforschung und sie sieht eher keine Konkurrenzbeziehung zu den regenerativen Energien. Fördermittel kämen aus verschiedenen ‚Töpfen‘: Bei der Fusionsenergie handele es sich um Grundlagenforschung und bei den regenerativen Energien um Wirtschaftsförderung. Der von mehreren Teilnehmern aufgestellten Forderung nach einer Weiterführen der Forschungen wird nicht widersprochen.

Beispiele:

„Der Forschungsminister hat 15 Milliarden zur Verfügung ... da sind 200 Millionen ein angemessener Beitrag, den man nicht in Frage stellen muß.“

„Wenn es jetzt halb und halb [Forschungsetat für Fusionsenergie und regenerative Energien] ist, wäre mir lieber, wenn wir in die Regenerativen mehr Mittel geben – da haben wir Techniken, die funktionieren.“

„Es ist ein Klacks, ... in Deutschland 200 Millionen für eine sehr interessante Option als Beitrag zur Zukunftsvorsorge für künftige Generationen auszugeben – das halte ich für eine Selbstverständlichkeit.“

Von insgesamt sechs Diskussionsteilnehmern stimmen bilanzierend zwei Teilnehmer für die Fusionsenergie, zwei Teilnehmer stimmen mit „teils/teils“ und weitere zwei Personen votieren mit „eher nein“ bzw. „nein“.

Resümee

Die Wissenschaftsjournalisten schätzen die Fusionsenergie als eine wichtige künftige Energieversorgungstechnik ein, da einerseits die Risiken sowohl durch den Betrieb von Kraftwerken, durch mögliche Störfälle als auch durch die Lagerung der radioaktiven Abfälle bei der Fusionsenergie deutlich geringer seien als bei der Atomkraft und da andererseits die Fusionsenergie einen großen potentiellen Beitrag zur Stromversorgung bieten könne. Diese Option solle nicht verfrüht aufgegeben werden. Daher wird für eine Forschungsförderung votiert. Als Einschränkungen werden genannt, daß Deutschland keinen Alleingang unternimmt oder keine Sonderwege beschreitet, sondern in die internationale Kooperation eingebunden bleibt und daß das bisherige Maß an Förderung nicht überschritten wird.

5.7 Fokusgruppe der „Manager“

Kurzbeschreibung der Gruppe

An der Fokusgruppendifkussion haben acht Manager teilgenommen. Die Teilnehmer kommen aus den Bereichen Chemie, Automobilbau, Haushaltsgeräte, Transportwesen und Energiewirtschaft.

Aus den Fragebögen wird ersichtlich, daß die Gruppe am ehesten die Kernkraft fördern würde, gefolgt von Sonnenenergie und Wasserkraft. Nach ihrer persönlichen Zukunft befragt, antworten die meisten Befragten, sie seien „zuversichtlich“ bis „sehr zuversichtlich“. Die Mehrheit der Gruppe ist der Meinung, sie könne größtenteils ihre Zukunft selbst bestimmen. Die Teilnehmer haben im Durchschnitt 1,6 Kinder.

Die Gruppendiskussion

Die Gruppe führt eine distanzierte und wenig kontroverse Diskussion. Im Vordergrund stehen Kosten-Nutzenüberlegungen, Folgerungen aus der Endlichkeit fossiler Energieträger, Energiepreise und die Verbesserung bei industriellen Produkten und Produktionsverfahren bezüglich ihrer Energieeffizienz.

Die Diskussion ist zunächst von der persönlichen Sichtweise der Teilnehmer geprägt. Es wird aus der Perspektive der Privatperson, des Familienvaters heraus argumentiert. Die

Gruppe stimmt in der Einschätzung überein, das Wohlstandsbedürfnis unserer Gesellschaft und der Nachholbedarf insbesondere der Schwellenländer werde dafür sorgen, daß der Energiebedarf sowohl in den Industrieländern als auch weltweit zunehmen wird. Vor dem Hintergrund begrenzter fossiler Brennstoffreserven und limitierter wirtschaftlich nutzbarer Potentiale der regenerativen Energien müßten neue Alternativen ins Auge gefaßt werden. Dazu gehöre auch die Fusionsenergie. Gerade in der – nach Einschätzung der Gruppe – vergleichsweise günstigen Akzeptanz läge deren Chance.

Beispiel:

„Wir diskutieren in einem Zeitraum von 50 bis 100 Jahren. Kernkraft hat schon heute keine Akzeptanz mehr, Fusion wird höhere Akzeptanz haben.“

In einem sparsameren Umgang mit Energie sehen die Teilnehmer keine Lösung der Energiefrage. Energiesparen setze voraus, daß zuvor verschwenderisch mit Energie umgegangen worden sei. In den Industrieländern bestünden, vor allem in den privaten Haushalten, noch einige nutzbare Potentiale. In Ländern mit niedrigem Pro-Kopfverbrauch sei aber Energiesparen keine anwendbare Strategie. Zudem seien durch niedrige Energiepreise und eine Tarifstruktur, die Großabnehmer belohnt, kaum Anreize für Sparmaßnahmen vorhanden.

Beispiele:

„Energiesparen ist keine Quelle, keine Option.“

„Bei uns ist die Energie noch zu billig, um einen Gedanken an das Sparen zu verschwenden.“

Die Gruppe thematisiert zu keinem Zeitpunkt einen möglichen „Verzicht“ auf Energie durch geändertes Verhalten oder andere Lebensstile. Das Votum der Gruppe geht vielmehr in Richtung einer effizienten Energiebereitstellung und -nutzung. Sie weist auf die eindrucksvollen Verbesserungen bei Haushaltsgeräten und Kfz-Motoren hin. Bei gleichem Nutzen sei der Bedarf an Strom beziehungsweise Kraftstoff deutlich gesunken.

Nachdem die Teilnehmer von einem der Moderatoren aufgefordert wurden, stärker aus ihren jeweiligen Positionen als Entscheidungsträger energieintensiver Wirtschaftsunternehmen zu diskutieren, verschiebt sich der Fokus der Diskussion. Als Manager räumen die Befragten ein, die Industrie Sorge sich nicht um die Endlichkeit der fossilen Energieträger.

Beispiel:

„Die Ressourcenfrage ist für Unternehmen kein Thema - das interessiert uns nicht!“

Die Energieversorgung sei in der jüngsten Vergangenheit kein Problem gewesen. Mit den Nukleartechniken stünden hochtechnologische Energieformen bereit, um auch künftig ausreichend Strom produzieren zu können. Die Vertreter der Automobilbranche weisen

darauf hin, daß die Energiekosten in ihren Unternehmen eine eher untergeordnete Bedeutung haben.

Beispiel:

„... Stimmt, Energie ist zu billig. Würde die Industrie für das Sparen belohnt werden, würden wir stärker sparen.“

In diesem Punkt widersprechen andere Teilnehmer, die nach eigenen Aussagen eine weniger komfortable Stellung am Markt haben:

„Euch Automobilisten geht's doch viel zu gut. ... Für uns [Haushaltsgerätehersteller] ist Energie nicht zu billig. Effiziente Energienutzung und geringe Kosten werden immer angestrebt.“

Allerdings sind sich alle einig, daß die Strompreise nicht zu den dringlichsten Kostenproblemen der Unternehmen gehören.

Beispiel:

„Ich kann entspannt sein, Strompreise sind so billig wie nie. Wo der Strom herkommt, ist mir egal. Ich kauf' mir auch in Rußland den Strom, nur billig muß er sein. Die Preise sinken im Moment – keine Aufregung.“

Aus dieser Perspektive treten Sicherheitsfragen und Risikoüberlegungen in den Hintergrund. Während für die Industrie in erster Linie die Kosten zählten, schätzen die Teilnehmer die Bedeutung als hoch ein, die solchen Fragen in der Öffentlichkeit gegeben wird.

Beispiel:

„Der Privatmann würde sicherlich ein paar Mark mehr für Strom ausgeben, wenn er weiß, das Ding ist sicher.“

Auch wenn die Gruppe die Suche nach neuen Energiequellen für notwendig und wichtig erachtet, beurteilt sie die Rahmenbedingungen für eine Beteiligung der Wirtschaft an der Fusionsforschung als zu schlecht. Zu schaffen macht den Vertretern der Industrie der zeitliche Horizont und die große Ungewißheit bezüglich der Höhe der Entwicklungskosten, der erreichbaren Stromerzeugungskosten sowie der gesellschaftlichen Akzeptanz.

Beispiele:

„[Die Fusionsenergie ist] zu weit weg, als daß sich die Industrie daran beteiligen würde.“

„Entwicklung eines Fusionsreaktors und Errichtung eines Kraftwerkprototyps ist finanziell und technologisch zu umfangreich und zu unsicher, als daß es im Rahmen der Energiewirtschaftsunternehmen gelöst werden könnte.“

Daraus leitet ein Teilnehmer folgende Empfehlung an die Adresse der Wissenschaft ab:

„Aus der Position der Firma sind die Perspektiven für eine Fusionsenergie zu schlecht. Forschen könnt ihr ja was ihr wollt, nur zahlen möcht‘ ich es nicht.“

Mit Hinweis auf die Höhe der Subventionen für die deutsche Steinkohle und auf die Ausgaben für Weltraumprogramme wird die Meinung begründet, daß Deutschland sich Förderprogramme für die Fusionsforschung leisten könne und solle.

Beispiel:

„Langfristig führt kein Weg an der Fusionsenergie vorbei. ... Das Risiko ist tragbar, es muß getragen werden – die Menschheit muß Pioniergeist aufbringen.“

In der Abschlußrunde wird deutlich, daß die eingeladenen Manager die Fusionsenergie mehrheitlich unterstützen. Die Suche nach Alternativen müsse auch in Zeiten billiger Energie gefördert werden. Forschung sei zu begrüßen – sie diene dem Erkenntnisgewinn, und es seien auch nützliche Ergebnisse in anderen Bereichen, wie beispielsweise der Materialwissenschaft, zu erwarten. Der Fortschritt der letzten 50 Jahre solle zu Forschungsvorhaben ermutigen. Wichtig sei, die Förderung der Fusionsforschung langfristig und kontinuierlich anzulegen, Alternativen nicht zu vernachlässigen und die Akzeptanz durch Dialog mit der Öffentlichkeit sicherzustellen.

Fünf Personen beantworteten die Frage „Wollen Sie die Fusionsenergie – ja oder nein?“ eindeutig mit „ja“, zwei Befragte antworten mit „eher ja“ und eine Person meint „teils/teils“. Keiner der Befragten hat diese Frage verneint.

Resümee

Weder als Privatpersonen noch in der Rolle als Manager sehen die Befragten in Sachen Energieversorgung Anlaß zur Sorge. Sie diskutieren vor allem das wirtschaftliche Risiko der Fusionsenergie und die Verfügbarkeit von Energie. Auch in Zukunft sei kostengünstige Energie in ausreichendem Maße erhältlich. Für die Unternehmen seien allein niedrige Strompreise aber nicht die Art der Energiequelle entscheidend. Der zeitliche Horizont der Fusionsenergie sowie die technologischen und wirtschaftlichen Unwägbarkeiten ließen derzeit keine Investitionen der Wirtschaft zu. Da Fusionsenergie aber eine wichtige Option für eine künftige Stromversorgung sei und zudem die ‚bessere‘ Nuklearenergie sei, solle ihre Entwicklung durch staatliche Forschungsförderung zur Sicherung einer künftigen Energieversorgung weiterverfolgt werden.

5.8 Evaluation der Fokusgruppen aus Teilnehmerinnen- und Teilnehmersicht

Zum Abschluß der Veranstaltung wurden alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer gebeten, folgende Fragen zu beantworten, die Aufschluß über die subjektiv wahrgenommene Qualität der Fokusgruppen geben. Es ergibt sich folgendes Bild:

Wie fanden Sie die Veranstaltung?

Die Veranstaltung wurde im Großen und Ganzen mit ‚gut‘ bis ‚sehr gut‘ eingestuft. Sie wurde als interessant, informativ und ausgewogen empfunden. Oft hervorgehoben wurden die gute, sachliche Moderation, der Diskussionsverlauf sowie die angenehme Atmosphäre. Ebenfalls positiv bewertet wurde die Tatsache, daß es sich bei den Gruppen um homogene Gebilde handelte. Viel Anklang fanden auch die einleitenden Expertenstatements, weil sie sowohl die Pro- als auch die Contra-Seite beleuchtet hätten und insgesamt informativ und objektiv gestaltet wurden. Kritisiert wurden die Szenarien, die einige Teilnehmerinnen und Teilnehmer als zu komplex und zu schwer verständlich fanden.

Was hat Sie überzeugt, was hat Sie nicht überzeugt?

Besonders überzeugend war der Diskussionsverlauf im allgemeinen und die Diskussion über technische Aspekte im speziellen. Unterschiedlich wurden die Expertenstatements per Video wahrgenommen. Während die einen vom diesbezüglichen Informationseffekt angetan waren, wurden die Videos von anderen als zu trocken, langweilig und „steril“ empfunden. Eine Gruppe würde Live-Beiträge vorziehen. Insgesamt kam der Beitrag von Professor Pinkau etwas schlechter weg. Sein Vortrag erinnere an einen Werbefilm der Industrie. Der etwas rechtfertigende Ton untergrabe seine Glaubwürdigkeit. In der Regel wurde entweder die Pro-Position oder die Contra-Position als plausibler bewertet.

Hat sich Ihre Einstellung zur Fusionsenergie geändert?

Über die Hälfte der Teilnehmer beantwortete diese Frage – ohne näher darauf einzugehen – mit „nein“. Lediglich vier von insgesamt 49 Teilnehmern sind der Meinung, ihre Einstellung zur Fusionsenergie habe sich nach dieser Veranstaltung geändert. Viele sind nach eigener Aussage kritischer geworden und sehen nun deutlicher die Risiken. Einige hatten vor der Veranstaltung überhaupt keine Einstellung zu diesem Thema und haben sich erst jetzt – vor dem Hintergrund der Informationspakete und des daraus resultierenden besseren Verständnisses – eine Meinung gebildet.

Würden Sie die Fusionsenergie empfehlen?

Etwa die Hälfte der Befragten würde die Fusionsenergie nicht empfehlen. Genannte Gründe sind die technischen Risiken, moralische Bedenken und zu geringes eigenes Wissen, um die Fusionsenergie befürworten zu können. Einige Teilnehmerinnen und Teilnehmer konnten sich nicht entscheiden, antworteten deshalb mit „jein“ und wollten erst einmal abwarten. Diejenigen, die mit „ja“ geantwortet haben, taten dies meist sehr differenziert und mit vielen Einschränkungen. Auch hier war der Tenor: Man solle auch auf andere Alternativen setzen. Die Fusionsenergie dürfe erst dann berücksichtigt werden, wenn sicher sei, daß die Chancen regenerativer Energien nicht beeinträchtigt werden.

6 Gesamtbetrachtung und Ausblick

Das sozialwissenschaftliche Projekt geht der Frage nach, wie und unter welchen Gesichtspunkten verschiedene Technologien zur Energieversorgung vor dem Hintergrund langfristiger globaler Energieszenarien in der Öffentlichkeit bewertet werden. Dabei interessierte insbesondere die Bewertung der Fusionsenergie im Vergleich zu anderen Energiequellen.

Um Hinweise darauf zu bekommen, wie die Öffentlichkeit die Fusionsenergie einschätzt, wurden sechs „Fokusgruppen“ mit Vertreterinnen und Vertretern unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen gebildet: Lehrer, Umweltverbände, Jugendliche, Wissenschaftsjournalisten, Kulturschaffende und Manager aus energieintensiven Unternehmen. Bei Fokusgruppen – einem Verfahren der qualitativen Sozialforschung – führen 6 bis 10 Personen eine moderierte Diskussion, nachdem sie sich mit der Thematik und den offenen Fragestellungen in einer Informationssequenz beschäftigt hatten. Bei den Fusions-Fokusgruppen kamen in dieser Sequenz auch ein Befürworter der Fusionsenergie und ein Vertreter einer skeptischen Position zu Wort. Die Informationssequenz ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, daß die Gruppe eine sinnvolle, sachliche und faire Diskussion über das Thema führen kann, obschon die Fusionstechnologie zur Stromerzeugung nicht vor dem Jahr 2050 einsetzbar sein wird und daher bei den Teilnehmern aus der derzeitigen Energiedebatte keine Kenntnisse vorliegen.

Faßt man die Ergebnisse der sechs Fokusgruppen zusammen, ergibt sich folgendes Bild:

- Alle Gruppen haben klar zwischen Atomenergie und Kernfusion unterschieden und somit differenzierte Bewertungen vorgenommen. Die Fusionsenergie erfährt keine Ablehnung in dem starken Maße, wie sie der Kernkraft zuteil wird.
- In fast allen Fokusgruppen ist die Sorge groß, Investitionen in die Fusionsenergie könnten zu Lasten anderer Alternativen – vor allem der Solarenergie – gehen. In allen Gruppen wird für die Zukunft ein Energiemix gewünscht, bei dem die regenerativen Energien – allen voran die Solarenergie – die führende Stellung einnimmt, bei dem aber auch die Fusionsenergie als *ein* Partner vorstellbar ist. Der mögliche Beitrag der Fusionsenergie zur Verringerung der CO₂-Emissionen einer künftigen Energieversorgung ist kein Thema in den Fokusgruppen.
- In der Lebensstilfrage haben vier Fokusgruppen *eine* Antwort parat: Energiesparen ist das beste Energiekonzept für die Zukunft, sowohl für die Industrieländer als auch eingeschränkt für die aufstrebenden Länder der Dritten

Welt. Alle übrigen Überlegungen sollten sich dieser moralischen Prämisse unterordnen.

- Quer durch alle Fokusgruppen nehmen Kosten-Nutzenüberlegungen einen breiten Raum ein. Die Gefahr der Fehlinvestitionen von Forschungsmitteln wird gesehen. Die meisten Fokusgruppen plädieren dafür, dieses Risiko einzugehen. Es machen sich allerdings hinsichtlich des wirtschaftlichen Erfolgs der Fusionsenergie durchgängig Zweifel breit. Die von der Fusionsenergie in den kommenden Jahren benötigten Investitionen – wie sie von den Experten definiert wurden – stoßen in diesen Größenordnungen bei vielen Diskutanten auf starke Ablehnung.
- Die Akzeptanz der Fusionsenergie in der Bevölkerung sei noch nicht ausreichend untersucht worden. Infolgedessen sei eine Beteiligung der Bevölkerung an der Frage „Fusionsenergie in der Zukunft – ja oder nein“ vonnöten.

Der hohe Stellenwert, den die Diskussionen um Lebensstile und Wechselbeziehung zu den regenerativen Energien eingenommen haben, verdeutlicht, daß bei künftigen Forschungsprogrammen neben den rein technischen Fragestellungen aufzuzeigen ist, wie sich die Fusionsenergie in ein regeneratives Energiesystem einfügen ließe, in dem auch die Option des „Energiesparens“ einen festen Platz einnimmt. Allerdings ist auch deutlich geworden, daß nicht in allen Gruppen Bereitschaft gesehen wird, den Energiekonsum durch Verhaltensänderungen zu senken.

Die von der Contra-Position aufgeworfenen Risikofragen und die artikulierte Befürchtung, daß die Fusionsenergie zur weiteren Verbreitung von Kernwaffen beitrüge, dominierte in keiner Gruppe die Diskussion. Auch das Pro-Argument, Fusionsenergie liefere einen wichtigen Beitrag zur Deckung einer weltweit steigenden Energienachfrage, wurde kaum aufgegriffen. Globale Aspekte der Energiefrage spielten eine eher untergeordnete Rolle. Dies macht deutlich, daß die Lösung regionaler Energiefragen klaren Vorrang genießt gegenüber einer globalen Herangehensweise an die Problematik.

Die meisten Gruppen sehen in der Fusionsenergie eine wichtige Option zu einer künftigen Energieversorgung, so daß sie eine Weiterentwicklung befürworten. Forschungsförderung wird aber nur dann akzeptiert, wenn sie nicht zu Lasten anderer Alternativen – vor allem der Nutzung von Solarenergie – geht. Auch werden massive Zweifel bezüglich der Machbarkeit und des wirtschaftlichen Erfolges geäußert. Diese in allen Fokusgruppen intensiv geführte Diskussion, wie das Verhältnis von erforderlichem Aufwand und möglichen Nutzen einzuschätzen sei, ist allerdings bei einer Technologie im Forschungsstadium nicht ungewöhnlich. Eine Gruppe ist klar gegen die Fusionsenergie, während alle anderen sie optimistisch bis skeptisch taxieren.

7 Abstract und Kurzzusammenfassung

How is fusion energy seen by the public? Will this option face similar difficulties to the ones nuclear fission faces today? As the public is not familiar with fusion, and because fusion will contribute to energy supply not until the year 2050, the TA-Center has set up six focus groups with people of different social backgrounds to look for practicable answers to these questions. In a focus group 6 to 12 participants are given information about the topic before having a moderated discussion at a level which is adequate to the topic. To summarise the discussions: two groups clearly rejected (state) support for fusion, one group opposed it, one nearly favoured it, one favoured it clearly, and one was undecided. So there is overall scepticism with regard to fusion, but the rejection is not as strong as against nuclear power. Public acceptance cannot be produced by information only; it is based primarily on perceived reliability and trust, both of which must be earned and given voluntarily. It does not depend on the public knowledge of facts. A serious dialog with the public and public participation in decisions appear to be more successful than information campaigns. The results of the focus groups provide indicators with regard to the necessary features of an acceptable fusion technology: inherently safe power plants, no radioactive waste for disposal, co-operation with renewable energy sources - mainly solar energy.

Wie wird die Fusionsenergie in der Gesellschaft eingeschätzt? Läuft diese Option Gefahr, in ähnliche Schwierigkeiten wie die Atomenergie zu kommen? Um auf diese Fragen verwertbare Antworten zu bekommen, obschon Fusionsenergie in der Öffentlichkeit nicht bekannt ist und sie frühestens 2050 zur Stromproduktion beitragen könnte, hat die TA-Akademie sechs Fokusgruppen mit verschiedenen Teilnehmerkreisen veranstaltet. Fokusgruppen bieten die Möglichkeit, die 6 bis 12 Personen zunächst mit Basisinformationen in das Thema einzuführen, um dann eine moderierte Gruppendiskussion auf fachlich angemessenem Niveau führen zu können. Die Diskussionen auf den Punkt gebracht: zwei Gruppen lehnen (staatliche) Förderung klar ab und jeweils eine ist eher ablehnend, unentschieden, eher befürwortend sowie klar befürwortend. Der Fusionstechnologie wird somit eher Skepsis entgegengebracht – von einer klaren Ablehnung – vergleichbar der gegen die Atomkraft – kann aber nicht die Rede sein. Gesellschaftliche Akzeptanz ist nicht herstellbar. Akzeptanz basiert auf Glaubwürdigkeit und Vertrauen, die bekanntlich verdient werden müssen beziehungsweise geschenkt werden, und nur zum geringen Teil auf Faktenwissen. Ein ernsthafter Dialog mit der Öffentlichkeit sowie deren Partizipation an Entscheidungen erscheinen erfolgversprechender als Informationskampagnen. Die Ergebnisse der Fokusgruppen geben Hinweise auf notwendige Eigenschaften einer akzeptablen Fusionstechnologie: inhärent sichere Kraftwerke, kein endzulagernder radioaktiver Abfall, Kooperation mit den regenerativen Energien – vor allem mit der Solarenergie.

Literatur

- Calder, B.J., 1977: *Focus groups and the nature of qualitative marketing research*, Journal of marketing research 14: 353-364
- Dahinden, U. & Dürrenberger, G., 1997: *Public Participation in energy politics – results from focus groups*, S.487-514, in: O. Renn (Hrsg.): Risk Perception and Communication in Europe, Proceedings of the SRA Annual Conference in Stuttgart, Stuttgart: Society for Risk Analysis (Europe)
- Desvousges, W.H. & Frey, J.H., 1989: *Integrating focus groups and surveys: Examples from environmental risk studies*, Journal of Official Statistics, 5: 349-363.
- Desvousges, W.H. & Smith, V.K., 1988: *Focus groups and risk communication. The science of listening to data*, Risk analysis, 8: 479-484
- Dürrenberger, G., et al., 1997: *Focus Groups in Integrated Assessment. A manual for a participatory tool*, Zürich (unveröffentlichte Vorabversion)
- Dürrenberger, G., Kastenholz, H., Behringer, J., 1999: *Integrated Assessment Focus Groups: Bridging the gap between science and policy?*, Science and Public Policy (forthcoming 2/3 99)
- Greenbaum, T. L., 1993: *The handbook for focus group research*, New York: Lexington International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and World Energy Council (WEC) 1995: *Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond*, London: WEC
- Keck, G., Klinke, A., Lattewitz, F., 1999: *Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Konzipierung von Lärminderungsmaßnahmen in der Region Stuttgart*, TA-Informationen 1/99: 10-13
- Kitzinger, J. 1994: *The methodology of Focus Groups: the importance of interaction between research participants*, Sociology of Health and Illness 16: 103-121
- Krueger, R.A., 1988/94: *Focus groups: A practical guide for applied research*, 2. Aufl., Newbury Park: Sage
- Krueger, R.A., 1998: *Analyzing & Reporting Focus Group Results. The Focus Group Kit*, Vol. 6, Thousand Oaks: Sage
- Krueger, R.A., 1998: *Developing Questions for Focus Groups. The Focus Group Kit*, Vol. 3, Thousand Oaks: Sage
- Krueger, R.A., 1998: *Moderating Focus Groups. The Focus Group Kit*, Vol. 4, Thousand Oaks: Sage
- Kumar, K., 1987: *Conducting Group Interviews in Developing Countries*. Washington: Agency for International Development
- Lamnek, S., 1993: *Qualitative Sozialforschung, Band 1: Methodologie*, 2. Aufl., Weinheim: Beltz
- Langniß, O., Luther, J., Nitsch, J., Wiemken, E., 1997: *Strategien für eine nachhaltige Energieversorgung – Ein solares Langfristszenario für Deutschland*, Freiburg

- Liebow, E., Branch, K., Orians, C., 1993: *Perceptions of Hazardous Waste Incinerations Risks: Focus Group Findings*, Sociological Spectrum 1: 153-173
- Löfstedt, R. E., 1993: *Hard Habits to Break: Energy Conservation Patterns in Sweden*, Environment 35: 11-15 u. 33-36
- Loske, R. et al., 1997: *Zukunftsfähiges Deutschland: ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung*, Basel
- Mayring, P., 1988: *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*, Weinheim
- McKinlay, J. B., 1993: *The promotion of health through planned sociopolitical change: Challenges for research and policy*, Social Science & Medicine, 36: 109-117
- Merton, R. K. & Kendall, P. L., 1946: *The focused interview*, American Journal of Sociology 51: 541-557
- Morgan, D. L. & Krueger, R. A., 1998: *The Focus Group Kit. Volumes 1-6*, Thousand Oaks: Sage
- Morgan, D. L. & Spanish, M. T., 1985: *Social interaction and the cognitive organisation of health-relevant knowledge*, Sociology of Health and Illness 7: 401-422
- Morgan, D. L., 1988/97: *Focus groups as qualitative research*, 2. Aufl., Thousand Oaks: Sage
- Morgan, D. L., 1996: *Focus Groups*, Annual review of sociology 22: 129-152
- Morgan, D. L., 1998: *Planning Focus Groups. The Focus Group Kit*, Vol. 2, Thousand Oaks: Sage
- Morgan, D. L., Hrsg., 1997: *Successful Focus Groups. Advancing the State of the Art*, 2. Aufl., Newbury Park: Sage
- Nitsch, J. & Luther, J., 1990: *Energieversorgung der Zukunft*, Berlin
- Renn, O., Webler, T. & Wiedemann, P.M., Hrsg., 1995: *Fairness and Competence in Citizen Participation – Evaluation Models for Environmental Discourse*, Dordrecht: Kluwer
- Reynolds, F. D. & Johnson, D.K., 1978: *Validity of focus group findings*, Journal of Advertising research 18: 21-24
- Rüede, A., 1998: *Partizipative Prozesse*, EAWAG news 44: 23-25
- Schade, D. & Weimer-Jehle, W., 1996: *Energieversorgung und Verringerung der CO₂-Emissionen*, Berlin: Springer
- Templeton, J. 1994: *The Focus Group: A Strategic Guide to Organizing and Analyzing the Focus Group Interview*, Chicago: Probus
- Ward, V. M., Bertrand, J. T. & Brown, L.F., 1991: *The Comparability of Focus Group and Survey Results: Three Case Studies*, Evaluation Review 15: 266-283
- Weizsäcker, E. U. v, Lovins, A. B., Lovins, L. H., 1996: *Faktor Vier. Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch*, München: Droemer Knauer
- Wiedemann, P. M. & Schütz, H., 1996: *Elektromagnetische Felder und Risikowahrnehmung*, S. 204-213, in: V. Preuss, Hrsg., Risikoanalysen, Heidelberg: Asanger

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1: Veränderung des Energiebedarfs, der CO₂-Emissionen und des Pro-Kopf-Verbrauchs im Zeitraum 1990 bis 2050 bei Annahme eines mittleren Bevölkerungswachstums, der Verdopplung des Bruttonominalprodukts in den Industrieländern, Verschwinden des Nord-Süd- und West-Ost-Gefälles und um den Faktor 4 verbesserter Energiezahlen.

Abbildung 2: Veränderung des Energiebedarfs, der CO₂-Emissionen und des Pro-Kopf-Verbrauchs aufgrund geringeren Wirtschaftswachstums und langsamere technische Entwicklung in den Entwicklungsländern und den Staaten des ehemaligen Ostblocks.

Abbildung 3: Blick in das Vakuumgefäß des Experimentalreaktors „Asdex Upgrade“ im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching bei München
(Quelle: Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching)

Tabelle 1: Ablaufschema der ‚Fokusgruppen Fusionsenergie‘

Tabelle 2: Eingabewerte für eine Bilanzierung

Tabelle 3: Anteil des Stroms am gesamten Energiebedarf für 1990 und für die IASA-Szenarien

Tabelle 4: Vor- und Nachteile der derzeit wichtigsten Energieträger für die Stromversorgung

Tabelle 5: Vergleich typischer Kraftwerksgrößen verschiedener Energieträger

Anhang

Hinweise zur Datenauswertung

Gestützt auf Audio-Technik, Video-Technik und Schriftprotokoll bestand der erste Auswertungsschritt des Codierers darin, die inhaltlichen Dimensionen zu identifizieren und ein Kategorienschema zu entwickeln. Es ging also darum, die relevanten Themen und kognitiven Überschriften zu erkennen und zu benennen.

Das Kategorienschema wird vor Durchsicht der Texte im Entwurf fertiggestellt und danach im allgemeinen mit Hilfe einer Probeauswertung an einem Teil der Stichprobe ausgefeilt. Die Kategorien (Dimensionen) und Unterkategorien (Items) müssen präzise definiert und mit Beispielen angereichert werden.

Wir haben für alle Fokusgruppen folgende Dimensionen identifiziert: *Lebensstil, Kosten-Nutzen-Kalkül, Risiko, Akzeptanz, Technikbild und Gesellschaftsbild*. Die Dimensionen sind das Ergebnis systematischer Zusammenfassungen von Einzelaussagen bzw. –argumenten, die in einem Zwischenschritt zu Items gebündelt wurden. Diese Operation heißt in den empirischen Sozialwissenschaften ‚Codierung‘. Für die Codierung gelten mindestens zwei methodologische Regeln: Jede Antwort muß sich einer Dimension zuordnen lassen, und die Dimensionen müssen sich gegenseitig ausschließen.

Die Dimensionen (Kategorien) und Items (Unterkategorien) wurden für jede Fokusgruppe in eine Matrix überführt und markieren darin die Zeilenabfolge. In den Spalten sind die einzelnen Teilnehmer in anonymisierter Form aufgeführt (TN1, TN2, TN3 usw.).

In einem nächsten Auswertungsschritt machten sich unabhängig voneinander zwei Codierer daran, die genannten Argumente bzw. Aussagen den entsprechenden Items zuzuordnen und deren absolute Häufigkeiten in die dafür vorgesehenen Zellen zu notieren. Dies erfolgte durch Ankreuzen („X“ bedeutet: es wurde eine Aussage zu diesem Item gemacht). Die beiden ausgefüllten Matrizen wurden miteinander verglichen. Gravierende Unterschiede wurden nochmals mit den Datenquellen abgeglichen und bereinigt. Dadurch konnte die Auswertung objektiviert werden. Eine fertig ausgewertete Fokusgruppe läßt nun in der Matrix sog. ‚Cluster‘ im Bereich derjenigen Items erkennen, die besonders häufig genannt oder kontrovers diskutiert wurden. So war es uns möglich, die spezifischen kognitiven Stoßrichtungen und Assoziationen der jeweiligen Fokusgruppen zu bestimmen. Um eindeutige Tendenzen oder bemerkenswerte Aussagen deutlich zu machen, haben wir zudem in der Auswertung wörtliche Zitate verwandt.

	Risikoabschätzung ist nicht möglich							
	Verbindung von Fusionsenergie und Kernspaltung (Schubladendenken) wird angestellt		X					X
	Verbindung von Fusionsenergie und Kernspaltung wird ausgeklammert							
	Endlagerung / radioaktiver Müll ist ein Problem	XX		X	X	XX	X	
	Endlagerung / radioaktiver Müll ist kein Problem							
	Umkehrbarkeit / Rückholbarkeit ist möglich							
	Umkehrbarkeit / Rückholbarkeit ist nicht möglich							
	Mißbrauch (z.B. Waffen) droht							
	Mißbrauch (z.B. Waffen) droht nicht			X				
	zu wenig Infos über Risiken							
	genügend Infos über Risiken							
	regenerative Energien sind weniger riskant							
	regenerative Energien sind riskanter							
Lebensstil	Energiesparen als primäres Ziel			X				
	Energiesparen nicht als primäres Ziel							
	Energie als knappes Gut							
	Energie ist reichlich vorhanden		X					
	Lebensstil in Industrieländern ist zu üppig							
	Lebensstil in Industrieländern ist o.k.							
	Fusionsenergie steigert Energieverbrauch							
	Fusionsenergie steigert Energieverbrauch nicht							
	Energie muß teuer sein							
	Energie muß nicht unbedingt teuer sein							
	Verantwortung (Endlagerung) wird auf spätere Generation abgewälzt	X					X	
	Verantwortung (Endlagerung) wird nicht auf spätere Generation abgewälzt							
	Energiesparen läßt sich nicht durchsetzen. Das wollen die Leute nicht			X	X		X	
	Energiesparen läßt sich durchsetzen							
	Energieverbrauch muß spürbar / sichtbar sein							
	Energieverbrauch soll / darf nicht spürbar / sichtbar sein							

	Politik braucht den Energieverbrauch nicht senken / einschränken							
	Wir müssen bzgl. Energieverbrauch Vorbilder für die Dritte Welt sein							
	Wir müssen keine Vorbilder für die Dritte Welt sein							
Akzeptanz	Fusionsenergie als Option für die Zukunft			XX			X	X
	Fusionsenergie keine Option für die Zukunft	X						
	Fusionsenergie zur Bewertung von Forschung / Wissenschaft geeignet							
	Fusionsenergie nicht zur Bewertung von Forschung / Wissenschaft geeignet							
	Präferenz für andere / regenerative Energieformen	X	XXX		X			
	keine Präferenz für andere / regenerative Energieformen							
	Fusionsenergie läßt Alternativen keine Chance							
	Fusionsenergie läßt Alternativen eine Chance							
	Präferenz für Fusionsenergie			X	X		X	XX
	keine Präferenz für Fusionsenergie		X					
	Regenerative Energien reichen nicht aus			X	X		X	X
	Regenerative Energien reichen aus							
	Fusionsenergie als Option für weniger CO ₂							
	Fusionsenergie keine Option für weniger CO ₂		X					
	hohe Forschungsmittel für Fusionsenergie sind gerechtfertigt				X		X	X
	hohe Forschungsmittel für Fusionsenergie sind nicht gerechtfertigt	X	XX			X		
	Fusionsenergie ist verantwortbar							
	Fusionsenergie ist nicht verantwortbar							
	Fusionsenergie ist kein Beitrag zur Klimakatastrophe							
	Fusionsenergie ist ein Beitrag zur Klimakatastrophe							
	Vor- und Nachteile müssen besser abgewogen werden							
	Vor- und Nachteile sind ausreichend abgewogen							
	man muß mehrgleisig fahren				X	XX		X
	man muß nicht mehrgleisig fahren							
Fusionsenergie ist ein Wundermittel								
Fusionsenergie ist kein Wundermittel								

Beschreibung der IIASA-Szenarien A, B und C

Szenarien A1, A2 und A3: „Hohes Wachstum“

- ehrgeizig hohes Wirtschaftswachstum (Industrieländer 2 %, Entwicklungsländer 4 %) und optimistische Annahmen bezüglich der erreichbaren technischen Fortschritte in der Gewinnung von Energierohstoffen, bei den Umwandlungs- und Endverbrauchertechnologien);
- günstige weltpolitische Lage und frei Märkte
- ressourcenintensiv; hohe Emissionswerte; zur Reduktion der NO_x- und SO₂- Emissionen werden weltweit moderne Filtertechniken eingesetzt
- Wirtschaftswachstum ermöglicht ein schnelles Umsetzen neuer Technologien. Dadurch werden große Verbesserungen der technischen Effizienz möglich.
- das durchschnittliche Pro-Kopf-Einkommen übertrifft 2100 alle heutigen Werte; heutige Unterschiede zwischen entwickelt und unterentwickelt sind hinfällig (Entwicklung durch Wachstum)

Variante A1: - Hohe Verfügbarkeit von Öl und Gas durch neue Technologien zur Suche von neuen Lagerstätten

- keine besonderen Ziele in der Kohle- und Kernenergiepolitik

Variante A2: - Vorteile des Treibhauseffekts und der CO₂-fertilization überwiegen;

- keine Anreize auf den Abbau der gewaltigen und billigen Kohlevorkommen zu verzichten;

Variante A3: - Technologiegetriebene Umgestaltung des Energiesystems für die „nachfossile Ära“

- Ausweiten des Einsatzes von Gas und Biomasse
- Nutzung neuer Nukleartechnologien
- forcierte Nutzung der regenerativen Energieträger Wind und Sonne

Szenario B „Mittelkurs“

- hervorstechendste Eigenschaft: besonders pragmatisch und realistisch (berücksichtigt heute Rückschläge (v.a. in Afrika) und längeren Umstrukturierungsprozeß (Osteuropa und frühere UdSSR))
- nur moderate Annahmen zum Wirtschaftswachstum, zur technischen Entwicklung bzgl. des Abbaus von Handelsbeschränkungen und der Höhe des internationalen Austauschs (Finanzmittel und Technologie)
- Entwicklungsziele des Südens werden langsamer und weniger einheitlich erreicht als in den Szenarien A und C
- keine aktive Energiepolitik => Energieversorgung hat ähnliche Struktur wie heute
- technische Verbesserungen v.a. bei etablierten Technologien
- keine ausgeprägten umweltpolitischen Ziele

Szenarien C1 und C2: „Ökologisch ausgerichtet“

- optimistische Einschätzung der technischen Entwicklung und ihrer Umsetzung (vor allem bei den Endverbrauchertechnologien)
- günstige weltpolitische Situation ermöglicht eine beispiellose internationale Kooperation zur Reduktion der Schadstoffemissionen, zur Durchsetzung hoher Umweltstandards und zur Angleichung des Wohlstandsniveaus durch Energie-/Ökosteuern, internationale Umweltschutz- und Wirtschaftsabkommen
- starke umweltpolitische Anreize zur rationellen und umweltschonenden Energieerzeugung und -nutzung
- hohes Wirtschaftswachstum der Entwicklungsländer durch breit angelegten Technologietransfer und erheblichen Mittelfluß in den ‘Süden’
- Stabilisierung der globalen CO₂-Emissionen bis 2050 und Verringerung auf 2 Gt/Jahr bis 2100 (ca. 1/3 des heutigen Ausstoßes) z.B. durch CO₂-Steuern (2100: 400\$ pro t CO₂)
- Durchsetzung CO₂-armer und energiesparender Lebens- und Verhaltensweisen vor allem durch Anreizsysteme und weniger durch Verbote und Vorschriften
- C1: Kernenergie ist Übergangstechnologie, langfristig keine Kernenergienutzung
- C2: Breit akzeptierte neue Generation kleiner, sehr sicherer Kernreaktoren

Vorlagen für die Videoaufzeichnungen

Argumente für die Fusion

Prof. Dr. phil. Klaus Pinkau, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

In Klammern [] sind Textpassagen wiedergegeben, die Professor Pinkau bei der Videoaufzeichnung ergänzt hat.

Kernfusion ist die Energiequelle von Sonne und Sternen. Ziel der Forschung ist es, diese Energiequelle auf der Erde nutzbar zu machen. Die nötigen Rohstoffe der Fusion – Deuterium und Lithium – sind in praktisch unbegrenzter Menge vorhanden und für alle Länder gleichermaßen zugänglich. Verteilungskämpfe um diese Rohstoffe sind daher nicht zu erwarten.

Fusionskraftwerke werden günstige Sicherheits- und Umwelteigenschaften besitzen: Die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien machen einen katastrophalen Unfall unmöglich.

Wie sicher und sauber ist ein Fusionskraftwerk?

Sicherheitsüberlegungen sind aus zwei Gründen nötig: Wegen des radioaktiven Brennstoffbestandteiles Tritium und wegen der Fusionsneutronen, die die inneren Teile des Kraftwerks aktivieren. Die radioaktiven Freisetzungen des Kraftwerks im Normalbetrieb sind gering. Sie entsprechen max. 1 Prozent der natürlichen radioaktiven Belastung, die stets in der Umwelt vorhanden ist.

Zur Bewertung eines Störfalles:

Ein Fusionsplasma kann prinzipiell nicht "durchgehen". In der Brennkammer befindet sich stets nur soviel Brennstoff, wie in etwa einer Minute verbrannt werden kann – ein Gramm Deuterium und Tritium verteilt auf ein Volumen von 1000 Kubikmeter. Die in dem extrem dünnen Plasma gespeicherte Energie reicht nicht aus, um eine Sicherheitshülle zu sprengen. Das Kraftwerk kann so konstruiert werden, daß es auch keine anderen Energiequellen enthält, die bei einem Unfall die Sicherheitshüllen zerstören könnten.

Die bei der Kernspaltung so gefürchteten Unfallszenarien – das "Durchgehen" der Reaktion, das die im Brennstoff gespeicherte Energie schlagartig freisetzt, sowie das Schmelzen des Reaktorkerns bei Kühlausfall – sind bei der Fusion damit unmöglich. Ein Fusionskraftwerk kann passiv sicher sein.

Dies gilt auch beim Eintreten äußerer Katastrophen. Zum Beispiel könnte ein unvorhersehbar starkes Erdbeben alle Sicherheitshüllen beschädigen. Schlimmstenfalls würde dabei das gesamte verletzliche Tritiuminventar des Kraftwerks freigesetzt. Aber selbst dann müßte man lediglich erwägen, weniger als einen Quadratkilometer um das Kraftwerk herum für einige Zeit zu evakuieren. Auch schwerste Unfälle können also keine Katastrophen hervorrufen.

Zum Abfall:

Durch die Neutronenbestrahlung werden die Innenteile des Kraftwerks aktiviert – es entsteht radioaktives Material, vor allem aktivierte Metalle. Die potentiell schädigende Wirkung dieses Abfalls, die Radiotoxizität, nimmt jedoch schnell ab: Nach 10 bis 100 Jahren ist der toxische Inhalt der Fusionsabfälle bereits vergleichbar mit der Radiotoxizität der gesamten Asche aus einem gleich großen Kohlekraftwerk. (Kohleasche enthält stets natürliche radioaktive Stoffe.) Der überwiegende Teil des Materials muß lediglich zwischengelagert werden, nur wenige Prozent des Abfalls könnten Endlagerung benötigen. Es ist deshalb ein realistisches Ziel, im wesentlichen nur die Generationen mit Abfall zu belasten, die die Energie aus dem Kraftwerk genutzt haben.

Bilanziert man den Aufwand für den gesamten Prozeß der Energiegewinnung- von der Brennstoffgewinnung bis zum Kraftwerksbau – so haben Fusionskraftwerke im Vergleich zu anderen zentralen und dezentralen Systemen einen geringen Verbrauch an Land, Material und Energie.

Ist zu befürchten, daß die Fusion zur Weiterverbreitung von Kernwaffen beitragen kann?

In einem Fusionskraftwerk wird es keine Stoffe geben, die den heutigen Proliferationsbestimmungen unterliegen. Zwar könnte im Prinzip der Brennstoffkreislauf so verändert werden, daß waffentaugliches Material erbrütet werden könnte. Diese Herstellung ist jedoch ebenso auf andere, einfachere Weise möglich. Die Existenz eines Fusionskraftwerkes brächte also keine Erleichterung. Zudem ließen sich solche Absichten einfach kontrollieren: Da ein Fusionskraftwerk seiner Natur nach keine waffentauglichen Spaltstoffe enthält, ist hier die bloße Existenz solcher Stoffe der Beweis für einen Mißbrauch. Dies ist anders als in Kernspaltanlagen, wo kleine Mengenabweichungen in großen Inventaren festgestellt werden müssen.

Wo steht die Fusionsforschung?

Hauptziel der Forschung ist bis heute ein brennendes Plasma. Auf dem Weg dahin sind seit Ende der 60er Jahre eindrucksvolle Fortschritte gemacht worden. Sie gipfeln in den jetzt fertiggestellten Bauplänen für einen Testreaktor, ITER, der die Machbarkeit der Fusion beweisen soll. [An der Tatsache, daß das Fusionsprogramm diesen ITER zum Bau vorgeschlagen hat, kann man erkennen, daß das Fusionsprogramm diese Machbarkeit für gegeben hält.]

Wichtig ist auch die Entwicklung geeigneter Materialien: Die inneren Teile des Kraftwerks dürfen nicht derart von den Neutronen aktiviert werden, daß große Mengen an langlebigem radioaktivem Abfall entstehen. Durch die Entwicklung spezieller Stähle ist man diesem Ziel einen großen Schritt näher gekommen.

Wo werden Fusionskraftwerke eingesetzt?

Mit etwa 1000 Megawatt wird ein Fusionskraftwerk etwa die gleiche elektrische Leistung besitzen wie heutige Großkraftwerke. Fusionskraftwerke sind damit besonders für die Grundlast-Stromversorgung geeignet. Hier wirken sie als große zentrale Einheiten stabilisierend auf das Netz. Dies ist vor allem dann günstig, wenn zusätzlich viele Kleinerzeuger wie Wind- oder Photovoltaik-Anlagen zur Energieversorgung beitragen. Befürworter einer Dezentralisierung des Strommarktes geben erneuerbaren Energiequellen den Vorzug, die die Energie dezentral einsammeln. Dabei wird vergessen, daß bei einer Versorgung im Großmaßstab die Koordinierung und Kontrolle auch bei erneuerbaren Energiequellen zentral geschehen muß. [Wenn man alle Dachflächen der Bundesrepublik mit Photovoltaikanlagen bedecken würde, so würde man etwa ein Drittel des heutigen Stromverbrauchs der Bundesrepublik mit Sonnenstrom gewinnen können, ein Zwanzigstel des Gesamtenergieverbrauchs der Bundesrepublik. Dies beweist, daß auch die sogenannten erneuerbaren Energiequellen riesige Anlagen sein werden. Man kommt also mit dem Argument der Dezentralisierung immer an eine Grenze.]

Was wird der Fusionsstrom kosten?

Die Kosten für den Internationalen Testreaktor ITER wurde gemeinsam mit Industriepartnern bis ins Detail kalkuliert. Mit Daten dieser Art wurden dann die Investitionskosten eines künftigen Kraftwerks abgeschätzt. Ergebnis: Der Fusionsstrom wird nicht wesentlich teurer werden als Strom aus heutigen Kraftwerken.

Für die Mehrkosten steht dann aber ein System mit erheblichen Vorteilen bezüglich Sicherheits- und Umwelteigenschaften zur Verfügung. Ähnlich ist dies bei den Erneuerbaren, die aller Voraussicht nach nochmals teurer sein werden.

Welche Rolle kann die Fusion in einer zukünftigen Stromwirtschaft spielen?

Heute wird 90 Prozent der Primärenergie aus fossilen Quellen, aus Kohle, Erdöl und Erdgas gewonnen. Dies muß sich jedoch aus mehreren Gründen ändern:

Erstens wird – weltweit gesehen – der Energieverbrauch steigen, und zwar unabhängig von den Versuchen der Industrieländer, Energie einzusparen. Grund ist das weltweite Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. Große Teile der Erde haben einen gewaltigen Nachholbedarf: China hat nur ein Sechstel des deutschen Pro-Kopf-Verbrauchs an Energie, Indien ein Zwanzigstel, Nigeria ein Dreißigstel und Äthiopien ein Zweihundertstel. [Und alle diese Menschen wollen besser leben und sie wollen deshalb mehr Energie verbrauchen.]

Zweitens sind die Vorräte an Kohle, Erdöl und Erdgas zwar groß, aber nicht unerschöpflich. Die Förderung wird also immer schwieriger und damit teurer werden.

Drittens sprechen Gründe des Umweltschutzes gegen die fossilen Brennstoffe: Hier vor allem die Veränderung des Weltklimas, der Treibhauseffekt, mit möglicherweise bedrohlichen Folgen.

Wie wird die Energiewirtschaft sich verändern?

Zum Um- oder Ausbau der Energieversorgung sind – unabhängig von der Art des künftigen Energiemixes – große Kosten zu tragen. Am billigsten sind dabei die konventionellen Quellen, d.h. Gas, Kohle und Kernkraft, gefolgt von Fusion und Erneuerbaren.

Zudem sind Veränderungen nur langsam möglich. In der Vergangenheit hat es jeweils etwa 50 Jahre gedauert, eine neue Energiequelle einzuführen. Wenn daher nicht rechtzeitig an neuen Energietechniken geforscht wird, dann sind diese Techniken auch in Zukunft nicht verfügbar. Die gesicherte Versorgung heute verhindert aber unglücklicherweise die Erkenntnis, daß die zukünftige Energieversorgung ein Problem werden könnte.

Hier können jedoch Ursachen für schwere Konflikte liegen, die Frieden, Wohlstand und Freiheit weltweit gefährden: Dies können zum Beispiel Auseinandersetzungen um knapp werdende Brennstoffvorräte sein, um günstige Standorte für erneuerbare Energiequellen oder auch die Wanderung von Menschenmassen, die durch Umweltveränderungen oder Energieknappheit ihre Lebensgrundlage verloren haben. [Wir müssen erkennen: Wohlstand ist die Grundlage der Demokratie und Energie – wirtschaftliche Energie – ist die Grundlage des Wohlstands.]

Die Auswahl an Energiealternativen für das 21. Jahrhundert ist nicht groß: Solarenergie, Kernspaltung und Fusion.

Die Fusion könnte etwa im Jahr 2015, nach erfolgreichem Betrieb des ITER-Experiments, in die Planung der zukünftigen Energieversorgung eingehen. Gegen Mitte des Jahrhunderts könnte sie kommerziell zur Verfügung stehen. Sie wird damit zu einer Zeit nutzbar, die den Ausstoß von Treibhausgas bestenfalls lokal in den reichen Industrieländern verringert hat – selbst bei optimistischen Annahmen für die Einführung regenerativer Energien. Weltweit wird dies wegen des Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums noch lange nicht gelungen sein. Der Beitrag der Fusion wird in 50 Jahren daher sehr willkommen sein, denn:

- Fusionskraftwerke werden hohe Sicherheits- und Umweltstandards erfüllen
- Sie emittieren kein Treibhausgas und haben als Kraftwerke hoher Leistung einen geringen Umweltverbrauch.
- Die Brennstoffe stehen für jedermann in nahezu unbegrenzter Menge zur Verfügung.
- Sie können überall in der Welt stehen, unabhängig von klimatischen Bedingungen.
- Schon heute sind Schwellen- und Entwicklungsländer wie Indien und China erfolgreich in der Fusionsforschung engagiert.
- Die erwarteten Kosten des Fusionsstroms liegen nicht deutlich über heutigen Stromkosten.

Welche Forderung ergeben sich heute daraus?

Die Zukunft ist nicht sicher vorhersehbar. Ob in 50 Jahren ein Vielfaches des heutigen Energieverbrauches konsumiert werden wird oder ob drastische Sparmaßnahmen durchgesetzt worden sind, ist offen. Die Versorgung von Mega-Städten wird ebenso eine Aufgabe sein wie Energiequellen für den ländlichen Raum; die Versorgung der Industrie ebenso wie des privaten Haushalts. Das bedeutet: Ein Patentrezept für die Energieversorgung des nächsten Jahrhunderts kann es heute nicht geben.

Noch scheint aber Zeit, alle geeigneten Techniken zu entwickeln, die im nächsten Jahrhundert in einen Wettbewerb miteinander treten können. Die Aufwendungen dafür sind moderat: Bezogen auf den deutschen Strommarkt von 600 TWh pro Jahr sind dies gerade ein Zehntel Pfennig pro kWh für die gesamte deutsche Energieforschung. Dabei zeigt die Fusion mit ihrer weltweiten Zusammenarbeit, wie man selbst große Projekte ohne übermäßige finanzielle Belastungen verwirklichen kann.

Skepsis gegenüber der Fusionstechnologie

Dipl.-Phys. Christian Küppers, Öko-Institut, Darmstadt

Die Fusionstechnologie wird als eine technologische Option für die Energieversorgung der Zukunft entwickelt. Sie soll, wie andere neue Energietechnologien auch, einen weitgehenden Verzicht auf fossile Energieträger ermöglichen.

Potentielle Vorteile der Fusion gegenüber der heutigen Kernenergienutzung sind unbestreitbar, dennoch bleiben wesentliche Aspekte zu nennen, die zu Skepsis gegenüber der Fusion Anlaß geben:

Es kann nicht als gesichert gelten, daß Fusionsreaktoren nach geltendem Atomrecht genehmigungsfähig wären

Die Genehmigungsfähigkeit von Kernreaktoren setzt seit Änderung des deutschen Atomgesetzes aus dem Jahre 1994 eine 'Katastrophenfreiheit' der Reaktoren voraus. Dies bedeutet, daß bei allen denkbaren Unfällen, die Folgen in der Umgebung von Nuklearanlagen so begrenzt bleiben sollen, daß keine Katastrophenschutzmaßnahmen erforderlich sind.

Fusionsreaktoren basieren auf anderen physikalischen und technischen Prinzipien als Kernspaltungsreaktoren, so daß die schlimmsten denkbaren Unfallszenarien, die aus diesem Bereich bekannt sind, auszuschließen sind. Gleichwohl könnte die Freisetzung auch nur eines geringen Bruchteils des radioaktiven Inventars eines Fusionsreaktors zu einer 'Katastrophe' im oben angedeuteten Sinne führen. Das radioaktive Inventar eines Fusionsreaktors ist im wesentlichen bestimmt durch die im Reaktor eingeschlossene Menge des radioaktiven schweren Wasserstoffs (Tritium), der als Brennstoff genutzt werden soll, sowie durch Reaktorteile, die durch Beschuß mit Neutronen, die aus den im Reaktor ablaufenden Fusionsreaktionen stammen, radioaktiv geworden sind. Es erscheint bislang nicht schlüssig nachweisbar, daß alle erdenklichen Unfallabläufe niemals zu einer massiveren Freisetzung von radioaktiven Substanzen führen können.

Die Normalbetriebsemissionen wären durch die technisch mögliche Tritiumrückhaltung im Reaktor dominiert. Tritium diffundiert leicht durch die meisten relevanten Materialien, was zu entsprechenden Schwierigkeiten führt.

Die Umweltauswirkungen einer Fusionstechnologienutzung fallen bei einer Beurteilung ins Gewicht

Neben den erwähnten Tritium-Emissionen im Normalbetrieb, die voraussichtlich höher sein werden als für alle anderen bislang genutzten nuklearen Technologien, ist von entscheidender Bedeutung, wie mit den während der Betriebszeit aktivierten Reaktorteilen umgegangen werden kann. Die Menge dieser Materialien wird pro Reaktor etwa in der Größenordnung eines derzeitigen Kernreaktors liegen. Allerdings ist die Materialzusammensetzung weit günstiger, so daß nur ein Teil langfristig endgelagert werden müßte. Für einen Großteil der anfallenden Materialien ist eine sichere Lagerung im Bereich von 'nur' 50 oder 100 Jahren notwendig. Darüber hinaus muß davon ausgegangen werden, daß ein geologisches Endlager für einen Teil der Abfälle benötigt wird. Dies liegt u.a. daran, daß bei der Fertigung von Spezialstahllegierungen, die für einen Fusionsreaktor notwendig sind, immer unerwünschte aber unvermeidbare Verunreinigungen auftreten. Einige dieser Substanzen werden durch den Reaktorbetrieb radioaktiv und haben dann Zerfallszeiten, die äußerst lang sind.

Die Realisierbarkeit von Fusionsreaktoren ist noch nicht erwiesen und hängt von einer Reihe offener wissenschaftlicher und technologischer Fragen ab

Die wissenschaftliche Machbarkeit der Fusion ist noch nicht unter Beweis gestellt. Das Erreichen der Zündkriterien, die Bewältigung von Ascheabfuhr und Plasmaverunreinigungen beim brennenden Fusionsplasma müssen in zukünftigen Großexperimenten erst noch geklärt werden. Instabilitäten beim Plasmaeinschluß, d.h. insbesondere beim 'brennenden Plasma', müssen vermeidbar gemacht und genügend lange Einschlußzeiten

demonstriert werden. Diese offenen Fragen sind ohne Großexperimente, die einen realen Leistungsreaktor vorwegnehmen, nicht schlüssig zu beantworten.

Eine Reihe von technischen Anforderungen müssen erfüllt werden. Ein wesentliches Beispiel: Die Aktivierung und Versprödung der ersten Wand, die das brennende Plasma umschließt, und von weiteren Reaktorteilen durch die hochenergetischen Neutronenflüsse, zieht erhebliche Probleme nach sich. Die erste Wand muß nach wenigen Jahren bereits ausgetauscht werden – dies kann wegen der radiologischen Belastung nur ferngesteuert gelingen. Dies führt zu zum Teil widersprüchlichen Anforderungen an die Materialentwicklung. Es müssen Legierungen gefunden werden, die kaum verspröden, in den hohen Neutronenflüssen kaum aktiviert werden und eine gute Tritium-Rückhaltung aufweisen.

Viele materialtechnische Fragen und weitere Fragen der technischen Realisierbarkeit sind bislang nicht gelöst.

Die Fusionstechnologie kann einen unerwünschten Beitrag zur Weiterverbreitung und Weiterentwicklung von Kernwaffen (Proliferation) leisten

Im Normalbetrieb eines reinen Fusionsreaktors würden zwar atomwaffenrelevante Spaltstoffe, wie Uranisotope oder Plutonium, weder produziert noch genutzt. Aber die notwendige Produktion von Tritium, das als Brennstoff genutzt werden soll, im Reaktor selbst und der vielfältige Umgang mit diesem Stoff ist ein wesentliches Proliferationsproblem, denn Tritium spielt eine entscheidende Rolle in fortgeschrittenen Atomwaffenprogrammen. Ebenso könnten Spaltstoffe, wie Uran oder Plutonium, für die Nutzung in Kernreaktoren zusätzlich im Neutronenfluß der Anlage erzeugt ('erbrütet') werden mit entsprechenden Bedenken, was die militärische Nutzungsmöglichkeit dieser Brutstoffe angeht. Die Verhinderung einer möglichen heimlichen Produktion oder illegalen Abzweigung von Waffenstoffen könnte nur durch eine rund um die Uhr durchgeführte strikte Kontrolle gewährleistet werden. Hier sind Zweifel angebracht, was die Wirksamkeit und Praktikabilität von Kontrollmaßnahmen angeht.

Besonders problematisch erscheint die Konzentration der Forschung auf einen Reaktor, der Deuterium und Tritium als Brennstoff verwenden soll

Die aus der Deuterium-Tritium-Fusion entstehenden Neutronen und das jeweils im Reaktor 'erbrütete' Tritium sind zugleich Quelle für eine gewinnbringende Energiewandlung, aber ebenso Ursache für Probleme im Bereich Materialentwicklung, Umweltschutz, Abfallagerung und Proliferation. Die überzeugende Lösung solcher Problembereiche berührt die langfristige Akzeptabilität solcher Reaktorkonzepte.

Es ist heute nicht klar ersichtlich, ob auf dem Konzept einer 'neutronenfreien' oder 'neutronenarmen' Fusion unter Verwendung des magnetischen Einschlußkonzeptes eine forschungspolitische Perspektive aufgebaut werden kann. Hier müßten andere Fusionsreaktionen als Deuterium-Tritium zur Grundlage der Reaktorentwicklung gemacht werden.

Eine zukünftige energiewirtschaftliche Rolle der Fusion ist zweifelhaft

Die Größe und Betriebsart eines Fusionsreaktors (elektrische Leistung vergleichbar mit derjenigen heutiger großer Kernreaktoren) läßt nur eine Nutzung für die Grundlast im Strombereich möglich erscheinen. Dies würde eher Tendenzen zur Zentralisierung denn zur Dezentralisierung auf dem Strommarkt befördern und würde eher zu weiter wachsender Strombereitstellung als zur dringend notwendigen Energieeinsparung führen. Andererseits wären die Investitionskosten für einen Fusionsreaktor deutlich höher im Vergleich mit heute errichteten Kernreaktoren, was die Fusion eher unattraktiv für die Stromwirtschaft machen wird. Der Strompreis für die Fusion ist heute kaum abschätzbar. Negativ ins Gewicht fällt auch, daß möglicherweise mit längeren Wartungszeiten zu rechnen ist (z.B. durch den in regelmäßigen Abständen notwendigen Austausch der ersten Wand oder in Folge von Betriebsstörungen, wie Plasmaabbrissen).

Der Beitrag der Fusion zur Lösung der Klimaproblematik wäre voraussichtlich sehr begrenzt

Mit kommerziell betriebenen Fusionsreaktoren wird frühestens ab Mitte des nächsten Jahrhunderts gerechnet. Vielleicht ist bei einer schnellen Verbreitung der Technologie in den Industrieländern ein Ausbau der Fusionsenergie bis Ende des nächsten Jahrhunderts vorstellbar, der vergleichbar ist mit dem derzeitigen Ausbau der Kernenergie. Die Investitionskosten dafür wären bereits gigantisch (Größenordnung: 2.000 bis 4.000 Milliarden DM nach heutigem Geldwert) mit einem Effekt, der bei stagnierendem weltweiten Energieverbrauch (was keineswegs als gesichert angenommen werden kann) nur etwa einem Zwanzigstel der weltweit bereitgestellten Primärenergie entspräche. Entsprechend begrenzt und sehr spät wirksam wäre der Beitrag der Fusion zur Reduktion klimarelevanter Emissionen (wie CO₂), die der Energiesektor heute erzeugt.

Überdies wird im nächsten Jahrhundert die CO₂-Gesamtemission voraussichtlich nicht mehr von den heutigen Industriestaaten dominiert sein, sondern von den Emissionen der Länder mit großem 'Energiehunger' wie Indien und China. Ist hier mit einem schnellen Technologietransfer seitens der Industrieländer und genügend hohen Investitionskapitalien zu rechnen, die einen Boom in der Fusionstechnologienutzung erwarten lassen könnte? Wie sich zur Zeit das drängende Problem der Nord-Süd-Verteilungsgerechtigkeit und des Technologietransfers entwickelt, sind hier erhebliche Zweifel angebracht.

Der notwendige Forschungsaufwand für eine mögliche Nutzung der Fusionsenergie ist enorm. Die Frage erhebt sich daher, ob genügend Ressourcen für die Entwicklung anderer Energiepfade verbleiben

Die Forschung und Entwicklung für einen Fusionsreaktor ist das historisch erste Großtechnologieprojekt, das einen Reifungsprozeß in der Größenordnung von einem Jahrhundert beansprucht. Im Rahmen der Europäischen Union (EU) wurden bislang bereits knapp 15 Milliarden DM für die Fusionsforschung zur Verfügung gestellt. Bis 2040, dem Zeitpunkt für den anvisierten Baubeginn erster Leistungsreaktoren, wird innerhalb der EU der weitere Investitionsbedarf auf 60 Milliarden DM geschätzt und weltweit auf 150 Milliarden DM. In Deutschland werden bislang etwa 350-400 Millionen DM jährlich für Fusionsforschung und -entwicklung verausgabt. Die staatlichen Aufwendungen für Forschung und Entwicklung im Bereich neuer Energietechnologien sind aber begrenzt. So entsteht die Sorge, daß anderen Wegen in eine zukunftsfähige, nachhaltige Energieversorgung, beispielsweise basierend auf einer Vielfalt erneuerbarer Energieträger, nicht rechtzeitig zum Durchbruch verholfen werden kann.

Was ist Kernfusion?

Isabella Milch, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Die Fusionsforschung hat das Ziel, ein Kraftwerk zu entwickeln, das aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie gewinnt. Kernverschmelzungen sind wichtige Naturprozesse: Die meisten chemischen Elemente sind per Fusion aus Wasserstoff entstanden; Fusion ist die Energiequelle von Sonne und Sternen.

Unter irdischen Bedingungen verschmelzen am leichtesten die beiden Wasserstoffsorten Deuterium und Tritium. Je ein Deuterium- und Tritiumkern verschmelzen dabei zu einem Heliumkern. Dabei wird ein schnelles Neutron frei, das achtzig Prozent der gewonnenen Energie mit sich trägt. Die nötigen Rohstoffe sind auf der Erde gleichmäßig verteilt: Deuterium ist in nahezu unerschöpfbaren Mengen im Meerwasser zu finden. Tritium ist ein radioaktives Gas mit kurzer Halbwertszeit von etwa 12 Jahren. In der Natur kommt es kaum vor. Es kann aber innerhalb des Kraftwerks aus Lithium hergestellt werden, das ebenfalls reichlich vorhanden ist. Diese Fusionsbrennstoffe können große Energiemengen freisetzen. Aus einem Gramm Brennstoff läßt sich soviel Energie gewinnen wie aus elf Tonnen Kohle. Fusionskraftwerke könnten deshalb dazu beitragen, den Energiebedarf der Menschheit nachhaltig zu erfüllen.

Quelle der Fusionsenergie sind die Bindungskräfte in den Atomkernen: Jede Materie besteht bekanntlich aus winzigen Teilchen, den Atomen. Elektrisch positiv geladene Protonen und elektrisch neutrale Neutronen bilden zusammen den Kern des Atoms. Um den Kern herum bewegt sich ein Schwarm von negativ geladenen Elektronen. Die Kernteilchen sind von einer Atomsorte zur anderen verschieden stark aneinander gebunden. Werden sie in neue, fester verbundene Gruppierungen umgeordnet, kann deshalb Energie freigesetzt werden. Dies kann entweder durch die Spaltung schwerer Kerne wie Uran geschehen oder durch die Verschmelzung leichter Kerne wie Wasserstoff. Das erste Verfahren nutzen die bekannten Kernspaltreaktoren, das zweite soll in Fusionskraftwerken nutzbar werden.

Um miteinander zu verschmelzen, müssen sich die Atomkerne sehr nahe kommen. Nur dann können sie die starken anziehenden Kernkräfte spüren. Weil Atomkerne elektrisch positiv geladen sind, stoßen sie sich aber zunächst gegenseitig ab. Um diese elektrische Abstoßung zu überwinden und in den Bereich der anziehenden Kernkräfte zu gelangen, müssen die Teilchen mit großem Schwung aufeinander zufliegen. Dies erreicht man, indem man die Teilchen auf Temperaturen über 100 Millionen Grad aufheizt. Bei diesen Temperaturen sind die Atome eines Gases in ihre Bestandteile zerlegt. Elektronen und Kerne bewegen sich getrennt voneinander - das Gas ist ionisiert. Es wird mit einem eigenen Namen bezeichnet: "Plasma". Beispiele aus dem Alltag sind die leuchtende Plasmapule in einer Leuchtstoffröhre, ein elektrischer Funke oder der Plasmafaden eines Blitzes. Alle Plasmen lassen sich durch elektrische und magnetische Felder beeinflussen. Dies macht man sich in den Fusionsanlagen zunutze. Hier schließt man das heiße Plasma in einen "Magnetfeldkäfig" ein und hält es so von materiellen Wänden fern, die das Plasma abkühlen würden.

Um durch Fusion Energie zu gewinnen, muß man also die folgende Aufgabe lösen: Man muß ein Deuterium-Tritium-Plasma stabil und wärmeisoliert in Magnetfeldern einschließen und durch Aufheizen zum "Brennen" bringen. Dann laufen gerade so viele Fusionsprozesse ab, daß das Plasma seine Temperatur selbständig aufrecht erhält. Es brennt dann nach dem Abschalten der Heizung alleine weiter. Ein Fusionskraftwerk wird damit den folgenden Aufbau besitzen: Kernstück ist eine ringförmige Brennkammer, die das heiße Plasma enthält. Es wird durch Magnetfelder von der innersten, der "ersten Wand" ferngehalten. Nur die bei der Fusion erzeugten Neutronen können als neutrale Teilchen den Magnetfeldkäfig ungehindert verlassen. Sie laufen in einen lithiumhaltigen Mantel hinein, das "Blanket", das die erste Wand umhüllt. Hier erzeugen sie aus dem Lithium den Fusionsbrennstoff Tritium. Er wird aufgesammelt und dem brennenden Plasma zusammen mit Deuterium zugeführt.

Zugleich geben im Blanket die Neutronen ihre Energie ab: Die schnellen Teilchen werden im Blanketmaterial abgebremst, das sich auf diese Weise erwärmt. Über Kühlmittel und Wärmetauscher wird diese Wärmeenergie an Turbine und Generator weitergeleitet und dort in elektrische Energie umgewandelt. Mit etwa 1000 Megawatt wird ein Fusionskraftwerk dieselbe elektrische Leistung besitzen wie heutige Großkraftwerke. Damit wird es insbesondere für die Stromversorgung im Grundlastbereich geeignet sein.

Wo steht nun die Fusionsforschung ?

Wie ein Holzfeuer setzt auch ein Fusionsfeuer nicht selbständig, sondern erst bei den passenden Zündbedingungen ein: Ausreichend viele Teilchen müssen entgegen ihrer elektrischen Abstoßung oft und heftig genug miteinander zusammenstoßen. Der Magnetfeldkäfig muß also genügend viele und schnelle Teilchen zusammenhalten, deren Wärmeenergie nicht zu rasch an die Umgebung abgegeben werden darf.

In Zahlen ausgedrückt: Das Plasma muß erstens eine Temperatur von mindestens 100 Millionen Grad besitzen. Zweitens wird eine Energieeinschlußzeit von etwa fünf Sekunden benötigt. Dies ist ein Maß für die Wärmeisolation: Es gibt an, wie schnell das aufgeheizte Plasma wieder abkühlt. Drittens muß die Dichte des Plasmas ungefähr 10^{14} Teilchen pro Kubikzentimeter betragen. Das Plasma ist damit 250 000fach dünner als die Lufthülle der Erde – technisch gesehen kann man nahezu von Vakuum sprechen. Wegen dieser extrem niedrigen Dichte besitzt ein brennendes Fusionsplasma trotz der hohen Temperatur eine kaum größere Leistungsdichte als eine normale Glühbirne.

Inzwischen hat die Forschung die für die Zündung nötigen Zielwerte für Temperatur, Dichte und Wärmeisolation jeweils einzeln erreicht. Temperaturen von 400 Millionen Grad wurden gemessen. Gegenwärtig am weitesten fortgeschritten ist die Europäische Gemeinschaftsanlage JET, der Joint European Torus, das weltweit größte Fusionsexperiment. Sein Plasma ist heute nur noch um einen Faktor 6 entfernt von den Werten für ein selbständig brennendes Plasma. Zum Vergleich: Im Jahr 1970, als die Überlegungen zum Bau von JET begannen, waren die weltbesten Experimente um einen Faktor 25 000 von der Zündbedingung entfernt. Bei Experimenten mit Deuterium-Tritium-Plasmen im vergangenen Jahr hat JET den Weltrekord für die Fusionsleistung erreicht - 16 Megawatt. Ebenfalls Rekord: Mehr als die Hälfte der zur Plasmaheizung verbrauchten Energie, nämlich 65 Prozent, wurde als Fusionsenergie wieder zurückgewonnen. Diese Ergebnisse bestätigen die große Leistungsfähigkeit des Europäischen Fusionsprogramms. Sie zeigen die gute Zusammenarbeit der europäischen Laboratorien, die ihre Forschung zu einem gemeinsamen Programm zusammengeschlossen haben: Während die Großanlage JET das Plasma in der Nähe der Zündung untersucht, bearbeiten die kleineren Anlagen in den nationalen Laboratorien speziellere Fragen.

Auf diese Weise hat die Fusionsforschung inzwischen einen Wissensstand erreicht, der die Planung eines Testreaktors ermöglicht hat: Der Internationale Thermonukleare Experimentalreaktor ITER soll erstmals ein brennendes und energielieferndes Plasma untersuchen. ITER wurde 1985 von dem damaligen sowjetischen Generalsekretär Gorbatschow auf dem Genfer Gipfeltreffen vorgeschlagen. Es wurde als geeignetes Projekt für eine weltweite Zusammenarbeit angesehen, die den gerade gesicherten Weltfrieden symbolisieren könnte. Der Testreaktor wird gegenwärtig von europäischen, amerikanischen, japanischen und russischen Fusionsforschern gemeinsam vorbereitet.

Mit ITER wird bereits eine Fusionsanlage in Kraftwerksgröße angestrebt. Sie soll erstmals ein für längere Zeit - d.h. etwa eine Viertelstunde - energielieferndes Plasma erzeugen mit einer Fusionsleistung von 1500 Megawatt. Als Standorte kommen Japan, Italien und Kanada in Frage. Die internationale Fusionsforschung will mit ITER zeigen, daß ein energielieferndes Fusionsfeuer möglich ist. Anschließend soll eine Demonstrationsanlage folgen, die alle Funktionen eines Kraftwerks erfüllt. Nach je 20 Jahren für Planung, Bau und Betrieb von ITER und seinen Nachfolger könnte die Fusion also etwa in der Mitte des nächsten Jahrhunderts zur Stromversorgung beitragen.