

DIE ZEIT

WOCHENZEITUNG FÜR POLITIK · WIRTSCHAFT · HANDEL UND KULTUR

Sonderdruck aus Nr. 3, 4, 5

Hamburg

21. Januar 1977

Unter der Wolke des Atoms

Die ZEIT-Redaktion diskutierte mit ihren
Experten das große Thema der kommenden Jahre:
Kernfrage – Kernenergie

Eine Zeitung soll ihre Leser informieren. Aber was tut die Redaktion, wenn sie selber nicht ausreichend informiert ist oder nur so widersprüchliche Informationen bekommt, daß sie sich kein eigenes Bild machen kann — wie im Streit um die Kernenergie? Sie lädt die einander widersprechenden Fachleute ein, um aus dem Für und Wider größere Klarheit zu gewinnen. DIE ZEIT bat zur Diskussion:

- Professor Dr. Karl Heinz Beckurts, Vorsitzender des Vorstandes der Kernforschungsanlage Jülich
- Dr. Albert Carnesale, Stellvertretender Direktor des *Program for Science and International Affairs*, Harvard University, Cambridge, USA
- Professor Ralf Dahrendorf, Direktor der *London School of Economics*
- Professor Sir Brian Flowers, Rektor des *Imperial College of Science and Technology*, London, und Vor-



sitzender der Royal Commission on Environmental Pollution

- Dr. Herbert Gruhl, CDU-Bundstagsabgeordneter und Vorsitzender des Bundes Natur- und Umweltschutz Deutschland
- Hans Matthöfer, Bundesminister für Forschung und Technologie
- Dr. Dieter Schmitt, Energie-wirtschaftliches Institut an der Universität Köln und
- Professor Bengt Svensson, *Institut für Theoretische Physik* an der Universität Lund, Schweden

Die Expertenrunde,
die am ZEIT-FORUM
teilnahm



Hans Matthöfer,
Bundesminister für Forschung und Technologie



Professor Karl Heinz Beckurts



Dr. Albert Carnesale



Professor Ralf Dahrendorf



Professor Sir Brian Flowers



Dr. Dieter Schmitt



Dr. Herbert Gruhl

ZEIT: Im Januar vorigen Jahres haben sich 650 Fachleute, Physiker, Chemiker und Biologen — darunter der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, die Nobelpreisträger Werner Heisenberg, Mössbauer und Eigen — dazu bekannt, daß „Kernenergie notwendig und zu rechtfertigen ist“. Sie sagten auch, daß „die Gefahren der Kernenergie ausreichend unter Kontrolle sind“. Kurz darauf erhob eine andere Gruppe von Wissenschaftlern und Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens Protest dagegen und erklärte, daß die Sicherheitsprobleme keineswegs gelöst seien.

Beide Gruppen, die Befürworter wie die Gegner der Kernenergie, sind der Meinung, daß sie bei ihren Stellungnahmen ausschließlich das Wohl der Menschheit im Auge haben. Beide Gruppen erkennen nicht, daß sie zugleich Interessen vertreten. Die Befürworter der Kernenergie — Industrie und Gewerkschaften — denken vor allem an die wirtschaftliche Stabilität und sorgen sich um die Arbeitsplätze. Die Gegner kommen aus Gruppen mit ganz unterschiedlicher Zielsetzung; zu ihnen gehören die Umweltschützer, aber auch Leute, die jeglichen technischen Fortschritt hassen, oder andere, die gegen den Kapitalismus und für eine Systemveränderung sind.

Im November 1976 protestierten und demonstrierten 25 000 Menschen in Brokdorf in Schleswig-Holstein gegen den Bau eines Kernreaktors. Am nächsten Tage gingen rund 7000 Arbeiter der Kraftwerksunion — der Firma, die den Auftrag zum Bau des Reaktors erhalten hat — auf die Straße, weil sie sich um ihre Arbeitsplätze sorgten. Der Streit um die Kernenergie ist also zu einem brennenden politischen Problem geworden.

Zu Beginn möchten wir einige Fragen stellen, die uns besonders wichtig erscheinen.

Erstens: Stehen wir tatsächlich vor einer „Energieklücke“? Sind unsere Zukunftsprojektionen nicht lediglich Extrapolationen des heutigen Bedarfs, der alle Verschwendung einschließt, neue Technologien nicht berücksichtigt und auch nicht die möglichen Veränderungen der Verbrauchergewohnheiten?

Zweitens: Brauchen wir wirklich immer mehr Energie? Und kommen wir ohne Kernenergie nicht mehr aus? Seit 1963 hat sich der Stromverbrauch in den Vereinigten Staaten verdoppelt. Ist der Zustand von 1963, verglichen mit dem von 1973, wirklich so katastrophal, daß die Behauptung gerechtfertigt erscheint, unsere Zivilisation sei zum Scheitern verurteilt, wenn der Energieverbrauch sich nicht alle zehn bis zwölf Jahre verdoppelt?

Drittens: Werden die im öffentlichen Haushalt für die Forschung angesetzten Mittel wirklich optimal genutzt? Der Energieverbrauch pro Kopf ist in Amerika doppelt so hoch wie bei uns. Kann man wirklich sagen, daß die Lebensqualität dort so viel höher sei als hierzulande — ist dort nicht vielleicht nur die Verschwendung größer als bei uns? Bei einem herkömmlichen Kraftwerk gehen 60 Prozent der eingesetzten Energie als Abwärme verloren; bei Leichtwasserreaktoren beträgt der Verlust fast 70 Prozent. Minister Matthöfer hat einmal gesagt, daß der Energiebedarf um die Hälfte reduziert werden könnte, wenn es nur gelänge, den Abwärmeverlust für Fernheizungszwecke zu verwenden. Warum wird dann fast die Hälfte der zur Verfügung stehenden Mittel in die Kernenergieforschung gesteckt anstatt in eine große Anstrengung, Energie einzusparen?

Um mit der ersten Frage zu beginnen: Besteht wirklich eine Energieklücke? Wieviel Energie brau-

chen wir? Welche Rolle spielt die Kernenergie bei der Deckung des Weltenergiebedarfs?

Matthöfer: Ich glaube nicht, daß man die Frage so stellen kann. Rein abstrakt betrachtet, gibt es selbstverständlich keine Energieklücke, und selbstverständlich brauchen wir auch nicht unter allen Umständen immer mehr Energie. Konkret muß die Frage doch lauten, ob wir in dem spezifischen Wirtschaftssystem, in dem wir leben und das von einem Großteil des Volkes akzeptiert wird, so viel Energie brauchen. Und da heißt die Antwort: Ja, wir brauchen sie. Das wirtschaftliche Wachstum steht natürlich in einer Wechselbeziehung mit dem Wachstum des Energieverbrauchs. Legt man keinen Wert auf wirtschaftliches Wachstum, braucht man auch nicht mehr Energie. Wie aber soll es dann weitergehen? Wie sollen die immer neuen Wünsche, die wachsenden Erwartungen der Bürger befriedigt werden? Sie wollen wenn schon kein quantitatives Wachstum, dann noch mehr Bildung, kleinere Schulklassen, bessere Gesundheitsversorgung, aktive Beteiligung am Kulturleben, an sinnvoller Freizeitbeteiligung.

ZEIT: Sie haben die grundsätzliche Feststellung getroffen, daß wir unter dem jetzt bestehenden kapitalistischen System ohne fortgesetzten Energiebedarf nicht auskommen, weil nur Energiewachstum industrielles Wachstum ermöglicht. Wieviel Energie aber, wieviel zusätzliche Energie benötigen wir in den nächsten zehn Jahren nach Ihrer Schätzung?

Matthöfer: Ich habe mich immer vor langfristigen Schätzungen dieser Art gehütet. Dies sind oft genug nur Zahlenspielerien.

Natürlich gäbe es gewisse Reserven, wenn wir Energie sparen. Ich selbst habe viele Vorschläge dazu gemacht, wenn auch bisher nur mit geringem Erfolg. Natürlich gibt es Wachstumsspielräume durch Energieeinsparung. Es gibt Wachstumsmöglichkeiten ohne zusätzlichen Energieverbrauch, aber dann muß man entschlossen sein, Energie zu sparen.

Wenn man will, daß die Richtung auf eine qualitative Verbesserung des Lebens und nicht auf quantitatives Wachstum hin verläuft, dann müssen Sie schwerwiegende politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Konsequenzen akzeptieren, dann kann man nicht sagen, wir wollen aufhören, immer mehr Energie zu verbrauchen, ohne gewillt zu sein, die Folgen in allen Einzelheiten zu diskutieren.

Grubl: Ich weiß nicht, wie lange wir uns bei der Grundfrage „Mehr Wachstum oder nicht?“ aufhalten wollen. Diese Frage kann man doch so nicht mehr stellen. Es kommt nicht darauf an, ob wir das gern hätten oder nicht. Die Frage muß lauten, wie lange auf dieser Welt weiteres ständiges Wachstum überhaupt noch möglich und nötig ist. Und wenn wir feststellen, daß dies nicht im gleichen Umfang wie bisher möglich ist, ergeben sich von daher die Entscheidungen. Das heißt, es kommt darauf an, was die Menschen noch können, nicht darauf, was sie gern hätten.

Das Bruttosozialprodukt der Bundesrepublik ist von 1950 bis 1960 im Durchschnitt jährlich um 7,9 Prozent gestiegen. Würde eine solche Wachstumssteigerung über hundert Jahre andauern, so würde das Bruttosozialprodukt sich vertausendfachen. Nur ein Irrer kann angesichts dieser Zahlen bestreiten, daß wir in einer Ausnahmesituation leben, die nicht lange währen kann. Statt aber sofort eine Pause der Besinnung einzulegen, bemühen wir uns nach besten Kräften, das Tempo der Produktionssteigerung ständig weiter zu erhöhen. Warum? Bis jetzt hat man alle Völker

glauben lassen, es ginge immer so weiter, es könne ohne Gefahr von allem immer mehr und mehr geben. Die Völker haben sich diese Meinung zu eigen gemacht. Wenn es jetzt anders werden soll, dann muß die Bevölkerung in der Tat erst einmal aufgeklärt werden.

Matthöfer: So weit bin ich einverstanden. Aber nun kommt der Unterschied. Welches Programm bieten Sie den Menschen an? Ist Ihr Programm nicht verbunden mit der Abschaffung bürgerlicher Freiheiten, mit einer bestimmten Form der Diktatur? Oder schlagen Sie ein demokratisch durchführbares Übergangsprogramm vor, das uns zu einem besseren Stadium führt, wo wir weniger Rohstoffe verbrauchen und eine Zerstörung der Umwelt vermeiden? Das ist der grundsätzliche politische Unterschied zwischen Herrn Gruhl und mir.

ZEIT: Es gibt sicherlich triftige Beleggründe auch für das gegenteilige Argument, daß die bürgerlichen Freiheiten eingeschränkt werden müssen, wenn man gewaltige Transport- und Überwachungssysteme schaffen, wenn man Nachspatrouillen und Sondereinheiten zur Bekämpfung von Terroristen einsetzen muß, um die Nuklearindustrie zu schützen.

Reckurts: Zunächst einige Bemerkungen zum Energiebedarf. Erstens: Ich glaube, es ist eine Tatsache, daß es eine enge Wechselbeziehung zwischen dem Bruttosozialprodukt und dem Energieverbrauch gibt. Das ist empirisch sehr genau festgestellt. Die Frage, wie man das Verhältnis von Energieverbrauch zum Bruttosozialprodukt verbessern kann, ist in den letzten Jahren sehr gründlich untersucht worden.

Wir glauben, daß es möglich ist, auf diese Weise 15 bis 20 Prozent einzusparen, freilich nur mit harten Maßnahmen und über einen langen Zeitraum. Deshalb meine ich, daß zunächst ein weiteres wirtschaftliches Wachstum auch ein weiteres Wachstum des Energieverbrauchs bedingt und Kernenergie in jedem Fall benötigt wird, selbst bei bescheidenem Wachstum.

Meine zweite Bemerkung bezieht sich auf den engen Zusammenhang von privatem Energieverbrauch und privatem Einkommen. Wir leben in einer Gesellschaft, in der viele Menschen ihren Lebensstandard und Wohlstand noch steigern möchten. Dies führt zu einer starken Zunahme des Energiebedarfs vor allem für die Wohnungsbeheizung. Wollten wir die Steigerung des privaten Energieverbrauchs stoppen, so würden die unteren sozialen Gruppen am stärksten betroffen. Mit anderen Worten: Es besteht eine enge Wechselbeziehung zwischen sozialem Status und Energieverbrauch.

Eine dritte, allgemeine Bemerkung. Der Energieverbrauch in den verschiedenen Ländern der Erde ist höchst unterschiedlich. Momentan beträgt der durchschnittliche Energieverbrauch pro Kopf in der Welt etwa 2 Tonnen Kohle pro Jahr — in den führenden Industrieländern macht der Energieverbrauch 10 bis 12 Tonnen aus. Was immer wir tun, die Nachfrage — insbesondere aus den Entwicklungsländern — und damit der Druck, den Weltenergieverbrauch zu steigern, wird immer stärker werden.

Svensson: In Schweden ist seit mehreren Jahren eine eingehende Debatte über die Kernenergie geführt worden. Im Mai 1975 hat das Parlament einen einstimmigen Beschluß gefaßt. Wir haben während der letzten 20 Jahre jedes Jahr eine Steigerung des Energieverbrauchs von 4,5 bis 5 Prozent erlebt. Diese Steigerung soll jetzt bis

Kernspaltung und Reaktor

Das Herzstück eines *Reaktors*, der die Wärme für ein Kernkraftwerk liefert, ist das *Core*. Hier findet die Reaktion eines *Spaltstoffs* mit *Neutronen* (elektrisch neutrale Atomkernhausteine) statt, die *Kernspaltung*. Der einzige in der Natur vorkommende Spaltstoff ist das *Uranisotop* U 235, eine Uransorte, die im natürlich vorkommenden Uran nur einen geringen Anteil von 0,71 Prozent ausmacht. In einem technisch aufwendigen Verfahren, der *Uran-Anreicherung*, wird das Natururan so verändert, daß es danach einen U-235-Anteil von 2,6 bis 3,3 Prozent enthält. Das ist der *Kernbrennstoff* für einen Reaktor herkömmlicher Art. Andere Spaltstoffe, Uran 233, Plutonium 239 und Plutonium 241, müssen künstlich hergestellt werden. Bei der Kernspaltung fängt ein Atomkern des Spaltstoffs ein Neutron ein. Dadurch entsteht ein anderer Kern, einer, der sich nicht halten kann und dieser *Instabilität* wegen in zwei andere Atomkerne und zwei bis drei Neutronen zerfällt. Diese Zerfallsprodukte fliegen mit hoher Geschwindigkeit auseinander. Die neuesten Kerne werden allerdings vom umliegenden Material gebremst. Dabei entsteht Wärme; es ist die Energie, die im Kraftwerk genutzt wird. Die freigesetzten *schnellen Neutronen* könnten mit weiteren Kernen des Spaltstoffs reagieren. Mithin kann jede Kernspaltung etwa zwei neue Kernspaltungen hervorrufen. So nähme die Zahl dieser Reaktionen lawinenartig zu — das ist die Kettenreaktion, die ungehemmt eine nukleare Explosion hervorruft. Um sie zu verhüten, werden die schnellen Neutronen (soweit sie nicht dem Core entwichen oder von darin vorhandenen Materialien absorbiert wurden) durch einen *Moderator* (zum Beispiel Wasser oder Graphit) gebremst. Einige dieser nunmehr langsamen (*thermischen*) Neutronen entweichen, einige werden absorbiert, der Rest sorgt für die weiteren Kernspaltungen. Einige der Neutronen werden vom nichtspaltbaren Teil des Reaktorbrennstoffs absorbiert und wandeln dabei diesen über einen Umweg in das spaltbare Plutonium 239 um. Man sagt, das Plutonium wird *erbrütet*. Dies geschieht in jedem Kernreaktor, somit fallen in jedem Kernkraftwerk vergleichsweise geringe Mengen des prinzipiell auch für Kernwaffen verwendbaren Plutoniums an. Freilich müßte das Plutonium aus dem verbrauchten Kernbrennstoff wiedergewonnen werden. Eine solche *Wiederaufbereitung*, die chemische Trennung des spaltbaren Materials (Plutonium und noch vorhandenes U 235) und des (strahlenden) Abfalls, findet derzeit in der Bundesrepublik nur versuchsweise in dem Prototyp einer *Wiederaufbereitungsanlage* in Leopoldsdafen statt. Eine produktive Anlage soll um 1985 erstellt sein. Wirtschaftlich interessant wird das Erbrüten neuen Spaltstoffs erst im *Schnellen Brutreaktor*. In diesem mit Plutonium betriebenen Reaktor werden die schnellen Neutronen nicht moderiert (verlangsamt), sondern zum Teil mit Natururan zur Reaktion gebracht, bei der mehr Plutonium erbrütet wird, als der betreffende Reaktor selbst als Brennstoff benötigt.

1985 auf 2 Prozent im Jahr begrenzt werden. Es gab nur geringfügige Meinungsverschiedenheiten über diesen Prozentsatz; einige sagten 1 Prozent, andere 2 Prozent. Von 1985 bis 1990 werden wir dann versuchen, den Energieverbrauch noch weiter zu reduzieren, so daß ab 1990 überhaupt keine Erhöhung mehr stattfindet.

ZEIT: Wie wollen Sie das bewerkstelligen?

Svensson: Das ist erst einmal unsere Zielsetzung. Man kann 10, 15 oder 20 Prozent sparen durch bessere Isolierung oder Verwendung kleinerer Kraftfahrzeuge. Aber um größere Mengen einsparen zu können, benötigt man neue Technologien, sowohl in der Industrie als auch im Wohnungsbau. Das ist bisher noch nicht im einzelnen geregelt worden, weil erst anderthalb Jahre seit der Beschlußfassung vergangen sind.

ZEIT: Wie hoch war die tatsächliche Zuwachsrate des Energieverbrauchs in diesen anderthalb Jahren?

Svensson: Wir haben 1975 genausoviel Energie verbraucht wie 1973; aber das lag eher an den Folgen der Ölkrise als an bewußtem Sparen.

ZEIT: Gibt es Pläne oder Programme, welche Technologien entwickelt werden sollen, um Energie zu sparen? Wissen Sie schon, was Sie tun werden?

Svensson: Sämtliche neuen Gebäude müssen von vornherein besser isoliert werden. Den Hausbesitzern, die ihre Häuser besser isolieren möchten, werden Darlehen gewährt, denn die Beheizung beansprucht in Schweden rund 50 Prozent der Energie, Wohnhäuser, öffentliche Gebäude und Industrie zusammen. Und dann wird man auf die Industrie Druck ausüben, Energie zu sparen, was möglich erscheint. Im Rezessionsjahr 1975 verringerte sich der industrielle Stromverbrauch geringfügig; im privaten Bereich aber gab es eine Steigerung um 15 Prozent.

ZEIT: Sie sagen, die Hälfte der schwedischen Energie wird für Heizungszwecke verwendet. Wie ist dies in der Bundesrepublik?

Schnitt: Nimmt man den End-Energieverbrauch, dann haben wir etwa 38 Prozent für die Industrie, 42 Prozent für Haushalte und Gewerbe und 18 Prozent für Verkehrsmittel verwandt.

Svensson: Aber ein Teil des industriellen Energieaufwands wird auch für Heizzwecke verwendet. Rund 70 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs in der BRD werden für Heizzwecke aufgewendet; für sämtliche Heizzwecke.

Matthöfer: Fünfzig Prozent unserer Energie werden für Temperaturen gebraucht, die unter 100 Grad Celsius liegen.

Schnitt: Sie haben gefragt, ob es wirklich eine Energielücke gibt. Die Antwort lautet: Nein, es wird in der Welt nie eine Energielücke geben, denn entweder wird durch den Preismechanismus die Nachfrage reduziert und das Angebot erhöht, oder die Energie wird durch politische Maßnahmen rationiert. Energielücken würden nur dann eintreten, wenn die Preise die tatsächliche Knappheit der Energie nicht widerspiegeln, sie also so niedrig sind, daß die hohe Nachfrage durch die Angebotssseite nicht erfüllt werden kann.

Doch zu Ihrer anderen Frage: Sind unsere Schätzungen über Energiebedarf und Energieangebot bloße Extrapolationen? Ich meine: ja. Über die Zukunft und zukünftige Entwicklungen können wir uns Gedanken nur auf der Grundlage der in der Vergangenheit erworbenen Kenntnisse machen. Aber es handelt sich nicht um rein statistische Extrapolationen, wenn wir Schätzungen über Energiebedarf und Energieangebot anstel-

len. Wir wissen, daß der Energiebedarf forciert wird und steigt, und zwar als Ergebnis ganz bestimmter Faktoren, die ihn beeinflussen — technische Entwicklung, Bevölkerung, Einkommen, industrielle Struktur, politische Maßnahmen. Wenn wir berücksichtigen, was wir aus der Vergangenheit über bestimmte Korrelationen gelernt haben und dieses Wissen auf die heutige Situation anwenden, können wir zu verstehen versuchen, welchen Verlauf die Entwicklung in den nächsten zehn bis zwanzig Jahren nehmen könnte.

So hat unser Institut für die Bundesrepublik einen durchschnittlichen Anstieg des Energieverbrauchs von jährlich 2,7 bis 2,8 Prozent in den Jahren 1974 bis 1985 errechnet. Zwischen 1960 und 1973 betrug der Anstieg 4,6 Prozent. Wir glauben, daß in den Jahren 1985 bis 2000 sich die Nachfrage auf 1,5 bis 2,0 Prozent verringern kann. Wir glauben, daß beispielsweise im Haushalts-, Verkehrs- und sogar im Industriebereich ein gewisser Sättigungseffekt eintreten wird, der den Verbrauch von Primärenergie reduziert.

ZEIT: Mit welcher Zuwachsrate des Bruttosozialprodukts rechnen Sie für diese Zeit?

Schnitt: Wenn wir einen statistischen Vergleich zwischen der Entwicklung des Bruttosozialprodukts und des Primärenergieverbrauchs in der Bundesrepublik, zum Beispiel für die Jahre 1960 bis 1973, anstellen, so zeigt sich, daß beide um 4,6 Prozent jährlich gestiegen sind. Doch ist dieser Wert ja das Ergebnis vieler verschiedener Faktoren, die sich in der Zukunft vermutlich ganz anders entwickeln werden. Im Haushaltssektor, der — vom Energiestandpunkt aus gesehen — die stärkste Zuwachsrate aufweist, stellen wir fest, daß verschiedene Faktoren in der Vergangenheit wirksam waren, es aber in Zukunft nicht mehr sein werden. So wuchs die Bevölkerung zwischen 1950 und 1973 in der Bundesrepublik um 22 Prozent. Wir nehmen nun hingegen an, daß die Bevölkerungszahl zwischen 1975 und 2000 um 6 bis 8 Prozent oder sogar noch mehr sinken wird. Haben wir keinen Bevölkerungszuwachs, so werden wir keinen Zuwachs an Haushalten haben; haben wir keinen Zuwachs an Haushalten, so werden wir auch keinen Zuwachs an Geräten verzeichnen können, die Energie verbrauchen, und auch keinen Zuwachs an neuen Häusern und Wohnungen haben, die beheizt werden müssen.

Carnesale: Selbst wenn wir in Zukunft nur so viel Energie verbrauchen wie zur Zeit, müssen wir Kraftwerke ersetzen. Wir müssen neue bauen. Sollen die nächsten nun Kohlekraftwerke oder Kernkraftwerke sein? Das ist doch die Frage, mit der wir uns alle auseinanderzusetzen haben. Einige Leute argumentieren, daß es unter keinen Umständen Kernkraftwerke sein dürfen. Ist es, gemessen an der Korrelation zum Bruttosozialprodukt, eigentlich von Bedeutung, ob es Kern- oder Kohleenergie ist? Alle Untersuchungen sagen aus: Es ist überhaupt nicht wichtig.

ZEIT: In Europa auch nicht?

Carnesale: Nein, in keinem technisch fortschrittlichen Land. Welcher Teil Ihres Bruttosozialprodukts entfällt auf Strom? Angenommen, der Preis steigt um 20 Prozent, weil man Kohle verwendet, so fällt das in bezug auf das Bruttosozialprodukt nicht wirklich ins Gewicht.

Warum nun also diese Konzentration der allgemeinen Energie- und Wachstumsdebatte auf die Kernenergie? Weil es viele Leute gibt, die darüber sehr entschiedene Ansichten haben — über die Art, wie wir künftig leben sollten. Sie sind es, die sich die Kernenergie zum Feld der Auseinandersetzung gewählt haben. Wenn wir uns

variiert der Strompreis zwischen 5 und 15 Pfennig.

ZEIT: In den Vereinigten Staaten breitet sich gegenwärtig eine große Ernüchterung aus, was die potentielle wirtschaftliche Nützlichkeit der Kernenergie anbelangt.

Beckurts: Dazu einige Zahlen, die wir in Jülich errechnet haben. Sie beziehen sich auf eine jährliche Betriebszeit von 6000 Stunden — ungefähr 70 Prozent der Gesamtleistung.

Bei einem Leichtwasser-Reaktor, der im letzten Jahr in Betrieb genommen wurde, betrugen die Kilowattstundenkosten 4,4 Pfennig; die kWh-Kosten bei einem Leichtwasser-Reaktor, der 1980 in Betrieb geht, werden 6,8 Pfennig betragen. Diese Zahlen schließen die Kosten für die Wiederaufbereitung, Endlagerung und einen beträchtlichen Betrag an Rückstellungen für die endgültige Beseitigung der Anlage ein.

Matthöfer: Wie ermitteln Sie die Kosten für die endgültige Beseitigung?

Beckurts: Nun, dafür gibt es Rückstellungen von 10 bis 15 Prozent.

Carnesale: Das ist alles noch so weit weg, daß die Prozentsätze keine Rolle spielen.

Matthöfer: Wissen Sie, wie weit entfernt das ist?

Carnesale: Was, die Außerbetriebstellung? Nun, die Reaktoren werden noch 30 Jahre in Betrieb sein.

Beckurts: Das kann sogar länger sein.

Matthöfer: Viel kürzer — wegen der Verspüdvorgänge, die ganz offensichtlich unterschätzt worden sind; wegen der erhöhten Reparaturanfälligkeit, die Ihre 6000 Stunden im Jahr als ziemlich optimistisch erscheinen lassen wird.

Beckurts: Für Braunkohle betragen die Kosten heute 5,1 Pfennig und 7,3 Pfennig 1980. Für schweres Heizöl betragen die Kosten heute 7,4 Pfennig und 9,9 Pfennig im Jahr 1980.

Carnesale: Treffen Sie Ihre Entscheidungen für den Bau von Kernkraftwerken auf der Grundlage der Zahlen von heute oder auf der Grundlage der Zahlen von 1980? Ich frage deshalb, weil bei Kernenergie die Kapitalkosten 75 Prozent ausmachen und die Zahlen deshalb schon jetzt viel höher liegen als die von Ihnen angenommenen.

Beckurts: Wir müssen wegen der langen Planungs- und Bauzeiten die heutigen Entscheidungen sogar auf der Grundlage der Zahlen von 1985 treffen. Diese sind in der Tat noch höher, aber an den qualitativen Relationen ändert sich nichts. Was nun die Steinkohle anbelangt, ohne Subventionen, aber einschließlich der Kosten für eine 80prozentige Entschwefelung, liegen die Kosten heute bei 8,8 Pfennig, und sie werden sich auf 11,5 Pfennig im Jahr 1980 erhöhen. Die allgemeine Schlußfolgerung, die wir daraus ziehen können, ist, daß in Deutschland im Grundlastbereich die Kernenergie billiger ist als alles andere — mit einer Ausnahme: der Braunkohle. Die Kosten für Braunkohle sind ungefähr die gleichen, und sogar noch geringer, wenn man mit kürzeren jährlichen Betriebszeiten rechnet. Aber unsere Möglichkeiten, den Einsatz von Braunkohle zur Stromerzeugung auszuweiten, sind äußerst begrenzt. Ich wohne mitten in einem Gebiet, wo gerade der Beginn des Abbaus einer neuen Braunkohlemine diskutiert wird. Die Diskussion, die sich da entzündet hat, ist sehr heftig.

Matthöfer: Wenn Sie dies Unternehmen nur

eine „Mine“ nennen, dann ist dies das Understatement des Jahres.

Beckurts: Ja, Sie haben recht. Es handelt sich im Hambacher Forst um ein sehr umfangreiches Projekt.

Schmitt: Aber nur dieses Tagebauprojekt wird in der Lage sein, die westdeutsche Braunkohleproduktion bei rund 140 Millionen Tonnen im Jahr zu stabilisieren.

Beckurts: Eine abschließende Bemerkung. Ich frage mich, ob Herr Matthöfer dazu Stellung nehmen möchte, wie eigentlich die Unterstützung der Reaktor-Entwicklung durch die Regierung berücksichtigt werden soll. Man muß sich darüber im klaren sein, daß tatsächlich nur etwa ein Drittel der gesamten öffentlichen Ausgaben für die Kernenergieforschung zur Entwicklung des Leichtwasser-Reaktors aufgewendet wurden. Es handelt sich hierbei um einen Betrag von ungefähr 4 Milliarden Mark. Die Frage, ob es sinnvoll ist, wenn dieser Betrag erst einmal ausgegeben wurde, ihn auch in die wirtschaftliche Berechnung einzubeziehen, ist zweifelhaft; aber selbst wenn wir es tun, vermag dies das Gesamtbild nicht sehr zu ändern.

ZEIT: Wofür wurden die anderen zwei Drittel aufgewendet?

Beckurts: Ungefähr die Hälfte davon ging in die Grundlagenforschung — Plasmaphysik und weiterentwickelte Reaktoren.

ZEIT: Wieviel Subventionen haben wir seit dem Beginn der Nuklearentwicklung in der Bundesrepublik insgesamt in die Kernforschung gesteckt?

Matthöfer: Wie Herr Beckurts sagte, waren es bis 1976 4 Milliarden Mark für Leichtwasser-Reaktoren einschließlich der etwa 500 Millionen für die Wiederaufarbeitung und Endlagerung und die Sicherheitsforschung. Sie können weitere 4 bis 5 Milliarden für Schnelle Brüter und Hochtemperatur-Reaktoren hinzufügen, so daß sich ungefähr eine Summe von 8 bis 9 Milliarden für den Reaktor- und Brennstoffbereich ergibt, zum größten Teil allerdings für noch nicht im Einsatz befindliche Techniken.

ZEIT: Es heißt immer, es seien etwa 20 Milliarden Mark.

Matthöfer: Nein, es sind 17 Milliarden, aber der Rest, wie Herr Beckurts sagte, wird für die Grundlagenforschung, also für CERN oder DESY oder PETRA, für Schwerionenphysik, Kernfusion und so weiter verwendet.

Grossner: Von 1956 bis einschließlich 1976 betragen die öffentlichen Ausgaben für Kernenergie, einschließlich Forschung und Entwicklung, 18,96 Milliarden Mark, davon 6,8 Milliarden Mark nur für die Reaktorenentwicklung.

Matthöfer: Noch eine weitere Information ist für die Kostendiskussion wichtig — die Kostenstruktur. Der Anteil der Kapitalkosten liegt bei Kernkraftwerken um ein Vielfaches höher als bei Kraftwerken, die mit fossilen Brennstoffen gefahren werden, so daß, wenn der Ölpreis sich verdoppeln würde, der Preis der Kilowattstunde um mindestens 55 Prozent steigen wird. Verdoppelte sich aber der Uranpreis, so stiege der kWh-Preis nur um 5 Prozent.

ZEIT: Professor Carnesale erwähnte die Kohlevorräte der Vereinigten Staaten. Wieviel Kohle gibt es in der Bundesrepublik?

Schmitt: Das ist eine sehr wichtige Frage. Viele glauben, daß wir unsere Kohleförderung um jede

beliebige Menge steigern können. Dem stehen jedoch geologische, technische, wirtschaftliche und ökologische Beschränkungen entgegen.

Fangen wir mit den geologischen an. Es gibt in Deutschland bis zu einer Tiefe von 2000 Metern und bei einer Flözdicke von 30 Zentimetern ungefähr 260 Milliarden Tonnen Kohle. Jedoch sind einige Ingenieure der Meinung, daß wegen technischer und geologischer Schwierigkeiten nur 44 Milliarden Tonnen davon förderbar sind. Wieder andere glauben sogar, daß es ein Bruchteil dieser Zahl sein wird.

Über eines aber müssen wir uns im klaren sein: daß bei einer Jahresförderung von 100 Millionen Tonnen die westdeutschen Kohlereserven in Höhe von 3 Milliarden Tonnen im Jahr 2005 erschöpft sein werden. Dies wiederum bedeutet, daß wir nicht in der Lage sein werden, im Jahre 2000 mit deutscher Kohle ein mit Kernkraft betriebenes Kohlevergasungsverfahren einzuführen — weil wir ja für ein solches Werk eine Lebenszeit von 20 Jahren ansetzen müssen, die Kohlevorräte jedoch vorher erschöpft sein werden. Selbst wenn wir diese Erwägung beiseite schieben, ließe sich mit diesem Verfahren nur eine Versorgungsmenge erzeugen, die für 10 oder 15 Jahre ausreicht — nicht länger. Es gibt also eine absolute Grenze für die Versorgung aus einheimischer Kohle.

Die nächste Frage ist: Wieviel Kohle können wir eigentlich erzeugen? Die deutsche Kohle-Industrie hat noch keine Antwort darauf gegeben. Ich glaube nicht, daß es möglich wäre, die deutsche Kohleförderung in den nächsten 15 bis 20 Jahren um mehr als 20 Prozent zu steigern. In den nächsten zehn Jahren ist eine Steigerung überhaupt nicht möglich, weil es so lange braucht, bis die erste Tonne Kohle aus den tiefen Bergwerken, die wir heute abteufen, gefördert werden kann.

ZEIT: Wir haben bisher die erste Frage diskutiert: „Brauchen wir mehr Energie?“ Wenn ich recht sehe, lautet die Antwort: „Wir brauchen mehr Energie, selbst wenn wir nur den gegenwärtigen Stand unserer wirtschaftlichen Tätigkeit aufrechterhalten wollen.“ Ist das eine faire Zusammenfassung?

Grubl: Nein! Ich stimme dem nicht zu.

Matthöfer: Wir brauchen mehr Energie, denn wir müssen beispielsweise mehr Energie aufwenden, um die gleiche Menge Kohle zu fördern.

ZEIT: Die zweite Frage war dann: „Brauchen wir Kernenergie, um die Lücke auszufüllen?“ Hier gingen die Meinungen auseinander. Die Mehrheit hat darauf mit Ja geantwortet.

Wir kamen dann zu der dritten Frage: Kann Kernenergie in fünf oder zehn Jahren zu einem wettbewerbsfähigen Preis erzeugt werden? Die Antwort war im wesentlichen — ja. Doch Professor Svensson hat dazu noch nicht Stellung genommen.

Svensson: Alle bisher angeführten Zahlen beziehen sich auf den privatwirtschaftlichen Bereich. Gesellschaftspolitische Fragen wie Umweltverschmutzung durch Kohle oder durch Radioaktivität, sind bisher überhaupt noch nicht angeschnitten worden. Wenn die Menschen über Kernkraftwerke diskutieren, dann sprechen sie vor allen Dingen von der Gefahr, die von der Radioaktivität her droht. Dabei erzeugen gewisse Kohlekraftwerke einen sogar noch höheren Ausstoß an Radioaktivität. Bei der Diskussion von Kernkraftwerken wird in viel stärkerem Maße der gesellschaftspolitische Faktor berücksichtigt, als es bei Kohlekraftwerken der Fall ist. Und noch

Kernverschmelzung

Energie wird nicht nur frei, wenn ein Atomkern in kleinere Kerne zerspalten wird, sondern auch dann, wenn zwei Kerne zu einem größeren miteinander verschmelzen. Diese *Kernfusion* ist zum Beispiel zwischen den Atomkernen der schweren Wasserstoffe Deuterium und Tritium möglich. Wenn sie sich miteinander vereinigen, entstehen dabei ein Kern des Heliums und ein freies Neutron, dazu, wie erwähnt, Energie. Freilich kann es erst zu einer Fusion kommen, wenn die Kerne so heftig in Bewegung gebracht werden, daß sie beim Aufeinanderprall die starken, abstoßend wirkenden Kernkräfte überwinden. Technisch gelingt dies, wenn man das Gasgemisch mit einer kleinen Atombombe anheizt. Aber das führt zur explosionsartigen Freisetzung der Energie in einer Wasserstoffbombe. Für die friedliche Nutzung der *Fusionsenergie* muß man eine Technik entwickeln, die es gestattet, ultraheiße Gase, die sich im Zustand des *Plasmas* befinden (Kerne und Elektronen der Atome sind voneinander getrennt), wenigstens für kurze Zeit in einem Gefäß zu halten. Für dieses Gefäß aber gibt es kein Material — jeder Stoff würde augenblicklich verdampfen. Aber es gibt die Möglichkeit, das Plasma in magnetische Feldlinien einzuschließen. Das wird in Plasma-Forschungsinstituten seit Jahrzehnten versucht. Falls es hinreichend lange funktioniert, würde eine unerschöpfliche Energiequelle zur Verfügung stehen.

etwas: Akzeptiert man die Kernenergie nicht, so wird alles am Ende extrem teuer sein.

ZEIT: Carl Friedrich von Weizsäcker schrieb vor anderthalb Jahren in einer *ZEIT*-Serie, daß in den vergangenen zehn Jahren der Kohlendioxydgehalt der Luft um drei Prozent zugenommen hat. Wenn in Zukunft der Verbrauch an Kohle überproportional zunimmt, weil wir uns nicht für Kernenergie entscheiden, welches wären dann die Konsequenzen für Umwelt und Gesundheit?

Matthöfer: Bei der Verheizung von Kohle wird zum Beispiel Schwefeldioxyd an die Umwelt abgegeben. Das muß nicht sein, es gibt auch saubere Technologien. Die sind natürlich viel teurer, aber es gibt sie. Wenn man die Energieproduktion, die Stromerzeugung in den nächsten zehn bis 15 Jahren wiederum verdoppelt, dann würde in zwei weiteren solchen Zeitabschnitten die anthropogene Wärmeerzeugung — die vom Menschen technisch erzeugte Wärme — zehn Prozent der durch die Sonne erzeugten Wärme entsprechen. Dann könnte man sich ausrechnen, wie das Klima belastet wird. Es gibt zwei Möglichkeiten: Entweder bewirkt man eine neue Eiszeit, oder man schafft Wüsten. Beides ist nicht vertretbar.

ZEIT: Welche Wachstumsrate akzeptieren Sie also?

Matthöfer: Es ist nicht die Frage, was ich akzeptiere. Die Frage ist vielmehr: Was können wir tun, um das Wachstum zu reduzieren? Ich meine, wir sollten das Wort „Wachstum“ neu definieren, denn es geht doch nicht um ein Wachstum schlechthin, sondern um qualitatives Wachstum — ein Wachstum, das nicht noch mehr Energie verbraucht und noch mehr Rohstoffe, das also die Umwelt nicht zerstört oder verschmutzt.

So frage ich mich: Müssen wir denn unsere Zuwachsraten immer mehr steigern? Müssen wir mehr und mehr Energie verbrauchen? Ich sage, und hier befinde ich mich in voller Übereinstimmung mit Herrn Gruhl, es ist nicht eine Frage, ob wir sollten oder nicht — wir können einfach nicht 40, 50, 60 Jahre so weitermachen, wir dürfen nicht.

Wenn wir die Frage so stellen, wie geht es dann jetzt weiter? Welche Programme hat man? Wie will man die Menschen davon überzeugen, daß sie zurückstecken müssen? Das sind die Fragen und Argumente, in die man als praktischer Politiker sehr schnell verwickelt wird.

ZEIT: Sie sagen, wir können nicht so weitermachen. Wir befinden uns bereits in einer Übergangsperiode. Wohin soll der Übergang führen?

Matthöfer: Übergang zu einer Art von Wirtschaft und von Wachstum, bei denen keine Energie vergeudet, kein Rohstoff verschwendet und die Umwelt nicht verschmutzt und zerstört wird.

ZEIT: Schließt das konventionelle Kraftwerke oder Kernkraftwerke aus?

Matthöfer: Für mich sind sie in dieser Hinsicht alle gleich.

ZEIT: Hoffen Sie, den Übergang durch einen Erziehungsprozeß zu erreichen, oder wodurch? Und wie soll er überhaupt vonstatten gehen?

Matthöfer: Es ist eine Politik, die geplant und durchgeführt werden muß, ein Prozeß, der viele Elemente hat. Erziehung ist eines dieser Elemente. Die anderen? Es kommt darauf an, was man tatsächlich tut, wie man die Prioritäten setzt.

ZEIT: Wie lange würde eine solche Übergangsperiode dauern?

Grubl: Fünfzig bis sechzig Jahre.

Matthöfer: Ja, fünfzig bis sechzig Jahre.

Grubl: Ich wundere mich sehr. Jetzt sagt Herr Matthöfer, wir können nicht so weitermachen. Bisher habe ich ihn noch stets so verstanden, daß wir einfach so weitermachen müssen, weil wir keine andere Möglichkeit haben.

Matthöfer: Ich sagte, bei unseren heutigen Auffassungen und in unserer augenblicklichen Wirtschaft. Leute, die Null-Wachstum wollen, müssen mit mir diskutieren. Und zwar darüber, welche Art von Übergang sie wünschen. Ich widerspreche nicht der von Ihnen in Ihrem Buch vorgenommenen Analyse. Ich widerspreche nur den politischen Konsequenzen, die Sie aus Ihrer Analyse ziehen.

Grubl: Eine letzten Endes sehr entscheidende Frage lautet: Wie langfristig wollen wir eigentlich Wachstums- und Wirtschaftspolitik und im Zusammenhang damit auch Energiepolitik betreiben? Welches ist der Zeitraum, über den wir überhaupt reden? Diese Zeiträume waren bisher alle viel zu kurz, vor allen Dingen bei den Politikern. Im Gegensatz zu dem, was Herr Schmitt unter wirtschaftlichem Aspekt vorggetragen hat, besteht die gegenwärtige Politik doch immer noch darin, Energie zu verbilligen, unter anderem auch mit Hilfe von staatlichen Mitteln und in-

folge des Tarifsystems, das dem Höherverbraucher einen billigeren Tarif zumißt als dem Niedrigverbraucher — während eine langfristige Politik auf diesem Gebiet ja dafür sorgen müßte, daß sich die Energie möglichst frühzeitig verteuert und daß damit Maßnahmen zur Einsparung möglichst früh in Kraft treten.

Schmitt: So allgemein kann ich damit nicht übereinstimmen. Energie muß im Preis die Kosten der Rohstoffe widerspiegeln, die wir heute zur Versorgung unseres Systems einsetzen. Und wenn diese Kosten höher sind...

Matthöfer: Aber die Preise sind das Ergebnis von Kosten und Nachfrage.

Schmitt: Ich spreche nur von den Rohstoffkosten, nicht von Preisen. Nur — wenn die Preise nicht die Knappheit eines Rohstoffes, den wir heute verwenden, widerspiegeln, dann sollten wir uns Gedanken machen, welche Auswirkungen das auf unsere Wirtschaft hat.

Welches sind denn nun die tatsächlichen Alternativen für ein Land wie die Bundesrepublik? Gegenwärtig werden 52 bis 54 Prozent unseres Energiebedarfs durch Öl abgedeckt, ungefähr 15 bis 16 Prozent durch Gas. Man nimmt an, daß diese beiden Energiequellen innerhalb der nächsten 60 bis 70 Jahre erschöpft sein werden. Öl und Gas sind also für unsere Entwicklung bis zum Jahr 2000 für Deutschland nicht die wahren Alternativen.



Strahlende Zukunft

Können wir auf Kohle umschalten? Zur Zeit ist amerikanische Kohle viel billiger als deutsche Kohle. Der mit amerikanischer Kohle erzeugte Strom ist nur geringfügig teurer als der durch Kernenergie erzeugte Strom. Wenn wir allerdings die Kernenergie ganz und gar aufgeben, müßten wir so viel Kohle kaufen, daß der Preis für amerikanische und andere Kohle stark steigen würde — abgesehen davon, ob die Amerikaner überhaupt in der Lage und bereit wären, so viel Kohle für Exportzwecke zu fördern.

Die uns zur Verfügung stehenden Alternativen reduzieren sich also auf zwei: auf die Kernenergie einerseits und den Verzicht auf zusätzlichen Energieverbrauch, also aufs Sparen, andererseits.

ZEIT: Welche Erfahrungen haben die Vereinigten Staaten gemacht? Wieviel höher sind heute die Kosten — verglichen mit den ursprünglichen Schätzungen?

Carnesale: Unsere Erwartung war natürlich, daß Kernenergie viel billiger würde als Kohle. Wir hatten ja schon beträchtliche Erfahrungen bei der Herstellung von Atomwaffen gesammelt. Wir verfügten bereits über große Anreicherungsanlagen. Wir hatten schon allerhand Uranvorkommen entdeckt und in gewissem Ausmaß er-

geschlossen. Die Zukunftsplanung für friedliche Atomenergie konnte sich darauf stützen; daher waren wir damals auch der Meinung, daß sich die Sache wirtschaftlicher gestalten würde. Auch hat alles länger gedauert, als wir gedacht hatten. Aber unser Land ist sehr vielseitig und so groß, daß es Gebiete gibt, vor allem im Nordosten, wo Kernenergie jetzt billiger ist als Kohle. Wir können dem Markt die Bestimmung der Verteilung überlassen und schneiden dabei nicht schlecht ab. Ich glaube, es gibt kein anderes Land, wo dies der Fall ist.

Beckurts: Die deutsche Situation ist ganz anders als die amerikanische, weil Amerika billige Kohle im Überfluß besitzt. Ich persönlich bin der Meinung, wir brauchen Kernenergie, und zwar unabhängig von der Wachstumsrate. Wir brauchen Kernenergie, denn erstens ist es unmöglich, die heimische Kohleproduktion in dem sonst notwendigen Maße zu steigern, zweitens sind wir in zu hohem Maße von Olimporten abhängig. Auch wäre es auf die Dauer unvernünftig, unsere einheimische Kohle zwecks Verstromung einfach zu verbrennen. Was wir tun sollten, ist, Strom mehr und mehr durch Nuklearenergie zu erzeugen und Mittel und Wege für eine bessere Nutzung der Kohle durch Vergasung und Verflüssigung zu finden. Auch hier wird die Nuklearenergie in Verbindung mit dem Hochtemperatur-Reaktor eine sehr große Rolle spielen.

ZEIT: Ende letzten Jahres gab es in der ganzen Welt ungefähr 170 Reaktoren, die 70 000 Megawatt produzierten. Nach der heutigen Planung soll es Ende 1990 weltweit rund 660 Reaktoren geben. Diese 660 Reaktoren werden insgesamt eine Leistung von etwa 500 000 Megawatt haben. Für alle diese Reaktoren braucht man Uran, aber nach heutigen Schätzungen werden diese Reaktoren viel mehr Uran verbrauchen, als man bisher in der Welt gefunden hat. Werden also all diese Reaktoren eines Tages ohne Uran dastehen?

Matthöfer: Das hängt von der Reaktorstrategie ab, die wir verfolgen. Wenn man auf Schnelle Brüter abstellt, kann das Uran noch für Jahrhunderte reichen.

Beckurts: Zu dem Uranproblem: Augenblicklich betragen die sogenannten gesicherten Uranreserven in der Kostenklasse unter 30 Dollar pro Pfund etwa zwei bis drei Millionen Tonnen in der Welt. Es muß jedoch betont werden, daß bisher nur etwa 15 Prozent der gesamten Weltreserven erfaßt worden sind — dies die Angabe von Dr. Avery von der Firma *British Nuclear Fuel*. Eine Schätzung von Mr. Burnham von der *National Science Foundation* untersucht die Frage, wieviel Uran in den Vereinigten Staaten produziert werden könnte, wenn man in der Preiskategorie höher ginge und ein Preis zu 200 Dollar pro Pfund vertretbar erschiene. Die Antwort: Unter dieser Voraussetzung steht allein für die Vereinigten Staaten eine geschätzte Uranreserve von 40 Millionen Tonnen zur Verfügung — weil nämlich zu diesem Preis Uran auch in Phosphaten, in Schiefertonschichten und in maritimen Sedimenten gesucht werden wird. Also ganz allgemein gesagt: Bei erhöhten Gewinnungskosten stehen uns sehr viel größere Mengen an Uran zur Verfügung. Es gibt riesige Uranvorkommen im Meerwasser; allerdings haben wir bisher noch keinen Weg zu ihrer Gewinnung gefunden.

Außerdem können wir Brüter und Konverter einsetzen und in den Konvertern Thorium ver-

wenden. Es ist wichtig zu wissen, daß eine enorme Erweiterung der Welt-Energiereserven auch ohne den Schnellen Brüter möglich ist — durch Umwandlung von Thorium in thermischen Reaktoren. Hierzu kann man Leichtwasser-Reaktoren, Schwerwasser-Reaktoren und Hochtemperatur-Reaktoren einsetzen.

ZEIT: Wir sollten uns jetzt den beiden anderen Fragen zuwenden. Erstens: Welches sind die Alternativen zur Kernenergie — und im Zusammenhang damit: Warum wird ein so geringer Teil unserer Forschungsmittel auf diese Alternativen verwendet? Zweitens: Welches sind die Möglichkeiten der Energie-Einsparung?

Matthöfer: Zunächst einmal ist es erforderlich, Entscheidungen, die schon im Jahre 1968 getroffen wurden, weiter zu honorieren. Dadurch werden große Teile meiner Haushaltsmittel festgelegt, beispielsweise beim Bau des Schnellen Brüters und beim Bau des Hochtemperatur-Reaktors. Die Kosten für den Schnellen Brüter haben sich seit dem ursprünglichen Baubeschluß von 1,7 auf 2,5 Milliarden Mark, also um 0,8 Milliarden erhöht. Das sind Mittel, die sich auf meinen Haushalt auswirken.

ZEIT: Beziehen sich Ihre Zahlen auf die Forschungskosten für den Schnellen Brüter oder auf die Kosten der Anlage?

Matthöfer: Das bezieht sich auf den Bau der Brüter — Prototyp in Kalkar — einschließlich der damit verbundenen Forschung. Die Kosten für den Hochtemperatur-Reaktor erhöhten sich um fast 500 Millionen Mark, wovon rund zwei Drittel im Haushalt abzudecken sind. Man hat also nicht völlig freie Hand, man kann nicht Mittel einfach umdisponieren, wie sich das manch einer denkt. Man braucht zum Bau eines Reaktors acht Jahre, und wenn man erst einmal drei Viertel der Kosten in einen Reaktor investiert hat, muß man weitermachen, insbesondere angesichts des internationalen Wettbewerbs.

ZEIT: Ist es nicht unter Umständen besser, die Forschung und Produktion einzustellen, nachdem man 1 oder 2 Milliarden vergeudet hat, anstatt ihnen immer noch mehr Milliarden hinterherzuwerfen?

Matthöfer: Erstens möchte ich die Unterstellung zurückweisen, daß die Gelder vergeudet sind. Zweitens ist es natürlich klar, daß ich diese

Energieverbrauch

	1970	1973	1974
1965			1974
264,6	336,8	378,5	365,9
1975	1976	1985	2000
347,7	370	495	650

Die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland — in Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten (Mill. tSKE) —

Wachstum und Energie

	1974-1980	1974-1985	1985-2000
PEV	4,0	2,8	1,8
BSP	4,3	3,3	2,5
PEV/BSP	0,93	0,85	0,72

Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten des Primärenergieverbrauchs (PEV) und des Brutto-sozialproduktes (BSP) in Prozent; (PEV/BSP) — pro Prozentpunkt Wachstum wird immer weniger Energiezuwachs benötigt

Frage habe untersuchen lassen. Der Schnelle Brüter wird in Kooperation von Holländern, Belgiern und Deutschen gebaut. Sollte sich die Bundesregierung entschließen, auszusteigen, so müßten wir der holländischen und belgischen Regierung zurückzahlen, was bisher investiert wurde. Wenn ich also die Arbeiten einstelle, bekomme ich nicht eine einzige Mark zurück, ich werde im Gegenteil wahrscheinlich noch zusätzliche Ausgaben haben.

Den Hochtemperatur-Reaktor möchte ich nicht außer Betrieb setzen, weil erstens diese Reaktortype die sicherste ist, die wir kennen, wir ihn brauchen, wenn wir Kohle vergasen wollen — und wir werden wahrscheinlich Kohle vergasen müssen, wenn wir Kohle umweltfreundlich nutzen wollen. Deshalb muß ich also weitermachen.

Die Bedeutung, die man der Forschung auf bestimmten Gebieten beimißt, kann aber nicht allein nach den Finanzmitteln beurteilt werden. Es kostet eben einfach sehr viel mehr, einen Prototyp des Schnellen Brüters zu bauen, als ein Haus, das nur Sonnenenergie verbraucht. Dadurch wird die Sonnenenergie nicht weniger wichtig. Übrigens bin ich der erste Forschungsminister der Bundesregierung, der Forschung auf dem Gebiete der Sonnenenergie eingeführt hat.

ZEIT: Wieviel haben Sie dafür im Haushalt dieses Jahres angesetzt?

Matthöfer: Rund 25 Millionen Mark.

ZEIT: Und wieviel für Kernenergieforschung?

Matthöfer: Rund 850 Millionen Mark.

ZEIT: Ist das nicht ein ziemlich ungleiches Verhältnis?

Matthöfer: Es sind nicht die finanziellen Kriterien allein, die die Wichtigkeit eines Projektes bestimmen. Entscheidend ist der Effekt, der mit dem, was die Regierung tun kann, erreicht wird. Die Regierung kann ganz sicherlich nicht den Platz der Industrie einnehmen. Wir bauen lediglich einen Prototyp und sagen dann, das ist durchführbar.

So haben wir einen Prototyp für den Schnellen Brüter gebaut und auch ein Haus, das mit Sonnenenergie beheizt wird. Der Reaktor kostet 2,5 Milliarden, das Sonnenhaus 9,8 Millionen.

Ich bin der Meinung, daß wir für Sonnenenergie in nützlicher Weise nicht mehr ausgeben konnten, als wir getan haben. Ich habe in der Bundesrepublik alles vernünftigerweise Vertretbare getan, um Sonnenenergieforschung voranzutreiben. Wir haben das Mögliche demonstriert. Bis dahin hatte jedermann die Nutzbarkeit der Sonnenenergie in unseren Breiten bestritten. Die Industrie hat hieraus ihre Lehren gezogen. In dieser Sache sind bereits Produktionen aufgezogen und Verträge zwischen Unternehmen geschlossen worden. Wir treiben die Sache voran. Wir sind so erfolgreich, daß wir auch den anderen Aspekt der Sonnenenergie ausnutzen, nämlich Photosynthese, also die chemische Umwandlung. Wir haben bereits einen Marktanteil von 80 Prozent bei Satelliten-Siliziumzellen. Es gibt niemanden in der Welt, der Sonnenenergie im Moment besser ausnutzt, als wir es tun.

ZEIT: Gibt es Alternativen zur Kernenergie?

Schmitt: Wir alle wissen, daß die Sonne die größte Energiequelle darstellt, die wir haben. Der Energiefluß von der Sonne zur Erde, der die atmosphärische Hülle um die Erde trifft, ist ungefähr 20 000 bis 25 000mal so groß wie der gesamte Energieverbrauch der Welt. Allerdings erreicht nur ungefähr die Hälfte dieses Energie-

flusses die Erdoberfläche — und natürlich in den verschiedenen Teilen der Erde mit unterschiedlicher Intensität. Die Intensität nimmt vom Äquator zu den Polen ab. So beträgt der Energiefluß in Deutschland nur ein Drittel von dem, der auf die Sahara trifft.

Ein anderer Punkt ist, daß Sonnenenergie-Technologien zur Stromerzeugung bisher noch nicht entwickelt worden sind. Solche Entwicklungsarbeiten sind im Gange, aber bisher nur mit geringem Erfolg. Die Sonnenzellen haben nur eine Lebenszeit von ungefähr 6 bis 10 Jahren. Bisher betragen aber die Kosten für Sonnenzellen pro 1 Kilowatt installierter Leistung das Hundertfache der Kosten bei einem Kernkraftwerk.

ZEIT: In welchem Zeitraum wird sich das ändern? Wann wird Sonnenenergie zur Elektrizitätserzeugung wettbewerbsfähig sein?

Matthöfer: Beim Stand unseres heutigen Wissens über die Naturgesetze — niemals, soweit es die Elektrizitätserzeugung in unserem Land betrifft.

Beckurts: Sonnenenergie wird bereits für die Warmwasserbereitung benutzt; sie wird sich da ihren Marktanteil erobern. Was aber die Sonnenzellen anbelangt, so glaube ich persönlich auch, daß sie niemals wettbewerbsfähig sein werden. Der wirklich interessante Aspekt der Sonnenenergie, langfristig gesehen, ist meiner Meinung nach die Photokonversion, photochemische und photobiologische Konversion. Es kann jedoch lange dauern, bis man dieses Problem gelöst hat. Wir sollten uns bewußt sein, daß wir uns hier noch in einem sehr frühen Stadium befinden, vielleicht vergleichbar mit dem der Kernphysik in den späten zwanziger Jahren. Wir werden noch sehr viel Zeit brauchen. Für teure Großprojekte ist es noch zu früh.

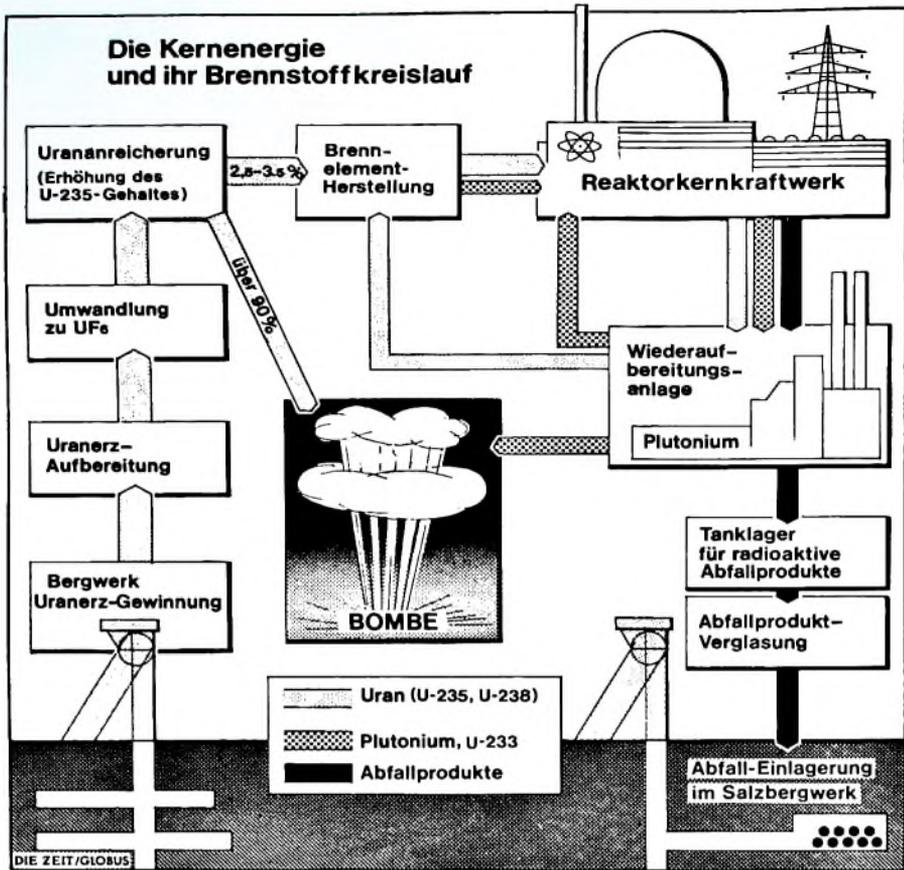
ZEIT: Sie sagten, daß Sonnenenergie für Heizungszwecke schon sehr bald nutzbar sein wird. Vorher wurde gesagt, daß nahezu die Hälfte unserer Energie unzweckmäßigerweise für Heizungszwecke aufgewendet wird. Wie also könnte die Bilanz unseres Energiehaushaltes durch Sonnenenergie verändert werden und wann?

Matthöfer: Ich gehe diese Sache in zwei Phasen an. Die erste ist die gemeinsame Erzeugung von Strom und Wärme, indem ich die Abwärme bei der Fernheizung in dichtbesiedelten Bevölkerungsgebieten verwenden möchte. Die Sonnenenergie bleibt für abgelegene Dörfer, Wohngebiete und Häuser, wo sich die Einrichtung von teuren Leitungen für die Fernheizung nicht lohnt. Da die meisten Häuser, in denen wir während der nächsten 30 bis 40 Jahre leben, bereits gebaut worden sind, muß man sich entweder auf die Gebiete beschränken, die saniert werden, oder man müßte sehr viel investieren. In einem Hausneubau ist Sonnenenergie dagegen heute schon als zusätzliche Wärmequelle wettbewerbsfähig. Die Kosten, um im Dach eines Einfamilienhauses eine Sonnenenergieheizung einzubauen, betragen ungefähr 30 000 Mark.

ZEIT: Was wird dadurch an Heizungskosten eingespart?

Matthöfer: Ungefähr 40 bis 50 Prozent.

Carnesale: Die Frage: Was hat das mit Kernenergie zu tun? Die Antwort: Gar nichts. Denn in naher Zukunft wird Sonnenenergie die Elektrizität nicht ersetzen; sie kann nur beim Heizen der Häuser helfen. Doch hat dies keinen Einfluß darauf, ob das nächste Kraftwerk, das gebaut wird, ein Kernkraftwerk sein wird oder nicht. Es



Für die Bundesrepublik ist der Brennstoffkreislauf noch Utopie. Denn eine produktive Wiederaufbereitung wird es hier frühestens 1985 geben. Das aus einer Wiederaufbereitungsanlage stammende Plutonium-Isotopengemisch ist für Kernwaffen unbrauchbar. Dazu müßte erst in einem speziellen Reaktor das dafür einzig verwendbare Plutonium 239 abgetrennt werden.

ist sehr interessant, sich mit der Sonnenenergie, mit Gezeitenenergie und all diesen Dingen zu beschäftigen — aber in den nächsten 25 Jahren bringt das nichts.

Schmitt: Hier können wir Zahlen angeben. Wenn wir Sonnenenergie vornehmlich für Neubauten einsetzen, weil ja dafür eine besondere Konstruktion nötig ist, dann kann man nur mit den Häusern rechnen, die bis zum Jahr 2000 gebaut werden. Außerdem sind nicht alle Arten von Häusern dafür geeignet, sondern nur Ein- und Zweifamilienhäuser. Bei Hochhäusern ist die Dachfläche nicht groß genug, um mit Sonnenenergie eine ausreichende Heizleistung zu erzeugen. Dies vorausgesetzt, läßt sich sagen: Die Sonne kann nur fünf bis zehn Prozent der Energie liefern, die für Haushalte benötigt wird. Das wären ungefähr zwei Prozent unseres Primärenergieverbrauchs bis zum Jahr 2000.

Carnesale: Das hat aber nichts mit Nuklearenergie zu tun.

Schmitt: Das hat insofern mit Kernenergie zu tun, als man elektrische Heizung durch Sonnenenergie ersetzt.

Flowers: Was alternative Energiequellen betrifft, so wird es tatsächlich noch sehr lange dauern, bis man Industriestrom aus nicht konventionellen Quellen beziehen kann. Zum einen ist es noch ein sehr großes Problem, Sonnenenergiezellen kostengünstig herzustellen, zum anderen hat man genügend Sonnenenergie meist nur dort, wo man sie am wenigsten braucht.

Ich persönlich glaube allerdings, daß die Stromerzeugung nicht so notwendig ist, wie häufig behauptet wird. Wir sollten dagegen viel mehr darauf achten, die Elektrizität richtig einzusetzen, also beispielsweise unsere Häuser nicht ausgerechnet mit teuer erzeugtem Strom zu beheizen. Auf diesem Gebiet kann nach und nach die Sonnenenergie hilfreich sein.

In Großbritannien können wir außerdem Dinge tun, die in Deutschland vielleicht nicht möglich sind. Wir können beispielsweise die Gezeitenenergie ausnutzen. Aber auch das wird Zeit benötigen.

Matthöfer: Wieviel Kilowatt können Sie maximal, beim gegenwärtigen Stand der Technik, mit Gezeitenenergie erzeugen?

Flowers: Nun, bisher haben wir noch nicht die notwendige Technologie, aber wir forschen. Ich glaube jedoch nicht, daß diese Entwicklung vor dem Jahr 2000 einen bedeutenden Beitrag zur Energieversorgung leisten wird. Wir liegen in England bei der Erforschung von alternativen Energiequellen noch sehr weit zurück.

ZEIT: Unternehmen Sie nichts, weil Sie dafür keine Notwendigkeit sehen — oder weil es nicht genug Geld gibt?

Flowers: Wir haben sehr viel in die Kernenergie investiert, weil wir der Meinung waren, das würde ausreichen. Wir haben uns aber nicht einmal ernsthaft mit den Problemen einer besseren Kohleförderung — etwa durch chemotechnische Verfahren — oder einer besseren Nutzung der Kohle beschäftigt. Wegen der Konzentration auf die Kernenergie hatten wir dafür auch zuwenig Fachkräfte. Und unter den gegenwärtigen Umständen haben wir auch zuwenig Finanzmittel, obwohl die erforderlichen Mittel, gemessen an den Ausgaben für die Kernenergie, recht gering sind.

ZEIT: Geben wir in der Bundesrepublik auch zuviel für Kernenergie aus?

Matthöfer: Nicht mehr.

ZEIT: Wann hat sich das geändert? Und warum?

Matthöfer: In den letzten zwei Jahren sind wir nur sehr wenige neue Verpflichtungen im Kernenergiebereich eingegangen. Zunächst einmal tun wir — abgesehen von der Sicherheitsforschung — überhaupt nichts mehr für den Leichtwasserreaktor. Wir werden die beiden Reaktor-Prototypen — Schneller Brüter und Hochtemperatur-Reaktor — noch fertigstellen, und wir werden auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit weiter forschen. Dem letzten Punkt wird sicher jeder zustimmen.

Dagegen haben wir in den letzten zwei Jahren enorm viel für den nicht-nuklearen Bereich getan. Wir haben die Forschung auf diesem Gebiet von praktisch Null im Jahr 1972 auf mehr als 650 Millionen Mark für die nächsten vier Jahre gebracht. Ich glaube allerdings, daß es hier Grenzen gibt, denn man kann beispielsweise nicht mehr ausgeben, wenn man nicht mehr Wissenschaftler und mehr Forschungsprojekte hat.

Grossner: Ich möchte noch etwas zu der Frage sagen, ob wir zuviel für die Kernenergie tun. Da hat bei den beiden Hauptprojekten eine Kostenexplosion stattgefunden. Bei den beiden Projekten — dem Schnellen Brüter und dem Hochtemperatur-Reaktor — werden wir bis zur Fertigstellung und bis zur vollen Markteinführung, einschließlich der vollen Schließung des Brennstoffkreislaufs, für jedes Pilot-Projekt, etwa fünf Milliarden Mark ausgegeben haben. Es ist durchaus umstritten, ob wir es uns leisten können und leisten sollten, beide Projekte nebeneinander zu betreiben.

ZEIT: Welches sollte nach Ihrer Meinung eingestellt werden?

Grossner: Ich vermute, der Hochtemperatur-Reaktor wird eingestellt werden. Es besteht die Gefahr, daß wir die zur Verfügung stehenden Mittel so zersplittern — Plasmaverschmelzung, Hochtemperatur-Reaktoren und Schnelle Brüter —, daß wir am Ende überhaupt kein wirklich konkurrenzfähiges Projekt zustande bringen.

Schmitt: Wenn wir von dem Leichtwasser-Reaktor und dem Schnellen Brüter sprechen, dann denken wir nur an die Ausnutzung von

Kernenergie zwecks Stromerzeugung. Wir wissen aber, daß ungefähr 70 Prozent unseres gesamten Energiebedarfs — und diese Zahl wird sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht wesentlich ändern — für Heizungszwecke benötigt wird.

Mit dem Hochtemperatur-Reaktor glauben wir nun ein Instrument zu besitzen, das diesen Bedarf abdecken kann. Dieser Reaktor kann außerdem zur Vergasung von Kohle verwendet werden. Die Nutzung von Kohle wird in Zukunft, in Anbetracht der immer schärfer werdenden Umweltschutzmaßnahmen nur in Form von vergaster Kohle möglich sein. Ich bin kein Techniker, aber ich möchte sagen, dieser Reaktor ist viel sicherer als der Leichtwasser-Reaktor oder der Schnelle Brüter. Vielleicht werden wir einmal sehr froh sein, diesen Reaktortyp entwickelt zu haben.

Beckurts: Die Unterstützung des Hochtemperatur-Reaktors bedeutet gleichzeitig eine entscheidende Entwicklung der Kohletechnologie und damit der langfristigen Zielsetzung einer umweltfreundlicheren und zugleich wirtschaftlichen Ausnutzung der Kohle.

ZEIT: Das ist also keine Alternative: Kernenergie oder Kohle — sondern die eine Sache muß um der anderen willen getan werden?

Beckurts: Man kann Kohlevergasung auch ohne Kernenergie vornehmen — jedoch ist dies bei den deutschen Kohlepreisen ziemlich unwirtschaftlich.

Matthöfer: Zur Vergasung muß man 50 Prozent der Kohle verfeuern; mit dem Hochtemperatur-Reaktor kann man nahezu alle Kohle vergasen. Darum ist dieses Verfahren viel ökonomischer.

Flowers: Mir tut es leid, daß wir in England die Entwicklung von Hochtemperatur-Reaktoren aufgeben, denn bei Wärmereaktoren stellen diese den rechten Weg in die Zukunft dar. Ich glaube, der Hochtemperatur-Reaktor ist umweltfreundlich und hat noch andere Vorteile: Er liefert Hochtemperaturwärme, die wir sehr häufig benötigen. Mir scheint, man sollte nicht in gleichem Atemzug vom Schnellen Brüter sprechen, weil dieser bisher noch nicht die gleiche Sicherheit bietet wie die anderen Reaktoren.

ZEIT: Würden Sie die Brüterforschung einstellen?

Flowers: Nein.

ZEIT: Aber Sie würden mehr Nachdruck auf die Sicherheitsaspekte legen?

Flowers: Ich bestehe darauf, daß man den Schnellen Brüter nicht als ein kommerzielles Unternehmen betrachtet und ihn in großen Stückzahlen herstellt. Auf ein solches Programm sollte man sich nicht festlegen, jedenfalls nicht, ohne eine fünfjährige Beobachtungszeit vorgeschaltet zu haben, um zu zeigen, daß man dem Schnellen Brüter die gleiche Unbedenklichkeitsbescheinigung ausstellen kann, wie das sicherlich für einige andere Reaktoren der Fall ist.

Matthöfer: Ich stimme mit Ihnen hinsichtlich dieser fünf Jahre überein. Unser Schneller Brüter wird ungefähr im Jahre 1981 in Betrieb gehen. Danach, so meine ich, müssen wir mindestens noch ein Jahr Betriebserfahrung mit diesem Reaktor sammeln. Dies und die Betriebserfahrung, die wir bis dahin mit Phénix haben werden — das ist der französische Schnelle Brüter —, ermöglicht uns dann die Entscheidung, ob wir weitermachen sollen.

Flowers: Der englische Prototyp des Schnellen Brütters ist ein Reifall, aus dessen Studium wir in den nächsten fünf oder sogar zehn Jahren noch eine Menge lernen können — dazu werden Prototypen ja gebaut. Meiner Meinung nach ist die Entwicklung des Schnellen Brütters — im Gegensatz zum thermischen Reaktor — auf nationaler Ebene nicht zufriedenstellend zu lösen. Es handelt sich hier um ein so großes Projekt, daß es nur gemeinsam auf europäischer Ebene ausgeführt werden kann. Und es ist sehr bedauerlich, daß England, Frankreich und die Bundesrepublik dieses Projekt nicht in viel engerer europäischer Zusammenarbeit entwickeln. Wir benötigen allen uns zur Verfügung stehenden Sachverstand, um das Problem des Schnellen Brütters zu bewältigen.

ZEIT: Viele halten die Kernfusion für die glücklichste Lösung des Energieproblems. Brauchen wir den Schnellen Brüter eigentlich als einen notwendigen Zwischenschritt? Und wenn nicht, warum konzentrieren wir uns dann nicht ausschließlich auf die Fusion?

Matthöfer: Es hat bisher keine kontrollierte Fusionsreaktion mit einem Nettogewinn an Energie gegeben. Allerdings sagen die Wissenschaftler, es werde möglich sein. Darum geben wir jährlich 100 Millionen Mark für die Fusionsforschung aus. Der nächste Schritt im Fusionsreaktorprogramm JET (*Joint European Torus*) bedeutet Kosten in Höhe von insgesamt einer Milliarde, die sich nach meiner Erfahrung auf nahezu zwei Milliarden erhöhen werden. Dieser Reaktor wird — die Entscheidung darüber soll demnächst fallen —

Energieverbrauch

Der Primärenergieverbrauch (PEV) in der Bundesrepublik in Millionen Tonnen Steinkohleneinheiten

	1950	1955	1960	1965	1970	1973	1974	1975	1985
Steinkohle	99	131	128	114	97	84	83	67	70
Braunkohle	21	27	29	30	31	33	35	34	35
Mineralöl	6	15	44	108	179	209	188	181	220
Naturgas	—	1	1	4	19	38	47	49	90
Kernenergie	—	—	—	—	2	4	4	7	70
Wasserkraft + Sonstiges	10	9	10	9	9	10	9	10	10
PEV insgesamt	136	183	212	265	337	378	366	348	495

ZEIT: Verstehe ich Ihre Erklärung richtig; Sie sind weder bereit, den Hochtemperatur-Reaktor aufzugeben noch den Schnellen Brüter?

Matthöfer: Wir werden beide Prototypen fertigstellen. Es wäre denkbar, einen von beiden einzustellen. Ich persönlich gebe auf lange Sicht dem Hochtemperatur-Reaktor den Vorzug. Und, Sir Brian, ich verstehe Sie so, daß das auch Ihre Einstellung wäre, wenn Sie in einer ähnlichen Lage wären.

Flowers: Hätte ich in Ihrer Lage die Wahl, würde ich mich für den Hochtemperatur-Reaktor entscheiden.

ZEIT: Gibt es denn irgendwo einen Schnellen Brüter, der schon funktioniert?

Matthöfer: Ja, es gibt Phénix, es gibt russische und amerikanische Prototypen. Die Franzosen werden den Super-Phénix bauen. Wir bauen Kalkar. Also wird man im Jahre 1981 ungefähr 15 bis 20 Jahre Betriebserfahrung mit großen Schnellen Brütern gesammelt haben. Auf dieser Erfahrung kann man dann seine Entscheidung gründen, ob man weitermachen will oder nicht. Man kann jetzt natürlich nicht einfach aufhören, man muß ja auch die Teams zusammenhalten. Es wird alles sehr schwierig, wenn man erst einmal mit der Sache praktisch angefangen hat. Man kann nicht einfach sagen, laßt uns einmal fünf Jahre über Schnelle Brüter nur reden und nachdenken.

entweder in Deutschland oder in England gebaut werden (Anm. der Redaktion: Matthöfers Hoffnung trug; die Entscheidung fiel nicht, sondern wurde so weit verschoben, daß das JET-Projekt jetzt ernstlich gefährdet ist). Aber innerhalb der nächsten 35 bis 40 Jahre wird es keinen arbeitenden Fusionsreaktor geben, der elektrische Energie erzeugt.

Bedkurts: Die Frage zielte darauf ab, in welchem Maß die Entwicklung der Spaltreakorteknologie die Entwicklung des Fusionsreaktors unterstützen wird. Wenn erst einmal im Fusionsbereich das erste Problem gelöst ist — und das ist die Aufrechterhaltung eines stabilen Plasmas —, dann werden die Nachfolgeprobleme denen der Spaltreaktoren ähneln. Wir werden ungeheuer hohe Ströme von Neutronen haben, sehr hohe Materialschäden, enorm große Wärmeströme und außerdem eine beträchtliche Menge Radioaktivität.

Die wirtschaftliche Fusion liegt noch in sehr ferner Zukunft; ich schätze 40 bis 50 Jahre. Und ich möchte hinzufügen: Bei der bisherigen europäischen Arbeitsweise werden wir niemals erfolgreich sein. Wenn wir schon so viel Zeit darauf verwenden, den Standort selbst einer so bescheidenen Anlage wie JET zu bestimmen, und wenn wir bedenken, daß zwischen JET und einem kommerziellen Reaktor noch drei weitere große Anlagegenerationen liegen, befürchte ich, daß die Europäer nicht konkurrenzfähig sein werden.

Flowers: Ich glaube, daß der wissenschaftliche Durchbruch innerhalb von 10 bis 15 Jahren mit JET stattfinden wird. Mit Durchbruch meine ich, daß mehr Energie aus dem Plasma herauskommt, als zu seiner Erhitzung eingebracht werden muß. Die nächste Phase wäre dann der Bau einer Anlage, die selbstunterhaltend ist. Das ist ein sehr großer Schritt. Wir haben uns dann aber sicherlich mit allen Problemen der Strukturschäden durch Neutronen zu befassen, der nicht unerheblichen Strahlung, die in der Anlage gespeicherte Energie entspricht ungefähr 10 oder 20 Tonnen TNT-Sprengstoff.

Die nächste Stufe wäre dann die wirtschaftliche Lebensfähigkeit des Projekts, also die Stromkosten. Niemand kann heute schon eine verlässliche Voraussage wagen. Wenn Sie mich also fragen, wann Fusionsenergie wettbewerbsfähig sein wird, würde ich antworten: Beim gegenwärtigen Stand der Technik nicht vor dem Jahre 2025.

Worauf ich jedoch hinaus will ist dies: Würden wir jetzt mit Sicherheit, daß die Fusion kommt, so glaube ich, würde man Schnelle Brüter gar nicht erst bauen und die ganze internationale Plutoniumwirtschaft lieber vermeiden.

Carnesale: Mich stimmt bei der Fusion so pessimistisch, daß bisher all unsere Projektionen viel zu optimistisch waren. Der wissenschaftliche Durchbruch und die technische Verwertbarkeit liegen weiter in der Zukunft, als wir vor zehn, fünfzehn Jahren angenommen haben.

Ein zweiter Punkt: Soweit ich über die Fusionsreaktor-Forschung in Amerika informiert bin, wird die erste kommerziell wettbewerbsfähige Anlage eine Kombination von Fusions- und Spaltreaktor sein. Wahrscheinlich werden wir uns das beste beider Verfahren herausuchen — in dem Sinne, daß wir die Neutronen aus dem Fusionsprozeß dazu verwenden, um das Spaltmaterial zu erzeugen, das im Reaktor verbrannt wird. Dies dürfte der sinnvollste Weg sein, um eine wirtschaftliche Grundlage für den Bau eines Prototyps zu finden.

Aber ich möchte hier noch etwas ganz anderes sagen, was mich besonders stört. Wir haben jetzt die ganze Zeit hauptsächlich über wirtschaftliche Zusammenhänge gesprochen. Die meisten Leute, die sich gegen die Kernenergie auflehnen, — sprechen aber gar nicht darüber; diese Dinge stehen auf ihrer Beschwerdeliste ganz unten. Sie sprechen statt dessen von Sicherheitsgefahren und von Gesundheitsrisiken, von Plutonium und von der Bombe.

Wir haben über diese Streitfragen bis jetzt in Amerika nie eine öffentliche Diskussion geführt. Wir hatten Hearings, in deren Brennpunkt stand aber vor allem die Reaktorsicherheit und das Problem der Standortwahl. Jetzt aber sind auf einmal die Gefahren, die mit dem Brennstoffkreislauf verbunden sind, in aller Munde. Neuerdings hat es Gerichtsentscheidungen gegeben, daß ein Reaktor nicht gebaut werden darf, weil das Entsorgungsproblem — die Beseitigung des anfallenden Atommülls — nicht zufriedenstellend gelöst worden ist. Das ist in den Vereinigten Staaten ein neues Phänomen, das den Lokalrahmen sprengt. Die Regierung veranstaltet jetzt endlich öffentliche Hearings über Gesundheit, Umweltfragen und Sicherheitsvorkehrungen. Diese Hearings werden einige Jahre dauern und auch die internationalen Aspekte und die gesellschaftlichen Zusammenhänge mit einbeziehen. Und das ist auch richtig so. Der Gedanke, auf der Grundlage von Pfennigen per Kilowattstunde zu ent-

scheiden, ob oder wie schnell wir Kernenergie einführen sollen, ist für mich absurd.

ZEIT: Wir werden uns später, wie vorgesehen, mit den Sicherheitsfragen und Sicherheitsvorkehrungen beschäftigen.

Schmitt: Selbst unsere sehr niedrig angesetzten Projektierungen für die Entwicklung des Primärenergiebedarfs in Deutschland bis zum Jahr 2000 laufen auf eine Steigerung von heute 350 Millionen Tonnen Steinkohle-Einheiten (SKE) auf 600 oder 650 Millionen Tonnen SKE hinaus. Wir müßten also 300 Millionen Tonnen Kohle mehr produzieren. Wenn wir unsere heutige Kohleproduktion um 20 Prozent steigern, brächte dies aber nur zehn Prozent dieser Menge. Unsere Braunkohleproduktion können wir wegen des Umweltschutzes nicht erhöhen. Die Leistung unserer Wasserkraftwerke kann praktisch nicht gesteigert werden, weil sie voll ausgeschöpft ist.

Das aber heißt: es gibt nur zwei oder drei Alternativen, um die Nachfrage zu decken. Die eine Alternative ist Importkohle, die andere Kernenergie. Ich setze voraus, daß wir nicht mehr als 100 oder 150 Millionen Tonnen Kohle importieren können. Also ist die Abdeckung des von uns projektierten Energiebedarfs nur möglich, wenn wir auf Kernenergie zurückgreifen.

ZEIT: Gibt es nicht noch eine andere Alternative — einfach weniger Energie zu verbrauchen?

Flowers: Gegenwärtig unternimmt man in England sehr große Anstrengungen, um Energie einzusparen. Dies ist nicht nur eine Frage des geringeren Verbrauches, sondern mehr noch eine Frage der angemessenen Verwendung, so daß man also keinen Strom für die Wohnungszheizung einsetzt oder Hochtemperatur-Energie bei Niedrigtemperatur-Prozessen verschwendet. Wenn man Elektrizität nur dort nutzt, wo sie wirkliche Vorteile bringt, dann wird man feststellen, daß der Verbrauch von Primärbrennstoffen beträchtlich vermindert werden kann.

In Glasgow hat man sich jüngst mit einem kombinierten Wärme- und Elektrizitätssystem für die Fernheizung befaßt, hat es aber dann wegen Unwirtschaftlichkeit verworfen. Kurzfristig gesehen war das sicherlich richtig. Aber langfristig kann eine Wirtschaft, die Brennstoffe einfach vergeudet, nicht wirtschaftlich sein.

Matthöfer: Solange die *Glasgow Power Company* die Sache nur vom einzelwirtschaftlichen Gewinn her betrachtet, ist sie vielleicht unrentabel. Denkt man aber an die Einsparungen, die höhere Versorgungssicherheit, die geringere Umweltverschmutzung und die verminderte Luftverpestung, so erzielt man gewiß einen zusätzlichen volkswirtschaftlichen Gewinn.

ZEIT: Wo kann man in der Bundesrepublik die größten Einsparungen erwarten — im industriellen oder im privaten Bereich?

Matthöfer: Vor allem in der Wohnraumbeheizung. Dort entsteht mit 40 Prozent der größte Anteil am Primärenergieverbrauch.

In Deutschland ist Energie schon immer sehr teuer gewesen. Darum hat sich die deutsche Industrie stets um Energieeinsparung bemüht. Wenn man Deutschland mit den USA vergleicht, sind wir diesen weit voraus. Das gibt uns für weitere Einsparungen nur geringen Spielraum — etwa 10 bis 15 Prozent in zwanzig Jahren.

Mit der Fernheizung und der Verwendung von Sonnenenergie für Heizungs- und Warmwasser-

bereitung könnten wir hingegen längerfristig aber wirklich viel gewinnen — bis zu 30 Prozent, wenn wir die Anstrengungen dazu machen, 30 Prozent Einsparung beim Gesamtenergieverbrauch in 30 oder 40 Jahren.

ZEIT: Wie sähe die Kostenrechnung aus?

Matthöfer: Für die Fernwärme braucht man 200 Milliarden Mark, aber allein an Öl würde man schon zu gegenwärtigen Preisen 20 Milliarden Mark einsparen — und mit steigenden Ölpreisen wird diese Summe noch größer. Außerdem erzielt man Gewinne, die man nicht direkt sieht, beispielsweise größere Unabhängigkeit und weniger Umweltbelastung, weil 30 Prozent der Luftverschmutzung in den großen Städten durch die vielen Ölfeuerungsanlagen verursacht werden.

Der zweite große Faktor ist der Verkehr. Müssen wir denn mit 150 oder 180 Stundenkilometern fahren? Der Benzinverbrauch steigert sich um etwa 50 Prozent, wenn man die Geschwindigkeit von 150 auf 180 Stundenkilometer erhöht. Hinzu kommt noch die Umweltverschmutzung.

Die größten Möglichkeiten der Einsparungen liegen also im Bereich des privaten Sektors. Die Industrie ist schon immer sparsam gewesen.

Flowers: Wahrscheinlich ließen sich große Einsparungen durch neue Industrieverfahren erzielen, etwa bei der Formung von Metallen. Wir arbeiten noch immer mit Verfahren, die sehr viel Energie verbrauchen. Man verschwendet Energie bei der Metallverarbeitung, bei den Gießverfahren, Strangpreßverfahren — überall wird mit mechanischen Methoden gearbeitet statt chemische Verfahren anzuwenden, die weit weniger energieaufwendig sind. Vielleicht haben Sie das in Deutschland ja schon getan?

Matthöfer: Wir versuchen hier, Industrieabwärme bei der Wohnungsbeheizung nützlich einzusetzen zum Beispiel durch die „Fernwärmeschiene Ruhr“. Nehmen Sie etwa eine Kokerei, wo alle vier Stunden eine riesige Menge Wärme anfällt. Mit einem großangelegten System, das große Wärmemengen „verdauen“ kann, die zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgestoßen werden, kann man Industrieabwärme für Heizungszwecke nutzbar machen.

ZEIT: Die Amerikaner könnten bis 1995 50 Prozent der heute in der Stahlindustrie benötigten Energie einsparen, wenn sie andere Produktionsmethoden anwendeten. In der Pulpe-Industrie ließe sich durch neue Technologien ebensoviel einsparen. Liegen die Vereinigten Staaten hier so weit hinter den Europäern zurück?

Carnesale: Ja. In den Vereinigten Staaten war Energie bisher billig; besonders im Vergleich zur Arbeitskraft. So war es in den Vereinigten Staaten üblich, die Lampen nachts in Bürogebäuden anzulassen, weil es teuer war, kaputte Glühlampen zu ersetzen. Wenn Glühlampen an- und ausgeschaltet werden, brennen sie schneller aus. Der nächtliche Stromverbrauch kostete weniger als der Arbeiter, der die Glühlampen austauschte. Also ließ man sie nachts brennen. In manchen Bürogebäuden gab es pro Etage nur einen Schalter zum An- oder Ausknipsen. Wenn nur einer arbeitete, wurde das ganze Stockwerk beleuchtet.

Das ist ein Beispiel für Stromverschwendung — die teuerste Energieform, die es gibt. Jetzt hat sich das Verhältnis Arbeitskraftkosten zu Energiekosten grundlegend geändert. Ich bin sicher, daß Neubauten mehr Schalter haben werden. Aber das ändert sich nicht über Nacht.

Flowers: Die Erhöhung der Ölpreise im Jahre 1973 hat die Leute gezwungen, über die Einsparung von Energie in dem bestehenden System nachzudenken. Der nächste Schritt muß sein, völlig andere Häuser zu bauen und andere Industrieverfahren zu entwerfen.

Carnesale: Die Anlaufzeit für neue Methoden beträgt mindestens ein Jahrzehnt ...

Flowers: Im übrigen sind die im allgemeinen nützlichen Umweltschutzstudien in dieser Hinsicht nicht immer hilfreich. So haben es die Umweltschützer fertiggebracht, daß der Bleigehalt des Benzins verringert wurde. Das Ergebnis ist, daß die Benzinverbrennung und damit die Energieverwertung etwa 10 Prozent niedriger liegt als vorher — weil alle die gleichen Wagentypen weiterfahren wollen, bei gleicher Geschwindigkeit, in der gleichen Weise, nur ohne das Blei. Diese Lösung ist falsch. Man hätte den Bleigehalt verringern sollen, zugleich aber eine Geschwindigkeitsbegrenzung einführen und kleinere Wagen bauen müssen, damit nicht soviel Benzin verbraucht wird.

ZEIT: Damit sind wir bei der Frage der persönlichen Lebensführung. Müssen wir unseren Lebensstil ändern? Es gibt Leute, die vorschlagen, wir sollten mit dem Fahrrad zur Arbeit fahren, Kleinautos benutzen oder öffentliche Verkehrsmittel, sollten Doppelfenster einbauen und auf riesige Glasfensterfronten verzichten, sollten kleinere Birnen in unsere Lampen schrauben. Würden solche Änderungen des Lebensstils wirklich Energie sparen helfen?

Matthöfer: Dies ist die wichtigste Art, in der man etwas bewirken kann. Will man wirklich Energie sparen, muß man seinen Lebensstil ändern.

ZEIT: Gut. Warum hat dann die Regierung ihre Bemühungen, die Geschwindigkeit auf 130 Stundenkilometer zu begrenzen, mit der Zahl der Verkehrstoten begründet, anstatt die Energieeinsparung in den Vordergrund zu stellen?

Flowers: Weil uns die Zahlen der Todesunfälle bewußt sind, die Energieproblematik aber nicht.

Svensson: Welche Einsparungen erreicht man mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 130 Kilometer?

Matthöfer: Der wirtschaftlichste Verbrauch liegt etwa bei 90 km/h. Erhöht man die Geschwindigkeit auf 140 km/h, steigt der Verbrauch etwa um 50 Prozent.

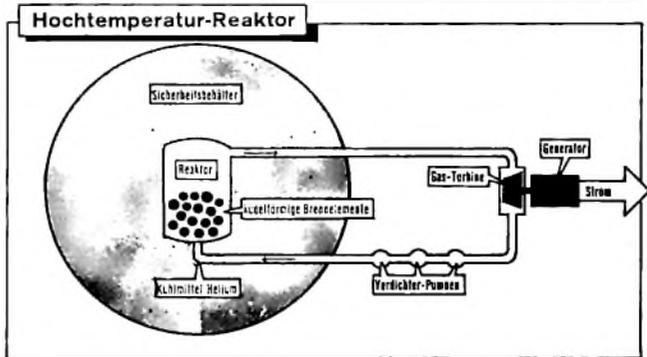
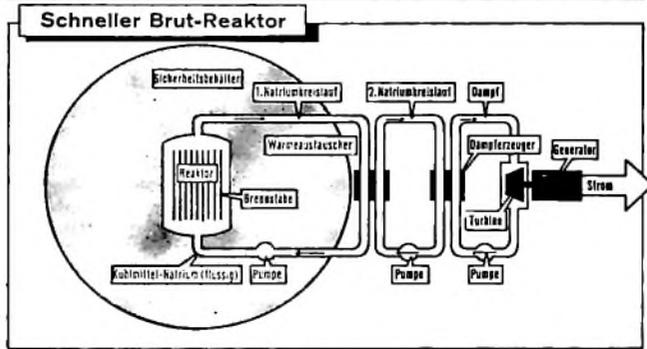
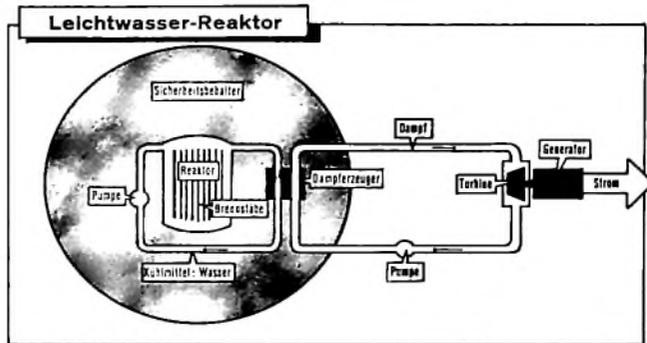
Carnesale: Die Vereinigten Staaten haben eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 55 Meilen — das sind etwa 90 Kilometer. Sie wurde unmittelbar nach der Ölkrise überall eingeführt.

ZEIT: Wie bewerkstelligt man eine Änderung des Lebensstils? Ist das eine Aufgabe der angewandten Sozialwissenschaft? Kann es die Regierung bewirken, die Presse oder die Kirche?

Dabrendorf: Die Antwort darauf ist ganz klar — eine Änderung des Lebensstils darf nicht „bewerkstelligt“, „gedeihselt“ oder von Sozialingenieuren organisiert werden. Die Herausforderungen, auf die wir reagieren müssen, sind doch alle da, sind echt. Gefahr, Umweltverschmutzung, Krankheit — dies sind die relevanten Anstöße und Zwänge, die Menschen dazu zu bringen, ihren Lebensstil zu ändern.

ZEIT: Also muß man erst einen Schock bekommen, wie 1973, der die Hirne und Herzen für die neuen Ideen empfänglich macht, dann muß man die Leute informieren und für die Sache werben?

In der Bundesrepublik betriebene oder geplante Leistungsreaktor-Typen



Der *Leichtwasserreaktor* wird mit leicht angereichertem Uran (2,6 bis 3 Prozent U 235) betrieben. Als Moderator dient normales Wasser; auch das Kühlmittel ist Wasser. In der Bundesrepublik sind zwei Typen in Betrieb, der *Druckwasserreaktor* (Kernkraftwerk Biblis), dessen Kühlkreislauf unter Druck steht, um Blasen- und Dampfbildung zu verhüten, und der *Siedewasserreaktor* (Kernkraftwerk Krümmel), der den Vorteil hat, daß der Dampf, der für die Herstellung der Elektrizität benötigt wird, nicht in einem gesonderten Dampferzeuger hergestellt werden muß, sondern direkt im Reaktorcore entsteht. Jedoch ist sein Wirkungsgrad mit 33 Prozent geringer als der des Druckreaktors (34,1 Prozent). Der *schnelle Brutreaktor* (Schneller Brüter) soll mit Plutonium 239 als Brennstoff betrieben werden. Außerdem wird er mit Uran 238 als Brutstoff versorgt. Aus ihm wird neues Plutonium erbrütet, das wiederum als Brennstoff verwendbar ist. Im Schnellen Brüter gibt es keinen Moderator. Kühlmittel ist flüssiges Natrium. Ein Prototyp dieses Reaktors wird für das Kernkraftwerk Kalkar gebaut. Wirkungsgrad 38,2 Prozent. Der *Hochtemperaturreaktor* hat von allen

Typen den größten Wirkungsgrad (40 Prozent) und garantiert damit die beste Brennstoffausnutzung. Sein Brennstoff ist hochangereichertes Uran (93 Prozent U 235), und mit Thorium 232 als Brutstoff gemischt ist. Als Moderator wird Graphit verwendet. Kühlmittel ist Heliumgas unter Druck.

Es gibt noch weitere, für die Bundesrepublik aber nicht vorgesehene Reaktortypen, etwa den in Kanada entwickelten CANDU-Reaktor, der mit Natururan als Brennstoff auskommt, weshalb hier auf die Urananreicherung verzichtet werden kann. Allerdings muß hier teures schweres Wasser als Moderator verwendet werden.

Schmitt: Selbst starke Preiserhöhungen können den Benzinverbrauch nicht wesentlich senken. Man muß bedenken, daß der Benzinpreis nur einen Teil der Gesamtkraftfahrzeugkosten ausmacht. Wenn wir für Deutschland einen Autopreis von 15 000 Mark zugrunde legen und eine Lebenszeit von fünf Jahren, so ergeben sich hieraus Fixkosten von 3000 Mark jährlich. Führt man den Wagen 10 000 Kilometer pro Jahr bei einem Verbrauch von 10 Liter pro 100 Kilometer, so macht das 1000 Liter Benzin, also etwa 1000 Mark aus. Erhöht man den Benzinpreis um 20 Prozent, so entspricht das einer Kostenerhöhung von 200 Mark. Die Autofixkosten waren 3000 Mark; Versicherung, Steuern und so weiter weitere 1000 Mark, das sind dann 4000 Mark; Benzinverbrauch weitere 1000 Mark, also 5000 Mark; die Erhöhung des Benzinpreises um 20 Prozent heißt: 200 Mark auf 5000. Selbst Menschen mit niedrigen Einkommen sind bereit, einen so beträchtlichen Anteil ihres Einkommens für ein Auto auszugeben, so daß es ihnen schließlich kaum auf weitere 200 Mark mehr ankommt.

ZEIT: Man kann also nicht isolierte Aktionen starten, sondern muß eine ganz neue Art der Lebensbetrachtung populär machen — aber wie?

Matthöfer: Man muß diese Sache in mehrfacher Weise anpacken. Man muß die öffentliche Personbeförderung ausbauen, wo es sich als erforderlich und zweckmäßig erweist, muß auch Geschwindigkeitsgrenzen einführen. Der Benzinpreis wird wohl weiter steigen, Städte werden nicht mehr nur für Autos gebaut, sondern wieder für Menschen. Und schließlich wird man feststellen, daß die Leute weniger Kilometer mit ihren Autos fahren.

Dabrendorf: Die aufrüttelnde Wahlrede ist genau die richtige Antwort. Man sollte die Gesellschaft nicht organisieren oder den Lebensstil der Menschen in diese oder jene Richtung lenken wollen. Andererseits würde ich nicht befürworten, daß man die Dinge sich selbst überläßt. Ich akzeptiere auch nicht die Vorstellung, daß eines Tages irgendein geheimnisvoller, populärer „Großkopfeter“ kommt und uns sagt, was wir zu tun haben.

Flowers: Könnten wir einmal das Thema Autos beiseite lassen und uns mit etwas anderem beschäftigen — nämlich Kunststoffen? Die Araber bauen jetzt Polyäthyl-Anlagen, um ihr eigenes Öl an Ort und Stelle weiterzuverarbeiten. Die Steigerung der in der Welt vorhandenen Polyäthylmenge bedeutet einen höheren Energieverbrauch. So werden alle möglichen Waren von den Fabriken in Plastik verpackt, was im Grunde nicht erforderlich ist, denn in den Geschäften werden sie dann doch in noch größere Plastik-Tragetaschen gesteckt. Damit man das Zeug wieder los wird, muß man noch mehr Energie erzeugen, um es einzuschmelzen. Das ist eine absolute Verrücktheit.

ZEIT: Was macht man — nimmt man Papier-tüten?

Matthöfer: In deutschen Supermärkten verlangen sie heute fünf oder zehn Pfennig pro Tüte. Dadurch ist die Nachfrage nach diesen Tragetaschen gesenkt. In dieser Beziehung glaube ich wirklich an den Markt: Steigen die Preise, verbrauchen die Leute weniger.

ZEIT: Zum nächsten Themenkreis: Nukleare Sicherheit. Wie sicher ist Kernenergie? Welche Risiken bergen der Brennstoffkreislauf und die Atomüllagerung? Wie bewerten wir die Möglichkeit von Reaktorunfällen und Sabotage?

Flowers: Ich möchte folgende kurze Zusammenfassung des sogenannten „Flowers-Berichts“ geben, des Kernenergieberichts der *Royal Commission*.

Wenn man von normalen Ablauf der Dinge ausgeht, unerlaubte Handlungen und schludrige Betriebspraktiken also wie bisher ausschließen kann, dann können wir den Thermal-Reaktoren, die gegenwärtig in der Welt gebaut werden, bescheinigen, daß sie zweifellos die strengsten Sicherheitsauflagen erfüllen. Ich wünsche, daß die gleichen Normen auch für andere Industrien gelten, wo die Risiken deutlich höher liegen. Ich schließe die Schnellen Brüher von diesem Urteil aus, aber ich hoffe, daß Ähnliches auch für die Schnellen Brüter innerhalb der nächsten fünf Jahre gelten wird.

Bei den Wiederaufbereitungsanlagen liegen die Dinge nicht so gut wie bei den Reaktoren. Es ist richtig, daß bisher noch keine schrecklichen Unfälle vorgekommen sind. Es hat jedoch zu viele kleine Vorkommnisse gegeben, die einen nicht froh werden lassen. Doch wird es möglich sein, Wiederaufbereitungsanlagen zu konstruieren — und ich glaube, in England ist dies schon der Fall —, die den Normen der Gesundheitsvorschriften entsprechen.

Man kann sich jedoch nicht nur mit den sogenannten somatischen Effekten der Strahlung befassen, den unmittelbaren Auswirkungen auf die Menschen. Es gibt auch das Problem der genetischen Schäden. Solange die somatischen Effekte begrenzt bleiben, sind die genetischen Effekte — die Auswirkungen auf zukünftige Generationen — wahrscheinlich unbedeutend, es sei denn, daß die dem direkten Strahlungsrisiko ausgesetzte Bevölkerung global gesehen stark zunimmt. Über die möglichen genetischen Risiken besitzen wir zur Zeit jedoch außerordentlich wenig quantitative Informationen.

Ein weiteres Problem liegt in der Ausbreitung der Kernenergie, besonders, wenn sie weltweit zu lascheren Normen führen sollte. Es ist schwierig, in der ganzen Welt Gesetze zu erlassen, die so strenge Sicherheitsauflagen enthalten wie in Deutschland und England.

Ich bin jedoch der Meinung, daß man mit all diesen Dingen fertig werden kann, vorausgesetzt, daß es Aufsichtsbehörden gibt, die ganz eindeutig von den Kernenergiebehörden getrennt und unabhängig sind.

ZEIT: Sind sie in der Bundesrepublik unabhängig?

Matthöfer: Sie sind es, und das ist gut. Ich habe das immer befürwortet. Die Rivalität in Bürokratien durch Trennung der Zuständigkeiten für technologische Forschung einerseits und Genehmigungsverfahren andererseits bietet ein zusätzliches Element der Sicherheit.

Flowers: Schwieriger ist das Problem des Terrorismus. Ich will es nicht übertreiben, möchte es aber doch herausstellen. Es ist gut, wenn man sagen kann, daß Länder wie Deutschland und England so sorgfältige und strenge Verfahren und Vorschriften haben, die Terroristengruppen daran hindern, Atommaterial zu stehlen — aber das ist nicht überall so.

Das Hauptproblem ist jedoch die Verbreitung von Atomwaffen durch die Ausbreitung der zivilen Nuklearenergie. Heute haben die zwischenstaatlichen Abkommen, auch der Atomsperrvertrag, einfach zu viele Schlupflöcher, als daß man es wagen könnte, eine weltweite Plutoniumwirtschaft einzuführen, in der Plutonium gekauft,

Kernkraftwerke und Gesundheitsschäden

pro 1000 Megawatt Elektrizität (MWE) pro Jahr

Phasen im Brennstoff-Zyklus	Tödliche Arbeitsunfälle	Tödliche Strahlungsschäden (z. B. Krebs)	Verletzungen (ausgefallene Arbeitstage)
Uranförderung und Erzverarbeitung	0,173	0,001	330,5
Brennstoffverarbeitung und Wiederaufbereitung	0,048	0,040	5,6
Reaktorbau	0,040	—	24,4
Reaktorbedienung und -wartung	0,037	0,117	158,0
Entsorgung	—	0,0003	—
Brennstofftransport	0,036	0,010	—
Insgesamt	0,334	0,168	518,0

Quelle: American Scientist. Mai/Juni 1976

Todesfälle insgesamt 0,502

Kohlekraftwerke und Gesundheitsschäden

pro 1000 Megawatt Elektrizität (MWE) pro Jahr

Phasen im Brennstoff-Zyklus	Tödliche Unfälle	„Ökologische“ Todesfälle	Invaliditätsfälle
Kohleförderung	0,5	10 (?)	60
Kohletransport	0,5 (?)	—	?
Kohleverbrennung (bei 2,5 % Schwefelgehalt)	—	20—200 (?)	—

Erläuterungen:

„Ökologische“ Todesfälle sind Krankheitsfälle mit langfristig tödlichem Ausgang, also etwa die „Staublung“ (Pneumoconiose) bei Grubenarbeitern und die Herz- und Lungenerkrankungen in der Bevölkerung, die durch das Einatmen von verschmutzter Luft entstehen. (In den USA werden zur Zeit über eine Milliarde Dollar pro Jahr an lungengeschädigte Bergarbeiter gezahlt.)

Fragezeichen hinter den Ziffern bedeuten, daß es noch nicht genügend Daten für genaue Angaben gibt. Unerfaßt bleibt der „Aufheizungseffekt“.

also die Kohlendioxidanreicherung der Atmosphäre, der durch die Kohleverbrennung entsteht. Unter der Annahme, daß der Verbrauch von fossilen Brennstoffen weiterhin so zunimmt wie bisher, läßt sich eine Verdoppelung der Kohlendioxidkonzentration in der Mitte des nächsten Jahrhunderts erwarten. Diese dürfte wiederum zu einem globalen Temperaturanstieg von 1,5 bis 3 Grad Celsius führen, was katastrophale Folgen für die Landwirtschaft und Wasserversorgung haben könnte.

Quelle: American Scientist. Mai/Juni 1976

verkauft, verarbeitet, wiederaufbereitet und exportiert wird.

ZEIT: Wie steht es mit den Sicherheitsvorkehrungen bei Reaktoren? Sind die Normen ausreichend, sind sie gewährleistet? Zweitens, kann im Betrieb des Kernreaktors menschliches Versagen ausgeschlossen werden, wenn man an die vielen bisherigen Betriebsunfälle denkt...?

Carnesale: Über diese Unfälle wird viel zu viel geredet. Es ist dabei nie jemand ums Leben gekommen.

ZEIT: Aber in Gundremmingen sind zwei Mechaniker gestorben.

Mattböjer: Eine ähnliche Kesselexplosion ereignete sich in Hamburg auf einer Werft, wo mehr als 20 Leute starben. Niemand kommt deshalb auf die Idee, die deutschen Schiffswerften zu schließen.

Flowers: Natürlich gab es all diese Möglichkeiten menschlichen Versagens, an die vorher niemand dachte — wie bei dem Mann, der mit der Kerze einen Reaktor lahmlegte. Jetzt geht man im Bereich der nuklearen Sicherheit vom Prinzip des Vermutens und Verhinderns (*guess and guard*) ab und geht über auf äußerst komplizierte, systematische Methoden. Jeder Punkt in einem festgelegten Verfahren wird überwacht, die Wahrscheinlichkeit von Fehlern und deren Konsequenzen wird genau erwogen. Man nennt dieses Verfahren die „Ausschlußmethode“ (*eventfree analysis*).

Es gibt nun Leute, die diese Methoden kritisieren, da man die Wahrscheinlichkeiten nicht kenne. Doch zwingt die Anwendung solcher Analysen den Konstrukteur, sorgfältig über jede Einzelheit nachzudenken, die in seiner Konstruktion passieren könnte. Bei wachsender Erfahrung mit der

Mittlere genetische Strahlenexposition des Menschen in der Bundesrepublik Deutschland 1974

(Stand: Juli 1975)

1	Natürliche Strahlenexposition durch kosmische Strahlung und terrestrische Strahlung	ca. 110 mrem/a
	durch inkorporierte radioaktive Stoffe	ca. 20 mrem/a
2	Künstliche Strahlenexposition	ca. 60 mrem/a
	durch kerntechnische Anlagen	< 1 mrem/a
	Verwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Forschung und Technik	< 2 mrem/a
	beruflich strahlenexponierte Personen (Beitrag zur mittleren Strahlenexposition des Menschen)	< 1 mrem/a
	durch Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe in der Medizin	
2.4.1	Röntgendiagnostik	ca. 50 mrem/a
2.4.2	Strahlentherapie	ca. 0,5 mrem/a
2.4.3	Nuklearmedizin	ca. 0,5 mrem/a
	Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse	0
	durch Fallout von Kernwaffenversuchen	< 8 mrem/a

Erläuterungen:

1 mrem/a = Millirem pro Jahr. „Rem“ ist das Maß für Strahlungs-dosis. Die natürliche Belastung des Menschen im Jahr beträgt etwa 150 mrem. Dazu im Vergleich die Keimdrüsen-Belastung, die bei verschiedenen einmaligen Röntgenaufnahmen auftritt (in Millirem)

	Männer	Frauen
Lungendurchleuchtung	0,25 bis 1,2	0,5 bis 6
Schädelaufnahme	0,2 bis 10	0,05 bis 10
Hüfte u. Oberschenkel	710 bis 1120	120 bis 260
Schwangerschaftsaufnahme		260 bis 660

In der Umgebung eines Kernkraftwerks (zum Beispiel Gundremmingen) tritt folgende mittlere Keimdrüsen-Belastung auf (in mrem/a): im Umkreis von 0 bis 3 Kilometer = 0,02; im Umkreis von 0 bis 20 Kilometer = 0,004.

Bis zu 25 Rem treten keine sichtbaren Schäden am Menschen auf; bei der Absorption von 400 Rem besteht eine Todeswahrscheinlichkeit von 50 Prozent.

Quelle: Bundesloga-Drucksache 7/4708

Strahlung und Erbschäden

Im Zeitalter der Atomenergie sollte nicht von Strahlentechnik gesprochen werden, ohne auf die Bedeutung hinzuweisen, die diesem Problem in einer hochtechnisierten Gesellschaft zukommt. Die Gefahr übermäßiger Strahlenbelastung und mehr noch die der chemischen Schadstoffe liegt sicher nicht nur in deren physiologischen Wirkungen. Diese erlöschen mit dem Tode des Einzelindividuums und sind Sorge des Arztes. Für den Genetiker ist das wichtigere Problem die Möglichkeit einer ständigen, unmerklichen Akkumulation von Mutationen im Erbgut der Bevölkerung.

Auch scheinbar ungeschädigte Individuen können große Mengen von rezessiven Mutationen ansammeln, die sich erst nach Generationen (bei einem Zusammentreffen gleicher oder ähnlicher Schäden in beiden Eltern) durch eine gesteigerte Häufigkeit von Miß- und Fehlgeburten sowie von Erbkrankheiten aller Art auswirken würden.

Es ist eine höchst wichtige Aufgabe heutiger genetischer Forschung, Techniken zu entwickeln, um die Effekte mutagener Agentien rechtzeitig quantitativ zu erfassen. Weiter sollte nach Möglichkeiten gesucht werden, durch umfangreiche

kontinuierliche Stichproben ein plötzliches Ansteigen menschlicher Mutationsraten zu erkennen. Bisher sind noch manche Grundfragen hierzu ungelöst. So wissen wir nur, daß die Zahl der menschlichen Gene irgendwo zwischen 10 000 und 3 Millionen liegt. Mutationsraten sind nur für sehr wenige — vielleicht gar nicht repräsentative — Gene bekannt.

Genetiker werden oft gefragt, welche Strahlendosis toleriert werden könnte. Die Antworten sind unterschiedlich und werden meist nur widerstrebend gegeben, denn es gibt auf diese Frage keine objektive Antwort: Abgesehen davon, daß das heute vorliegende Versuchsmaterial zwar eindeutig Erzeugung schädlicher Mutationen durch Strahlung beweist, aber für quantitative Angaben den Menschen betreffend noch recht unvollkommen ist, müßte für eine solche Antwort festgelegt sein, ob wir eine Steigerung von 1%, von 10%, eine Verdoppelung, Verzehnfachung oder Verhundertfachung der heute auftretenden Fehlgeburten, Mißbildungen und Erbkrankheiten für „tragbar“ halten.

Aus: Bensch/Haumann, Klassische und molekulare Genetik, 3. Aufl. Berlin u. a. 1972, S. 67/68

Anlage erhält man immer genauere Werte, die in einen kontinuierlichen Neuanschätzungsprozeß einfließen. Für mich ist dieses komplizierte Verfahren das einzige, das tatsächlich auf die Konstruktion komplexer Industrieanlagen jeder Art — nicht nur Nuklearanlagen — angewendet werden kann. Hieraus lernen wir sehr viel.

ZEIT: Sehen Sie als Physiker nicht die größte Gefahr in einer Reaktor-Explosion, einem Niederschmelzen des Kerns oder ähnlichem?

Flowers: Ja, beim Schnellen Brüter ist eines der Probleme, daß nach einem Niederschmelzen des Kerns die Restmöglichkeit einer sogenannten nuklearen Exkursion verbleibt, also einer Kernexplosion — ganz und gar nicht wie bei einer Bombe, das möchte ich betonen —, aber doch eine Explosion, die würde das Druckgefäß brechen, wesentliche Mengen an Radioaktivität freisetzt, die wiederum bei ungünstigem Wind großen Schaden anrichten kann. Dieses Restrisiko im Schnellen Brüter besteht und konnte bisher nicht mit ausreichender Gewißheit beseitigt werden.

Matthöfer: Gilt Ihre Erklärung für den Schnellen Brüter, nicht für den Leichtwasser-Reaktor?

Flowers: Beim Leichtwasser-Reaktor gibt es ein anderes Problem, das auf die Sicherheit des Druckgefäßes beschränkt ist. Entwickelt sich in dem Gefäß ein zu hoher Druck, dann kann durch Haarrisse ein katastrophaler Schaden entstehen. Selbst bei perfekter Konstruktion des Druckgefäßes, bei perfekten Materialien und bei genauerster Inspektion vor Inbetriebnahme werden diese Risse unvermeidlich größer.

ZEIT: In zehn Jahren wird es im Umkreis von 80 Kilometern westlich Hamburgs vier oder fünf Kernreaktoren geben. Wir haben hier vorherrschend westliche Winde. Würden Sie sich im Jahre 1990 in Hamburg noch wohl fühlen?

Flowers: Ich möchte die Frage nicht so persönlich beantworten. Doch würde ich Ihrem Minister abraten, den Leichtwasser-Reaktor gegenwärtig als Standard-Reaktor einzuführen.

Svensson: Ich würde in Hamburg ebenso wie in der Nähe eines anderen Kraftwerkes wohnen. Angenommen, wir akzeptieren die technischen Risikoeinschätzungen des Rasmussen-Berichts mit einem gewissen Spielraum, dann bleibt immer noch die schwierige Entscheidung, welche Risikohöhe für die Gesellschaft annehmbar ist. Da spielen viele psychologische Faktoren hinein. In Schweden gibt es eine heftige Diskussion darüber, ob es schlimmer sei, durch Radioaktivität oder auf andere Weise zu sterben.

Dahrendorf: Wissen wir etwas über die Sicherheitsnormen in östlichen Ländern?

Matthöfer: Wir wissen einiges über die Sicherheitsvorkehrungen in den östlichen Ländern. Es ist bekannt, daß dort gewisse Sicherheitsvorrichtungen, die man nach unserer Auffassung haben muß, einfach fehlen.

Flowers: Spricht man über die Gefahren in der Kernkraftindustrie, so muß man den gesamten Brennstoffkreislauf einbeziehen. Menschen sind beim Abbau des Urans gefährdet wie durch Uranerzabfälle. Der Gefahrengrad beim Reaktor selbst ist äußerst gering. Dann sind jedoch die Risiken zu bedenken, die bei der Wiederaufbereitung entstehen, nicht nur für die Arbeiter in den Anlagen, sondern auch für jene Leute, die beim Transport mit radioaktivem Material in Verbindung kommen. In England sind zum erstenmal zwei Fälle

aufgetreten, wo bei ehemaligen Plutoniumarbeitern Leukämie festgestellt wurde — eine Krankheit, die angeblich von Plutonium verursacht wird. Es ist nicht zu beweisen, ob sie nicht auch sonst an Leukämie erkrankt wären; aber ihrer Klage wurde stattgegeben und ihnen Schadenersatz zugesprochen. Außerdem erhalten Plutoniumarbeiter jetzt eine höhere Bezahlung, obwohl sie nicht größeren Risiken ausgesetzt sind, aber auch das kann man nicht beweisen. Erreichen Plutoniumarbeiter die zulässige Höchstgrenze an Plutoniumaufnahme, oder haben sie unter gewissen Bedingungen eine bestimmte Zeit mit Plutonium gearbeitet, müssen sie einer anderen Tätigkeit zugewiesen werden. In diesem Fall können sie Ersatz für entgangenes Arbeitsentgelt beanspruchen. Hier besteht ein Zustand ähnlich wie im Bergbau, wo Leute auf Grund einer Staublungelange Ansprüche geltend machen können.

Gruhl: All diese Berechnungen über die Möglichkeiten eines Unfalls schließen natürlich eines nicht ein: menschliches Versagen. Und etwas anderes ist zu bedenken, die Schnelligkeit der Entwicklung. Selten hat sich eine solche Industrie in solchem Tempo entwickelt. Alle drei Jahre etwa tritt bei der Nuklearindustrie eine Verdoppelung der Kapazitäten ein. In wenigen Jahren haben sich die kleinen Versuchsreaktoren zu großen Anlagen mit ganz anderen Druckgefäßen ausgewachsen. Der Erfahrungszeitraum ist furchtbar kurz.

Es hat auch keinen Zweck, jetzt zu vergleichen: Welche anderen Lebensrisiken gibt es in anderen Bereichen? Denn bei der Kernenergie geschieht ja im Falle eines großen Unfalles etwas, das es sonst nirgendwo gibt: daß ein ganzer Landstrich auf unbestimmte Zeit unbewohnbar wird, nicht nur für Menschen, sondern für alle Lebewesen, auch für Pflanzen. Schließlich ist es auch noch ein Unterschied, ob so etwas in der dicht besiedelten Bundesrepublik passiert oder in den Vereinigten Staaten.

Es hat einmal eine Kommission gegeben in Ihrem Ministerium, Herr Matthöfer, die vor einem Jahr forderte, die Vereinbarkeit einer größeren Anzahl von Reaktoren auf Bundesgebiet mit der militärischen Strategie zu überprüfen. Seitdem ist fast ein Jahr vergangen. Ich habe nichts wieder davon gehört, obwohl ich am 22. Januar die Bundesregierung daran erinnert habe. Wird sie erst dann überprüft, wenn 50 Reaktoren stehen und nichts mehr zu machen ist?

ZEIT: Worin sehen Sie die mögliche Unvereinbarkeit?

Gruhl: Bei einem ganz normalen Krieg mit konventionellen Waffen kann doch ein solcher Reaktor ohne weiteres kaputt geschossen und die dortige Radioaktivität freigesetzt werden — auch dann, wenn der Reaktor längst nicht mehr in Betrieb ist. Denn die neueste Erkenntnis ist ja, daß die Reaktoren erstmal auf 50 Jahre eingemauert werden, damit die Radioaktivität abklingt. Das heißt, daß wir etwa Mitte des nächsten Jahrhunderts nicht nur 100 oder mehrere 100 Reaktoren in Betrieb hätten, sondern auch noch 100 andere im Gelände stehen, die außer Betrieb sind.

Matthöfer: Herr Gruhl, wenn wirklich hier in Mitteleuropa je ein Krieg stattfinden sollte, dann wird der so ablaufen, daß es ganz und gar belanglos ist, ob hier 50 Reaktoren und in der DDR nur 20 stehen oder umgekehrt. Es ist ja nicht so, daß nur wir Reaktoren bauen. Die andere Seite

haut sie ja auch. Insofern würden dann die strategischen Nachteile sich aufheben.

Carnesale: Heute denken wir an Sabotage bei Reaktoren, an eine kleine Gruppe von Verrückten, an die Sicherheitsvorrichtungen, die Wachmannschaften. Aber bedenken Sie einmal, wie das in Kriegzeiten wäre. Da sind diese Einrichtungen überhaupt nicht geschützt. Jemand könnte sich gewaltsam den Zugang erkämpfen, eine Sprengladung anbringen und bewußt einen Unfall verursachen, der sicherlich genauso schlimm wäre wie ein zufälliger.

Flowers: Ich muß gestehen, daß ich in dieser Hinsicht recht pessimistisch bin, obgleich ich bezweifle, daß es in vorausschaubarer Zukunft große Kriege geben wird. Was ich sehe, ist eine Vielfalt von Möglichkeiten, wo man keine scharfe Trennungslinie ziehen kann; sie reicht vom Einzelgänger, der kleine Bomben in Briefkästen wirft, bis zu einer quasi-militärischen Unternehmung. Im Spektrum dieser Möglichkeiten gibt es Dinge, die sehr großen Schaden anzurichten vermögen. Das braucht kein physischer Schaden zu sein, es genügt schon die Situation, in der Herr Matthöfer in seinen Entscheidungen nuklearer Erpressung ausgeliefert ist.

Matthöfer: Es gibt nicht nur nukleare Erpressung. Ein Verrückter, der ein Virus mit einer Inkubationszeit von drei Wochen in seinem Besitz hat und sagt, er werde diesen Virus in das Hamburger Wasserversorgungsnetz praktizieren, ist genauso gefährlich.

Carnesale: Verrückte ja. Terroristen haben einen anderen Stil. Sie nutzen nicht die modernste Technik, um einen Haufen Leute umzubringen — sie wollen Aufmerksamkeit erregen. Wenn sie ohne Mord auskommen können, entführen sie lieber ein Flugzeug.

ZEIT: Wieviel Semester Physik muß man studieren, um eine Atombombe für terroristische Zwecke zusammenzubasteln?

Matthöfer: Wenn man sich zwei Semester, vielleicht nicht einmal so lange, damit beschäftigt, dann weiß man vielleicht, wie es prinzipiell geht. Aber in der Praxis gibt es da eine Fülle schwer lösbarer Detailprobleme.

Carnesale: Einige kurze Bemerkungen zu den Gesundheitsrisiken. Wir haben uns bei der Ford-Stiftung damit beschäftigt. Wenn man in eine sehr genaue Rechnung alle Zahlen einbezieht, erhält man erwartete Todeswerte (*values of death*) pro 1000 Megawattjahre. Dabei errechnet sich weder für Kernenergie noch für Kohle ein klarer Vorteil.

ZEIT: Erwartete Werte?

Matthöfer: Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls multipliziert mit dessen wahrscheinlichen Auswirkungen. Aber das sind alles rein statistische Berechnungen. Auf solche Weise trifft man keine politischen Entscheidungen. Politische Entscheidungen werden nicht auf der Grundlage von erwarteten Todeswerten gefällt; das ist alles ganz theoretisch.

Carnesale: Politik ist das Ergebnis von Konsequenzen. Wie forschen wir also? Was tun wir in Sachen Reaktorsicherheit? In den Vereinigten Staaten geben wir ungefähr 100 Millionen Dollar im Jahr für Forschung über Reaktorsicherheit aus — 90 Millionen oder mehr werden davon für den Nachweis ausgegeben, daß die bestehenden Systeme sicher sind, höchstens 10 Millionen

Dollar jedoch dafür, sie sicher zu machen. Warum tun wir das — weil wir verrückt sind? Teilweise mag das so sein. Aber wir tun es auch, weil es die Aufsichtsbehörden so verlangen. Ich nehme an, es ist in Deutschland nicht anders.

Wenn man in Deutschland einen neuen Reaktor bauen will, der ein anderes Sicherheitssystem als die bisherigen Typen hat, wird es sicherlich sehr schwer sein, den neuen Reaktor genehmigt zu bekommen. Das gleiche gilt für die Vereinigten Staaten. Man scheut sich, das Reaktorsystem sicherer zu machen, weil das bedeuten würde, etwas zu ändern. Wir müssen aber Risiken eingehen, wenn wir versuchen, die Systeme sicherer zu machen, und das geht nun einmal nicht ohne Veränderungen.

ZEIT: Welche Schlussfolgerungen ziehen Sie daraus? Sich lieber ganz aus der Kernenergie heraushalten?

Carnesale: Nein. Ich sage nur, daß wahrscheinlich die Sicherheitsfrage nicht den Ausschlag dafür geben kann, ob man mit Kernenergie weitermachen soll oder nicht. Weder die Sicherheitsfrage noch die Gesundheitsrisiken reichen als maßgebliche Gründe für ein Ja oder Nein zur Kernenergie aus.

ZEIT: Und wie steht es mit dem Umweltschutz?

Carnesale: Da liegt die Kernenergie wahrscheinlich etwas im Vorteil.

ZEIT: Können Sie das näher erklären?

Carnesale: Die Kohle ist ein schlimmerer Umweltverschmutzer — sie verunreinigt die Luft durch Schmutzteilchen, Kohlendioxyd, Schwefel, während die Kernenergie kaum eine Belastung der Umwelt darstellt.

Flowers: Noch eine Bemerkung zu Herrn Dr. Gruhl. Ich glaube nicht, daß er recht hat, wenn er fordert, beim gegenwärtigen Stand unseres Wissens Schnelle Brüter auszuschließen. Wenn auch ein Kernreaktorunfall mehrere Hunderte oder gar Tausende von Toten zur Folge hätte, darf man doch nicht vergessen, daß durch chemische Werke viel, viel schlimmere Dinge passieren können. Explodierte zum Beispiel ein transportabler Chlor-Container inmitten einer Stadt, so würden ohne Übertreibung Millionen von Menschen umkommen. Deshalb führt es zu nichts, Vergleiche zwischen einem Kernreaktorunfall und der Explosion eines Chemiewerkes aufzustellen.

ZEIT: Herr Gruhl meinte wohl, daß andere industrielle Unfälle in ihrer geographischen Ausbreitung und auch in ihrer zeitlichen Wirkung begrenzt sind, während das bei Nuklearunfällen nicht der Fall ist.

Flowers: Das ist richtig. Ein Unfall mit starkem Austritt an Radioaktivität könnte Auswirkungen auf 50 Generationen haben. Andererseits gibt es gewisse chemische Verfahren, die ebenfalls Auswirkungen haben, die über viele Generationen andauern.

Svensson: Wir haben uns die Frage gestellt, ob wir mit der Kernenergie weitermachen sollen. Wir haben uns auch gefragt, ob wir zu nachlässig bei der Überwachung der Reaktoren sind. Es gibt im Rasmussen-Bericht eine Zahl, die sich auf Flugzeuge bezieht. Danach hat sich die Sicherheit bei Flugzeugen auf Grund der technischen Entwicklung in den Jahren von 1950 bis 1970 verdoppelt; Rasmussen legte dieser Erkenntnis die Anzahl von Toten pro Personen/Kilometer zugrunde. Die technische Entwicklung hat also eine Sicherheitsverbesserung bewirkt. Ich habe

Rasmussen-Bericht: Eher trifft dich ein Blitz . . .

Vor zwanzig Jahren erschien in Washington eine wissenschaftliche Untersuchung über die Möglichkeiten und Folgen schwerer Reaktorunfälle. Sie zeichnete ein grauenhaftes Bild von den Konsequenzen eines Kernschmelzens, der größten Katastrophe, die sich überhaupt in einem Kernreaktor ereignen kann.

In der Öffentlichkeit fand diese erschreckende Untersuchung nur wenig Beachtung. Offenbar war das Vertrauen in Wissenschaft und Technik noch recht groß.

Nicht mehr so im August 1974, als die von dem Kerntechnik-Professor Norman Rasmussen geleitete Arbeitsgruppe am Massachusetts Institute of Technology ihre in 70 Mannjahren mit einem Aufwand von vier Millionen Dollar erstellte Studie zur Reaktorsicherheit in einem 2400 Seiten starken Bericht vorlegte. Obwohl er und die revidierte Fassung vom Oktober 1975 die Auswirkungen des schlimmsten Reaktorunfalls wesentlich weniger katastrophal einschätzen als alle vorausgehenden Studien, rief der Rasmussen-Bericht in der Öffentlichkeit erhebliche Unruhe hervor. Man mißtraute inzwischen der Objektivität, die bis dato für wissenschaftliche Untersuchungen als selbstverständlich erachtet worden war.

Gerade diese Studie aber, die nach der Methode des „Fehlerbaums“ angelegt war, einem Verfahren, bei dem alle denkbaren Wege für die Freisetzung radioaktiven Materials und die daraus resultierenden risikobestimmenden Sequenzen bestimmt wurden, legte alle Berechnungsgrundlagen und die verwendeten Einflußgrößen offen, bot also jede Möglichkeit der Nachprüfung, und hatte nach ihrer Erstveröffentlichung mehr als 1800 Seiten Stellungnahmen von insgesamt 87 Personen provoziert, die in der endgültigen Fassung berücksichtigt wurden.

Das Ergebnis der Untersuchung überraschte zweifach. Die Wahrscheinlichkeit für den Bruch

eines Reaktorkühlsystems, der ein Schmelzen des Reaktorcores zur Folge hat, wurde mit einmal in 20 000 Reaktorbetriebsjahren höher als je zuvor vermutet angesetzt. Hingegen ergab die Berechnung der Auswirkungen ein wesentlich günstigeres Bild, als es in der ersten Reaktor-Katastrophen-Studie entworfen worden war. Katastrophale Auswirkungen sind nach dem Rasmussen-Bericht im Mittel einmal in einer Milliarde Reaktor-Betriebsjahren zu erwarten. Bei diesem schwersten aller Unfälle muß mit 3300 Toten, 45 000 Kranken und 14 Milliarden Dollar Sachschäden gerechnet werden. Freilich ist die Anzahl der sofort Sterbenden um den Faktor Drei zu erhöhen, wenn die Evakuierungsmaßnahmen, die für solche Fälle vorgesehen sind, nicht durchgeführt werden können.

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Mensch wegen eines Reaktorunfalls vorzeitig stirbt, ist mit einem Fünfmilliardstel um den Faktor 1,25 Millionen kleiner als die Wahrscheinlichkeit, bei einem Verkehrsunfall ums Leben zu kommen. Selbst der Tod durch einen Blitzschlag ist — so der Rasmussen-Bericht — 2500mal wahrscheinlicher als der Verlust des Lebens durch einen Reaktorunfall.

Der nukleare Unfall dürfte selbst bei einer hohen Kernkraftwerkdichte ein überaus seltenes Ereignis sein. Daß mehr als 100 Personen dabei ihr Leben verlieren, kommt — nach Rasmussen — bei 100 Anlagen einmal in hunderttausend Jahren vor (beim Flugzeugabsturz einmal in zwei Jahren).

Dies alles berührt freilich nicht die Fragen, die der Rasmussen-Report schlicht ausklammert: Wie gefährlich für die Gesundheit sind die strahlenden Abfälle aus den nuklearen Kraftwerken, wie gefährlich können Terroranschläge auf solche Anlagen sein, und wie wird es unseren Nachkommen ergehen, wenn Schnelle Brüter die Umwelt mit stets wachsenden Mengen des langlebigen hochgiftigen Plutoniums belasten? v. R.

keinen Anlaß zu der Annahme, daß dieselbe Entwicklung nicht auch bei der Kernenergie stattfinden wird.

Carnesale: Dies war aber nur möglich, weil wir gerade aus Flugzeugunglücken gelernt haben, wie die Sicherheit zu verbessern sei.

Svensson: Ich habe hier einen zusammenfassenden Bericht von einer internationalen Konferenz der Schwedischen Akademie der Wissenschaften. Lassen Sie mich einige der Ergebnisse zitieren, zu denen die Genetiker gelangten: „Auf Grundlage einer indirekten, aber bisher noch nicht bewiesenen Hypothese wird die Mehrzahl der durch Krebs herbeigeführten Todesfälle in städtischen Gebieten von Schadstoffen verursacht, die aus der Oxydationsenergie-Erzeugung stammen. Das Risiko pro erzeugter Energiemengeeinheit kann errechnet werden. Nach dieser Schätzung ist das Risiko für derartige Krebsfälle um mindestens zwei Größenordnungen höher als das

voraussichtliche Todesrisiko durch Krebs auf Grund der Erzeugung der gleichen Kernenergiemenge.“

Flowers: Ich möchte dazu nur kurz bemerken, daß man zu diesem Punkt jede Auskunft erhalten kann, die man sucht. Das ganze Thema ist sehr schwierig. Wenn man bei Kohlekraftwerken auf die Wirbelschichtfeuerung übergeht, dann kann man dabei sowohl den fossilen Brennstoff wie auch seine Schadstoffe, ausgenommen Kohlendioxid, bei sehr hohen Temperaturen verbrennen.

Svensson: Ich habe noch eine Frage zu den genetischen Folgen der Strahlung. Es wurde gesagt, daß dies eine besondere Dimension in die Problematik der Kernenergie hineingebracht hat. In Japan sind Untersuchungen über die genetischen Folgen der Atombombenexplosionen von Hiroshima und Nagasaki angestellt worden. Es scheint aber schwierig zu sein, eine Zunahme der genetischen Krankheiten festzustellen.

Flowers: Die Schwierigkeit ist: Man muß Untersuchungen über zwei Generationen anstellen.

Svensson: Sicherlich gibt es Folgen, aber es ist falsch zu sagen, daß dadurch eine besondere Dimension entsteht.

Flowers: Das habe ich auch nicht gesagt.

Beckurts: Mir ist bekannt, daß es bei sehr geringen Dosen neue Indikationen für genetische Schweleneffekte gibt und daß außerdem Wiederherstellungsmechanismen bestehen.

Flowers: Es gibt unter bestimmten Umständen gewisse Wiederherstellungsmechanismen, die aber auch angezweifelt werden, beispielsweise über Kinder, die an bestimmten Nasenkrankheiten leiden, weil sie in einer Umgebung aufgewachsen sind, in der aus natürlichen Gründen die Strahlung sehr hoch ist. Die vorgelegten Beweise sind nicht sehr überzeugend. Es gibt keine brauchbaren Beweise für ernste genetische Effekte, vorausgesetzt, die somatischen Effekte waren zum Zeitpunkt des Unfalles gering. Das hängt auch von der Zahl der Menschen ab, die dem Risiko ausgesetzt sind.

ZEIT: Welche Untersuchungen hat die Bundesregierung im Hinblick auf Reaktorsicherheit und Gesundheitsrisiken anstellen lassen? Worauf stützen Sie Ihre Politik?

Matthöfer: Die Entwicklung der Kernenergie war von einer großen Zahl von Sicherheitsanalysen begleitet. Die Bundesregierung hat darüber hinaus vor einem Jahr eine umfassende Studie, die Birkhofer-Studie, in Auftrag gegeben, um entsprechende Daten zu bekommen. Wir wollten nicht einfach die Ergebnisse des amerikanischen Rasmussen-Reports mechanisch übernehmen. Nach allem, was ich weiß, bin ich der Meinung, daß die Risiken der Kernenergie mit anderen Risiken vergleichbar sind, denen wir durch die Kohle zum Beispiel und deren Umweltverschmutzung ausgesetzt sind. Ich empfehle wirklich eindringlich, eines der vielen Bücher zu lesen, die sich mit Fragen der Umweltschädigung befassen.

Meine Strategie ist, als einzelner Politiker soviel Energieeinsparung wie möglich durchzusetzen, alternative Energiequellen zu entwickeln, die Energiegewinnung aus Sonnenwärme, Erdwärme und Wind zu studieren. Auch wenn dies nicht viel bringen mag, so muß man doch alle Quellen ausschöpfen und das unvermeidbare Risiko der Kernenergienutzung so gering wie möglich halten. Das ist der Rahmen unserer Energiepolitik.

Außerdem glaube ich, daß man gleichzeitig ein Strategie des allmählichen Übergangs auf

eine Art qualitativen Wachstums verfolgen muß, in dessen Rahmen weniger Energie und weniger Rohstoffe verbraucht werden und die Verschmutzung der Umwelt verringert wird. Und dies alles in demokratischer Weise.

ZEIT: Eine weitere Frage an den Minister: Was veranlaßt Sie zu der Erwartung, daß das Problem der Atommüllbehandlung innerhalb eines angemessenen Zeitraumes lösbar ist?

Matthöfer: Es gibt Wiederaufbereitungsanlagen in den Vereinigten Staaten, in Großbritannien und in Frankreich, wo gerade im April eine sehr große Anlage in Betrieb genommen wurde, und wir haben unsere eigene kleine Anlage in Karlsruhe. Auf Grund der Erfahrungen, die in diesen Anlagen gesammelt wurden, weiß ich, daß dieses Problem lösbar ist.

ZEIT: Und wie steht es mit der Atommüllbeseitigung?

Matthöfer: Ich glaube, die Verfestigung des radioaktiven Abfalls und seine Lagerung einen Kilometer unter der Erdoberfläche in Salzstöcken, die nachträglich verschlossen werden und die sich in einem Gebiet befinden, das schon 100 Millionen oder vielleicht gar 200 Millionen Jahre geologisch stabil ist, ist eine zuverlässige Methode. Dieses spezifische Problem, von dem jeder denkt, es sei ungelöst, ist auf diese Weise gelöst.

Dagegen macht mir das Plutonium Sorge. Wir haben in einer großen Wiederaufbereitungsanlage eine Aufarbeitungskapazität von 20 Tonnen Plutonium, das entspricht mindestens 1000 Bomben des Hiroshima-Typs. Das ist wirklich ein Problem, das mir Sorge macht — nicht die Endlagerung des Atommülls.

ZEIT: Stimmen Sie damit überein, Sir Brian?

Flowers: Nein, nach meiner Meinung ist das Problem der langfristigen Atommüllbeseitigung noch nicht ausreichend gelöst. Ich glaube aber, es wird sich als lösbar herausstellen. Ich nehme an, die Wiederaufbereitungsverfahren selbst sind in Ordnung. Die Verfahren, hochradioaktiven Abfall zu verfestigen und in Glasblöcke einzuschließen, werden wahrscheinlich ebenfalls in Ordnung gehen, aber es muß noch sehr viel mehr getan werden, um sicherzustellen, daß diese Glasblöcke eine ausreichend lange Zeit überdauern können.

Es gibt da viele gute Ideen, wahrscheinlich werden sie sich auch realisieren lassen, aber bisher sind sie noch nicht zur Zufriedenheit der relevanten Wissenschaften bewiesen worden — der Geologen, Hydrologen und anderer, die letztlich die einzigen sind, die beurteilen können, ob ausreichende Sicherheit gewährleistet ist.

Von 1956 bis 1976 hat die Bundesrepublik rund 16,5 Milliarden Mark für die Kernforschung ausgegeben; davon stellten die Länder etwa 3,3 Milliarden (= 19,6 Prozent), der Bund den Rest zur Verfügung. Im einzelnen wurden aufgewendet (in Millionen Mark):

Grundlagenforschung	7 567	(45,2 %)
Kernteknische Entwicklung	6 133	(36,7 %)
Sicherheit und Strahlenschutz	579	(3,5 %)

Internationale Organisationen, Sonstiges 2 438 (14,6 %)
Quelle: Bundesforschungsministerium

Die Aufwendungen betragen:
1974 rund 799 Millionen Mark
1975 rund 928 Millionen Mark
1976 rund 954 Millionen Mark

Quelle: Bundestagedruckache 7/6682

Kernkraftwerke der Welt

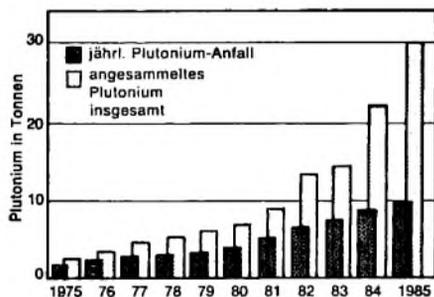
(Stand Mitte 1976)

Land	In Betrieb Anzahl	Leistung in Megawatt
Argentinien	1	319
Belgien	4	1660
Bulgarien	2	840
Bundesrepublik Deutschland	11	4140
DDR	3	920
Frankreich	10	2881
Großbritannien	14	5381
Indien	3	580
Italien	3	607
Japan	13	6356
Kanada	8	3136
Niederlande	2	500
Pakistan	1	137
Schweden	5	3180
Schweiz	3	1006
Sowjetunion	22	5493
Spanien	3	1073
Tschechoslowakei	1	110
USA	59	40 756
Gesamt	168	79 075

In dieser Tabelle werden Kernkraftblöcke auch dann als ein Werk gezählt, wenn sie mehr als einen Reaktor haben.

Quelle: atomwirtschaft Sept./Okt. 1978

Reaktor-„Abfall“



Bei den meisten Nutz-Reaktoren fällt als Nebenprodukt Plutonium an, ein hochgiftiges, lange strahlendes und chemisch aggressives Element, das in besonderen Anlagen aus den Brennstäben entfernt werden müßte (Wiederaufbereitung). Es ist ein Gemisch von verschiedenen Plutonium-Sorten (Isotopen). Um daraus eine Bombe zu bauen, müßte das Gemisch in einem besonderen Reaktor getrennt werden; denn für die Bombe taugt nur das Isotop Pu 239.

Die ASA (*American Standards Association*) und andere Organisationen, die sich hierüber Gedanken machen — nicht nur über den schwach- und mittelfradioaktiven Müll, sondern auch über hochradioaktiven Müll — sind auf dem richtigen Weg; aber die bisherigen Arbeitsergebnisse befriedigen mich noch nicht. Es ist schwierig zu entscheiden, ob man Plutonium und die anderen hochradioaktiven Wirkstoffe mit zu den Spaltproduktabfällen zählen soll oder nicht. Meine gegenwärtige Meinung zu dieser Frage ist: Es muß sichergestellt werden, daß man das Plutonium wieder loswerden kann. Diese sehr langlebigen hochradioaktiven Produkte erfordern eine sichere Lagerung über Hunderttausende von Jahren — nicht nur für Hunderte, sondern gerade im Fall von Plutonium wirklich für Hunderttausende von Jahren.

Ich bin der Meinung, man darf sich nicht von der Kernenergie abhängig machen, ehe ausreichende Beweise erbracht worden sind und die Zustimmung der relevanten Wissenschaften gefunden wurde, daß die Atommüllverwertung wirklich sicher ist. Hätte es in Deutschland und England eine richtige Debatte gegeben, so wäre alles klargeworden, daß die für das wichtigste Problem — die langfristige Lagerung von Atommüll — aufgewandten Mühen und Gelder unbedeutend gewesen sind im Vergleich zu dem, was wir in die Entwicklung von Reaktoren und Wiederaufbereitungsanlagen gesteckt haben.

ZEIT: Wie sehen Sie die Gesundheits- und Sicherheitsfragen?

Flowers: Es ist sehr schwierig, Gesundheits- und Sicherheitsprobleme, beispielsweise der Kohle oder des Öls, mit denen des Nuklearbereichs zu vergleichen. Meines Wissens hat das bisher noch niemand gründlich getan. Eine solche Untersuchung müßte den ganzen Kreislauf berücksichtigen — vom Abbau bis zum Abbrennen. Man dürfte sich nicht nur auf Reaktoren oder Kraftwerke beschränken.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Untersuchung von Risiken ist, daß wir Vergleiche mit einem Industriezweig ziehen, für den es eine enorme Menge an einschlägigen Informationen gibt. Anders liegt die Sache bei einem neuen Industriezweig, der zwar sehr sorgfältig entwickelt worden ist, für den man aber keine Daten über Gesundheits- und Sicherheitsaspekte hat.

Carnesale: In den Erklärungen von Minister Matthöfer wurde die unterschiedliche Politik deutlich, welche die Vereinigten Staaten und die Bundesrepublik in Sachen Atommüllbeseitigung verfolgen. Als er von Atommüll sprach, verband er das mit Wiederaufbereitung. Offenbar sind die deutsche Industrie und auch die Bundesregierung zu dem Schluß gekommen, daß man mit der Wiederaufbereitung schon gute Fortschritte bei der Lösung des Problems der Atommüllbeseitigung gemacht hat.

Flowers: Ein wichtiger Standpunkt, aber nur eine Möglichkeit.

Carnesale: Richtig. Das ist die Ansicht der Deutschen. Ich weiß jedoch von einer eingehenden Studie einer amerikanischen Behörde, die sich mit der Frage des Plutonium-Recycling befaßt und die darin keinerlei Vorteile sieht.

ZEIT: Soll in Amerika die Wiederaufbereitung keine Rolle bei der Atommüllbeseitigung spielen?

Carnesale: Wie ich schon sagte, gibt es in den Vereinigten Staaten keine Anzeichen dafür, daß eine Entscheidung für oder gegen bevorsteht.

ZEIT: Noch einmal zur Frage der Sicherheit der Atommüllbeseitigung. Unter den Wissenschaftlern gibt es eine Vielzahl von alternativen Strategien und keine einheitliche Meinung bezüglich der Sicherheitsfrage.

Beckurts: Ich stimme damit nicht überein. In dieser Sache gibt es in Deutschland eine klare Übereinstimmung unter den Wissenschaftlern: daß nämlich die Endlagerung der Brennelemente aus Leichtwasser-Reaktoren in einem nichtaufbereiteten Zustand keine annehmbare Lösung ist. Die Zwischenlagerung in Wassertanks ist eine zuverlässige vorläufige Lösung, die jedoch nicht zu lange dauern darf.

ZEIT: Wie lange?

Beckurts: Etwa zwanzig Jahre. Die langfristige Zielansetzung ist, die radioaktiven Abfälle durch Wiederaufbereitung in eine für die endgültige Lagerung geeignete Form zu bringen. Wir haben Erfahrungen mit der Verglasung radioaktiver Spaltprodukte gesammelt. Und wir können uns auf die Erfahrung anderer Länder verlassen, mit denen wir im Rahmen der Firma *United Reprocessors Company* zusammenarbeiten. Wir haben auch Erfahrungen in der Endlagerung im Salzbergwerk Asse. Wir haben zwar diese Dinge bisher noch nicht im großen Stil durchgeführt, wir werden aber unsere in Asse gewonnenen Erfahrungen in den neu erschlossenen Salzstöcken erweitern.

ZEIT: Und wenn das von einer Bürgeraktionsgruppe verhindert wird?

Beckurts: Ich bin sicher, die Bürger werden die Wichtigkeit der Endlagerung des radioaktiven Materials zum Nutzen unseres Landes und zum Schutze seiner Umwelt erkennen.

ZEIT: Professor Beckurts, wir haben jetzt elf Reaktoren?

Beckurts: Es sind zwölf Reaktoren.

ZEIT: Und 1985 werden wir wie viele haben?

Beckurts: Ungefähr 25. Die effektiv installierte Megawattzahl wird, realistisch betrachtet, bis dahin bei 32 000 Megawatt liegen, nicht, wie der ursprüngliche Plan vorsah, bei 45 000 Megawatt.

ZEIT: Wieviel Tonnen Abfall werden diese 25 Reaktoren 1985 produzieren?

Beckurts: Es wird jährlich etwa 500 Tonnen aufzubereitender Brennelemente geben — rund 20 Tonnen pro Reaktor und Jahr.

ZEIT: Der Raum, in dem wir tagen, mißt etwa 12×5×4 Meter, er würde rund 250 Tonnen fassen. Könnte man in diesem Raum den Abfall eines halben Jahres unterbringen?

Beckurts: Wir würden das nicht in dieser Form machen. Der Abfall würde zunächst in Wasserbehältern lagern, die größer sind als dieser Raum. Es ist aber wichtig zu wissen, daß das Volumen des eigentlichen hochradioaktiven Abfalls sehr klein ist. Der Anteil des hochradioaktiven Abfalls aus diesen 500 Tonnen liegt bei etwa 20 Kubikmetern, in verglaster Form.

ZEIT: Würden Sie ein Wochenendhaus auf diesem Salzstock bauen?

Beckurts: An sich ja. Doch in der Praxis wäre es nicht möglich, denn die Salzmine würde zum eingezäunten Gesamtbereich der Wiederaufbereitungsanlage gehören; die Wiederaufbereitungsanlage soll beim Endlager gebaut werden.

Flowers: Das eigentliche Problem ist doch: Werden die so gelagerten Abfälle über die Jahrhunderte hinweg nicht durch eindringendes Wasser ausgelaugt, gelangt die Radioaktivität nicht in unterirdische Wasseradern, die wir für unsere Versorgung brauchen?

ZEIT: Sie teilen also nicht die Ängste der Menschen, die in der Nähe des Salzbergwerkes wohnen?

Flowers: Nein.

ZEIT: Sie haben Angst um die Nachwelt?

Flowers: Richtig.

Beckurts: Glas ist ein äußerst stabiles Material, es hat sich über Hunderttausende von Jahren als beständig erwiesen!

Flowers: Glas mit radioaktivem Abfall hat man noch nicht getestet.

Beckurts: Doch, man hat. Es gibt auch die Möglichkeit „zeitraffender Tests“. Außerdem: Salzstöcke bestehen, weil es in ihnen kein Wasser gibt. Schließlich haben Studien von Professor Cohen aus Pittsburg gezeigt: Selbst wenn Wasser eindringt und die Abfallstoffe auslaugt, wäre die Bewegung des Wassers so extrem langsam, daß es zumindest Jahrhunderte brauchte, um das Material irgendwo an die Erdoberfläche zu bringen.

Flowers: Aber es handelt sich um heißes Material, das ändert die Sache — heiß im Sinne von hoher Temperatur. Auch mich beeindruckt ja die Lagermöglichkeit in Salzstöcken. Ich sage nur, bisher ist die Sicherheit dieser Lagerungsart noch nicht zur Zufriedenheit der relevanten Wissenschaften bewiesen. Man sollte nicht in großem Stil damit weitermachen und sich für die Zukunft darauf verlassen.

Beckurts: Darum werden wir auch im Salzbergwerk Asse die Versuche fortführen.

Flowers: Richtig. Ich glaube, Sie sind auf genau dem richtigen Weg. Ich meine nur, Sie sind noch nicht weit genug, um sagen zu können, wir wollen uns in massiver Form auf Kernenergie verlassen.

ZEIT: Sollen wir aus den von Ihnen genannten Gründen langsamer vorgehen oder uns für ein Kernenergie-Moratorium entscheiden?

Flowers: Nein, kein Moratorium — das wäre das Schlimmste, denn dann würden die Arbeiten nicht fortgeführt. Wir müssen im Gegenteil viel arbeiten.

Dahrendorf: Könnte Sir Brian etwas über die in seinem Bericht dargelegten und für England behandelten Konsequenzen darlegen?

Flowers: Der Minister für Umweltschutz, Peter Shore, hat jetzt entschieden, daß die Windscale-Wiederaufbereitungsanlage vorläufig nicht erweitert werden soll. In Windscale werden nicht nur unsere eigenen, sondern auch ausländische Abfälle aufbereitet. Diese Angelegenheit mußte auf nationaler Ebene entschieden werden und konnte nicht lokalen Interessen überlassen werden. Es scheint im übrigen, daß die *Atomic Energy Authority* unserer Feststellung zustimmt, daß wir bisher den langfristigen Problemen der Atommüllbeseitigung weitaus zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet haben.

ZEIT: Sie haben in Ihrem Bericht eine Anzahl anderer Möglichkeiten der Müllentsorgung besprochen. Eine davon war, Atommüll in den Weltraum zu schießen.

Flowers: Das kann man vergessen.

Beckurts: Genau das wollte ich gerade sagen. Keiner der deutschen Sachverständigen betrachtet

das als eine Möglichkeit; die Verbringung von Atommüll in den Weltraum ist Unsinn.

Flowers: Im wesentlichen gibt es nur zwei durchführbare Methoden. Erstens: das Vergraben des Materials im Meeresboden in geologisch stabilen Gebieten — nicht aber die Lagerung auf dem Meeresboden; im Zusammenhang damit gibt es jedoch gegenwärtig verschiedene internationale Rechtsprobleme. Zweitens: Die Einlagerung in tiefen, geologisch stabilen Formationen: in Granit oder in Salzstöcken.

Carnesale: In der letzten Zeit hat sich die Öffentlichkeit vor allem mit drei Dingen beschäftigt — Atommüllbeseitigung, Atomwaffenverbreitung, Umweltschutz. In Amerika haben wir eine Atomenergiebehörde, deren Aufgabe es ist, die Entwicklung der Kernenergie voranzutreiben, aber auch alle damit zusammenhängenden Dinge zu regulieren. In der Vergangenheit ist das Regulieren vernachlässigt worden. So findet man in den Erklärungen der *Atomic Energy Commission* bis zum Jahre 1974, in dem sie aufgelöst wurde, keinerlei Hinweise darüber, daß ein Zusammenhang zwischen Kernwaffen und Kernenergie besteht: daß die Beseitigung von Atommüll Probleme macht: daß Reaktoren irgendwie unsicher sein könnten. Diese Probleme waren den Wissenschaftlern nicht neu, aber über deren politische Bedeutung und ihre Bedeutung für die Öffentlichkeit waren sich die Wissenschaftler nicht im klaren.

ZEIT: Sir Brian, Sie haben gesagt, man solle jetzt nicht aufhören, aber man dürfe sich nicht in eine Lage bringen, wo man nicht mehr aufhören kann. Ihr Argument wirft natürlich die Frage auf, wo liegt die Grenze? Wo wird der Prozeß unumkehrbar? Wie weit würden Sie gehen und sich dabei noch sicher fühlen?

Flowers: Ich weiß es nicht. Ich glaube, wir haben jetzt eine solche Schwelle erreicht. Nicht aufhören, sondern nachdenken. Mit aufhören will ich keinesfalls sagen, daß man die Kraftwerke schließen sollte. Ich stelle damit nur fest, daß man sich viel mehr mit den Problemen der Müllbeseitigung und den Konsequenzen der Kernenergie beschäftigen muß, als das in der Vergangenheit der Fall war, und ehe man den nächsten Sprung nach vorn macht.

ZEIT: Und der nächste große Sprung vorwärts, nur um das klarzustellen, ist nicht nur ein technischer Sprung vom Leichtwasser-Reaktor zum Schnellen Brüter, sondern vor allem ein quantitativer Sprung.

Flowers: Ein quantitativer Sprung, in dem die Wiederaufbereitung eine entscheidende Rolle spielt, ebenso wie die Fortentwicklung des Schnellen Brüters, denn beide diese Verfahren stellen einen sehr großen Schritt dar.

Beckurts: Ich sehe wirklich keinen Grund, daß Deutschland in der Fortführung seines Nuklearprogramms innehalten sollte. Wir befinden uns in der glücklichen Lage, daß unsere Bestände an radioaktiven Abfällen zur Zeit viel geringer sind als die vieler anderer Länder, denn wir hatten kein militärisches Nuklear-Programm, und die zivilen Programme sind bei uns noch recht jung. Mit den Salzstöcken besitzen wir eine einzigartige Lösung für die Lagerung. Was die Abfallverfestigung betrifft, so verfügen wir über brauchbare technische Grundelemente. Ich glaube deshalb, daß wir weitermachen können. Ich bin aber auch der Meinung, daß wir äußerst sorgfältig in etwa zehn bis zwanzig Jahren den nächsten Schritt überdenken müssen. Dabei ist zu bemerken, daß

Abstimmungen über Kernkraft

In den Vereinigten Staaten haben im letzten Jahr sieben Volksabstimmungen über den Bau von Atomkraftwerken stattgefunden. In keinem der sieben Bundesstaaten konnten sich die Kernkraftgegner durchsetzen.

Kalifornien eröffnete im Juni 1976 den Reigen. In der „Proposition 13“ ging es nicht um ein einfaches „Für oder Wider Atomstrom“, sondern um ein engermaschiges Netz von Sicherheitsbestimmungen, die lückenlose Entsorgung und die Aufhebung jeglicher Entschädigungsgrenze bei Nuklearunfällen (sie liegt zur Zeit bei 560 Millionen Dollar). Möglicherweise hätten diese Auflagen zur totalen Stilllegung aller kalifornischen Kernkraftwerke geführt.

Die Bürger Kaliforniens verworfen „Proposition 13“ mit einer Mehrheit von 2 zu 1 — nicht zuletzt, weil der aufgeschreckte Gesetzgeber bereits gehandelt hatte. Fünf Tage vor dem Referendum verabschiedete das Parlament in Sacramento eine Reihe von Gesetzen, die — obwohl weniger streng formuliert — dem Referendum seine Dringlichkeit nahmen. Vor allem wird nun jegliche Genehmigung zum Reaktorneubau von der Existenz einer zuverlässigen Wiederaufbereitungs- und Entsorgungstechnologie abhängig gemacht. Die Entscheidung darüber trifft das Staatsparlament.

Ähnliche Bürgerinitiativen wurden im November in den Staaten Ohio, Montana, Colorado, Washington, Oregon und Arizona mit etwa gleichen Stimmenverhältnissen verworfen. Laut jüngsten Meinungsumfragen befürworten 61 Prozent aller Amerikaner den Bau von weiteren Atomkraftwerken, während 22 Prozent ihn ablehnten. Die Volksabstimmung hat sich im letzten Jahr also nur geringfügig verändert: Im Jahre 1975 stand das Verhältnis 63 zu 19 Prozent. Dennoch werden in fast allen US-Bundesstaaten Anti-Atom-Referenden vorbereitet. In den USA gibt es heute 50 Kernkraftwerke; Präsident Ford hat bis 1985 den Bau von 200 weiteren vorgeschlagen.

die Entscheidung über den Großeinsatz Schneller Brüter vorerst noch nicht ansteht.

ZEIT: Frage an Sir Brian: Sollten wir uns auf einen Typ konzentrieren oder mit der ganzen Vielfalt — Schneller Brüter, Hochtemperatur-Reaktor, Fusion — weiter experimentieren?

Flowers: Wir müssen uns mit der Energieversorgung der Welt insgesamt befassen. Ich bin sehr dafür, daß andere Länder andere Wege untersuchen, finde aber, daß wir in einem gewissen Ausmaße unnötige Konkurrenz treiben und zu schnell vorangehen. In Deutschland und vielleicht auch in England versuchen Firmen, einander mit der gleichzeitigen Entwicklung von drei verschiedenen Schnellen Brütern Konkurrenz zu machen; die Deutschen entwickeln einen Hochtemperatur-Reaktor, ebenso die Vereinigten Staaten. Ich bin für Vielfalt, aber nicht in einer Form, in der man

Wer exportiert wohin?

Auf der ganzen Welt — China ausgenommen — sind nach dem Stand von Mitte 1976 168 Kernreaktoren in Betrieb, 195 Kernreaktoren im Bau und 152 Kernreaktoren bestellt. Das sind: 515 Anlagen an 387 Standorten in 34 Ländern.

Die Ostblockstaaten werden bisher ausschließlich von der Sowjetunion beliefert, die außerhalb des Ostblocks nur zwei Anlagen in Finnland baut.

Auf dem Exportmarkt von Kernkraftwerken wurden bisher 64 Anlagen gebaut oder bestellt.

Mit 35 Reaktoren stehen dabei die USA an der Spitze; die Bundesrepublik hat zehn, Frankreich neun, Kanada acht und Schweden zwei Exportaufträge ausgeführt oder erhalten.

Im folgenden die wichtigsten Exportländer:

Bundesrepublik	in Betrieb	in Bau	bestellt
Argentinien	1	—	—
Brasilien	—	2	—
Iran	—	2	—
Luxemburg	—	—	1
Niederlande	1	—	—
Osterreich	—	1	—
Schweiz	—	1	—
Spanien	—	—	1

Kanada	in Betrieb	in Bau	bestellt
Bangladesch	—	—	1
Belgien	3	2	1
Südafrika	—	—	2

Frankreich	in Betrieb	in Bau	bestellt
Argentinien	—	—	1
Indien	1	3	1
Pakistan	1	—	—

USA	in Betrieb	in Bau	bestellt
Belgien	1	—	—
Brasilien	—	1	—
Indien	2	—	—
Italien	3	—	—
Japan	3	2	—
Jugoslawien	—	1	—
Korea	—	1	1
Mexiko	—	2	—
Niederlande	1	—	—
Philippinen	—	—	1
Spanien	2	7	3
Taiwan	—	3	1

Politik statt Kommerz

Selbst für Eingeweihte kam die Mitteilung überraschend: Frankreich will sich beim Export von Kernkraftwerken Selbstbeschränkung auferlegen. Entgegen der bisherigen Bereitschaft wollen die Franzosen bis auf weiteres keine Aufbereitungsanlagen für bereits genutzte Brennelemente mehr ans Ausland verkaufen. Die offizielle Begründung: „Getreu seiner friedlichen und humanitären Tradition will Frankreich nicht zu der schrecklichen Bedrohung beitragen, die eine Ausbreitung der Atomwaffen darstellt.“ Dies ist eine klare Abkehr von der bisherigen Praxis, die Industrie um jeden Preis beim Export ihrer Technologie zu stützen, auch wenn die Gefahr einer militärischen Nutzung nicht auszuschließen ist.

Vor ein paar Monaten gab Staatspräsident Giscard zu erkennen, daß ihm die unkontrollierten Atomgeschäfte ein Dorn im Auge sind. Im Sommer gründete er einen interministeriellen Ausschuß für auswärtige Nuklearpolitik, um den Export von Reaktoren und damit zusammenhängender Anlagen zu „moralisieren“. Giscard möchte die Lieferung militärisch nutzbarer Technologie (Wiederaufbereitungsanlagen) von einer Entscheidung auf höchster Ebene abhängig machen. Das

Pariser Veto ist damit eine Selbstbeschränkung, die an die Stelle rein kommerzieller Argumente politische Überlegungen setzt.

Frankreich wehrt sich gegen die Behauptung von Kritikern im eigenen Land, es sei lediglich amerikanischem Druck gewichen. Immerhin wird in Regierungskreisen aber zugegeben, es handle sich um eine „Konvergenz der Analysen“. Rein technisch ist völlig klar, daß Pakistan eine Aufbereitungsanlage vorerst auch nicht annähernd auslasten kann. Von Premierminister Ali Bhutto ist zudem bekannt, daß er, wie seine indischen Nachbarn, gern über die Bombe verfügen möchte.

Unklar ist zur Stunde noch, was aus den bereits unterzeichneten Verträgen wird. Das Geschäft mit Südkorea wurde stillschweigend annulliert, wobei nicht klar ist, ob der Verzicht von Korea oder von Frankreich ausging. Am liebsten wäre Paris, Pakistan würde aus eigenen Stücken auf die versprochene Aufbereitungsanlage verzichten. Im übrigen schaut Frankreich jetzt gespannt nach Bonn. An der Seine erwartet man, daß auch die Deutschen den brisanten Teil ihres Brasiliengeschäfts abgeben. K.-P. S.

die Entwicklung unnötig schnell vorantreibt, ohne andere Probleme genügend abzuwägen.

ZEIT: Könnte es eine Art internationaler Arbeitsteilung geben — England konzentriert sich auf den einen Typ, wir auf den anderen?

Flowers: Nein. Der Ärger mit dem Wettbewerb bei so vielen unterschiedlichen Reaktortypen ist, daß man nun schon so lange Zeit zuviel Geld in sie gesteckt hat.

ZEIT: In keinem anderen Industrie­land ist der Druck, die Kernenergie zu entwickeln, so hoch wie in Deutschland — Japan vielleicht ausgenommen. Glauben Sie, Sir Brian, daß man die Entwicklung der Kernenergie in England ohne das Nordseeöl verlangsamen könnte?

Flowers: Ja, ich glaube, wir könnten, denn wir haben noch ausreichend Kohle für die nächste Zeit. Den wirklichen Punkt der Unsicherheit erreichen wir nach 1990, wenn unsere Ölreserven auslaufen und wir uns einem ungewöhnlichen Anstieg des Energieverbrauchs gegenübersehen, bei dem es dann sein kann, daß die Kohle nicht mehr ausreicht. Unser Problem ist, unsere Kernindustrie in Gang zu halten, um sie zu der Zeit zur Verfügung zu haben, zu der wir sie brauchen — gegen Ende des Jahrhunderts.

ZEIT: Dies sind alles Probleme, die dem Laien, auch dem Politiker, in mehr als einer Hinsicht Rätsel aufgeben. Die Diskussion ist ungeheuer mit Gefühl aufgeladen. Die Frage ist: Wie wollen Sie, Herr Minister Matthöfer, die Aufstellung von Kernenergieplänen, den Bau von Reaktoren, die Entscheidung über Atommüllagerstätten mit dem normalen demokratischen Verfahren bewältigen?

Matthöfer: Nehmen wir die Vorfälle bei Brokdorf. Das war nicht nur Widerstand gegen das Brokdorfer Kernkraftwerk, sondern eine strategische Position im gesamten Auseinandersetzungsprozeß um die Industrialisierung ein Widerstand, der nicht nur mit der Kernenergie zu tun hat. Die Tatsache, daß die Elbe ein verschmutzter Fluß ist, daß die Industrieansiedlung im unteren Elberaum der drei betroffenen Bundesländer planlos und in einer für die Natur schädlichen Form durchgeführt worden ist, hat nichts mit Kernenergie zu tun. Die Leute protestieren gegen dies alles unter dem Zeichen der Kernenergie. Darum sage ich, wir brauchen demokratische Planung, Regionalplanung mit einer breit angelegten Diskussion und einem Parlamentsbeschluß über den Plan.

ZEIT: Neulich sagten Sie, das Parlament solle nicht entscheiden, sondern . . .

Matthöfer: Ich habe gesagt, das Parlament solle nicht über den einzelnen Standort entscheiden, sondern über Pläne. Wo kämen wir denn sonst hin? Das Parlament muß sich mit den strategischen Industrialisierungsplänen oder mit dem Umweltschutz befassen. Öffentliche Diskussionen müssen durchgeführt werden. Man muß den Vertretern der Bürgerinitiativen das Recht zum Protest einräumen, muß sie anhören und ihnen ihre gesetzlichen Rechte nicht durch Schaffung von Tatsachen beschneiden.

Verfährt man demokratisch, so erhält man eine höhere Legitimierung, das durchzuführen, was im Allgemeininteresse liegt, auch gegen lokale Gruppen, die eine abweichende Meinung vertreten. In dieser Form ist eine Demokratisierung möglich, und in diesem Sinne begrüße ich Brokdorf, denn es könnte dazu führen, eine große Diskussion in Gang zu setzen.

Dahrendorf: Ich glaube, daß die Antwort von Herrn Matthöfer den ganzen Konflikt zwischen der immer größeren Kompliziertheit aller technischen und allgemein wirtschaftlichen Prozesse einerseits und dem Wunsch nach immer mehr demokratischer Teilhabe andererseits widerspiegelt. Seine Antwort löst diesen Konflikt nicht . . .

Matthöfer: Das weiß ich auch, aber niemand kann in drei Minuten eine Antwort auf das Problem unserer Generation geben.

ZEIT: Wie würden Sie denn, Herr Professor Dahrendorf, vorschlagen zu verfahren?

Dahrendorf: Ich bin nicht sicher, daß ich darauf eine Antwort weiß. Diese Art von Problemen zeigt in einzigartiger Weise die Schwierigkeiten des heutigen demokratischen Prozesses auf.

Einerseits gibt es Probleme, die Emotionen auslösen und die Gemüter in Wallung bringen. Da bedauere ich die Art und Weise, wie die Proteste — und das heißt doch: das Interesse der betroffenen Bevölkerung — in den meisten Ländern, sicherlich aber in der Bundesrepublik, bisher abgefertigt worden sind. Andererseits ist das Problem so technisch, daß eine wirklich vernünftige Antwort auf der Ebene von Straßendiskussionen, in Wahlfeldzügen oder im Rahmen einer Ansprache an 30 000 aufgebrachte Leute auf dem Bauplatz eines Kernreaktors nicht gegeben werden kann.

Wir haben also eine seltsame Doppelentwicklung — einerseits ein wachsendes Interesse der Bevölkerung, andererseits eine wachsende Technisierung der Sache selbst. Zwei Dinge sind in dieser Situation wichtig. Einmal kommt es darauf an, wie wir die technischen Probleme im demokratischen Prozeß definieren, wie wir die Probleme darstellen, Mißverständnisse zerstreuen, Einwände diskutieren. Zum anderen geht es um die Rolle des Parlaments. Ich kann mir in unserer Gesellschaft keine andere Einrichtung vorstellen, die wirksamer und eindringlicher vor der Öffentlichkeit debattieren könnte. Der Bundestag sollte über die Kernenergie ausgedehnte Debatten führen — und vor der Beendigung dieser öffentlichen Diskussion sollten wir mit umstrittenen Programmen nicht weitermachen.

Grubl: Der Bundestag hat nie eine grundsätzliche Entscheidung darüber getroffen, in welchem Ausmaß eine Kernenergiewirtschaft auf dem engen Raum der Bundesrepublik Deutschland vertretbar ist. Zu den Kriterien der Entscheidung hätten gehört:

Wir sicher ist die Uranversorgung auf längere Frist? Wie sind die radioaktiven Abfälle auf einige zehntausend Jahre sicher zu verwahren?

Wie können ausgediente Kernkraftwerke beseitigt werden?

Wie ist die Frage des Brennstoffkreislaufs (Wiederaufbereitung) gelöst?

Wie kann ein Land mit vielen atomaren Anlagen in einem Krieg noch verteidigt werden?

Weitere Grundatzfragen hätten geklärt werden müssen:

Bedeutet mehr Energie immer eine höhere Lebensqualität oder auch nur einen höheren Lebensstandard?

Schafft die zusätzliche Energie neue Arbeitsplätze oder beseitigt sie Arbeitsplätze durch Rationalisierung — was meine Meinung ist — ?

Besonders in den letzten Monaten stellte sich heraus, daß ein großer Teil der Bürger inzwischen anders denkt und die genannten Fragen stellt.

Die Politiker und die in den Parlamenten vertretenen Parteien sehen diese neue Problematik noch nicht und setzen ihre bisherige Politik fort. Damit kommt es zu einer beträchtlichen Diskrepanz zwischen der offiziellen Politik und großen Teilen unseres Volkes. Diese wird sich verschärfen, wenn die Politiker nicht bereit sind, über diese Grundsatzfragen nachzudenken und sie öffentlich zu diskutieren. Es geht letzters nicht nur um die Kernkraftwerke, sondern um die damit verbundene Industrialisierung unseres Landes, die viele jetzt bereits ökologisch für nicht mehr vertretbar halten. Diese Auseinandersetzung muß sich automatisch verschärfen — wenn nicht sofort, dann in einigen Jahren — und wird dann zu solch extremen Erscheinungen führen, daß Regierungen meinen, dem Volk mit Polizeigewalt die weitere wirtschaftliche Entwicklung, den „Wohlstand“, aufzwingen zu müssen. Dieses Vorgehen ist zwar rechtsstaatlich nicht zu beanstanden. Eine rein verfahrensmäßig abgesicherte Haltung wird aber bei so gewaltigen Meinungsunterschieden auf die Dauer nicht aufrechtzuhalten sein. Es handelt sich hier um einen historischen Wandlungsprozeß, den man nicht verhindern, bestenfalls eine Zeitlang aufhalten kann.

Da der Energieverbrauch längst nicht mehr wie prognostiziert steigt und auch nicht mehr steigen wird, ergibt sich eine Pause, die zur Diskussion und zu neuen — diesmal parlamentarischen — Entscheidungen benutzt werden sollte. Darum habe ich bereits am 22. Januar 1976 ein Moratorium beim Bau weiterer Kernkraftwerke vorgeschlagen.

Flowers: Wir müssen versuchen, von den trivialen Debatten über die falschen Themen auf der falschen Ebene wegzukommen. Wohlmeinende Helfer, die schrille Schreie gegen die Atomkraft ausstoßen, bringen die Atomindustrie mit ihrer oft lächerlichen Kritik nur dazu, alle Einwände als lästig beiseite zu wischen und einfach weiterzumachen. Das hilft niemandem. Wir brauchen eine Debatte, die in der Mitte angesiedelt ist — eine Diskussion der verschiedenen Aspekte innerhalb der relevanten Wissenschaften brauchen wir. Ich schließe die Wirtschaftler ein, überhaupt alle, die eine wichtige Aussage zu machen haben. Und wir müssen die Sache im Parlament zu einem hoffentlich überparteilichen Abschluß bringen.

Beckurts: Ich bin mit allem einverstanden, was Sir Brian und Herr Dahrendorf gesagt haben. Ich möchte hier nur noch die persönliche Ansicht eines Wissenschaftlers anfügen und feststellen: Ich bin auf meine amerikanischen Kollegen manchmal etwas neidisch, weil sie in Sachen Kernenergie die Möglichkeit der Volksbefragung haben. In sieben amerikanischen Bundesstaaten hat sich die Bevölkerung im Jahre 1976 mit sehr deutlichen Mehrheiten für die friedliche Nutzung der Kernenergie entschieden. In der Bundesrepublik gibt es diese Möglichkeit der Volksbefragung — wie ich glaube, aus guten verfassungsrechtlichen Gründen — nicht. Es wäre aber besser, wenn wir in dieser Sache die Möglichkeit einer Volksbefragung hätten — selbst auf die Gefahr hin, daß die Mehrheit gegen uns entscheidet.

ZEIT: Wir sollten uns der Gefahr zuwenden, daß der privatwirtschaftliche Verkauf nuklearer Anlagen immer mehr Staaten ermöglicht, sich Kernwaffen zuzulegen. Gerade die Bundesrepublik ist hier während der letzten Zeit in die Schußlinie geraten.

Die Reaktorbauindustrie der Bundesrepublik kann zur Zeit ungefähr acht Reaktoren im Jahr bauen. Der einheimische Markt kann oder wird

aber nicht mehr als zwei bis drei Reaktoren im Jahr aufnehmen. Wir haben also einen Kapazitätsüberschuß, mithin ein kommerzielles Interesse am Verkauf.

Mit der Kernindustrie sind heute schon ungefähr 200 000 Arbeitsplätze verbunden. Bonn hat den Atomsperrvertrag unterzeichnet in der festen Annahme, daß das in keiner Weise den Verkauf von ziviler Nukleartechnologie ins Ausland behindern würde. Wir haben damals sogar einige Änderungen im Vertrag durchgesetzt, ehe wir ihn unterzeichneten und ratifizierten, um solche Behinderungen auszuschließen. Wir glauben, daß der Verkauf von sensitiven Technologien, von Wiederaufbereitungs- und Anreicherungsanlagen, die wir den Brasilianern als Dreingabe anboten, um den Auftrag zu bekommen, der uns sonst von den Amerikanern weggeschnappt worden wäre, in keiner Weise zu beanstanden ist, so lange die Käufer sich zur Einhaltung von Sicherheitsvorschriften verpflichten, die mindestens denen der Internationalen Atomenergie Agentur (IAEA) vergleichbar sind. Diese Frage wird in nächster Zeit einer der Hauptreibungspunkte zwischen Bonn und Washington sein. Welches ist die amerikanische Haltung?

Carnesale: Lassen Sie mich zunächst auf die Arbeitsplätze eingehen. Das sollte nicht das dominierende Argument sein. Die Frage lautet doch, wie viele dieser Arbeitsplätze wird man verlieren, wenn man die Möglichkeit des Exports von zwei oder meinetwegen vier Reaktoren pro Jahr einbüßt — wie viele Leute in der westdeutschen Kernindustrie beschäftigt sind, ist da nicht relevant. Es ist irreführend, wenn man von Hunderttausenden von Arbeitsplätzen spricht.

Eine Exportkapazität von zwei oder vier Reaktoren im Jahr heißt nicht, daß zwei oder vier Reaktoren wirklich exportiert werden müssen, damit die Industrie überleben kann. Wenn man einen angemessenen Inlandmarkt hat, glaube ich nicht, daß zwei Reaktoren mehr oder weniger für die Industrie lebensentscheidend sind.

Aber lassen Sie uns auf den eigentlichen Reibungspunkt kommen. Die Reibungen wegen des westdeutschen Geschäftes mit den Brasilianern sind vornehmlich wegen der Wiederaufbereitungs- und Anreicherungsanlagen entstanden, nicht wegen der acht Reaktoren. Das ist wichtig zu wissen. Es ist auch interessant zu hören, daß die ZEIT die Anreicherungs- und Wiederaufbereitungsanlagen jetzt als Dreingabe, als Kaufanreiz beschreibt. Als wir sie so nannten, wurde das hier nicht gut aufgenommen. Wir glauben nicht, daß der Atomsperrvertrag die Bundesrepublik in irgendeiner Weise verpflichtet, Anreicherungs- und Wiederaufbereitungsanlagen zu liefern.

ZEIT: Wenn er uns nicht verpflichtet — verwehrt er es uns?

Carnesale: Nein, das ist ein völlig anderes Argument; er verbietet es nicht. Wir haben niemals behauptet, daß eine Verletzung des Atomsperrvertrages stattgefunden hat.

Nun zu den Sicherheitsfragen. Die bisherigen Sicherheitsvorkehrungen waren als ein Frühwarnsystem gedacht. Das bestehende System arbeitet ausreichend gut, solange wir es mit verbrauchtem Spaltmaterial zu tun hatten. Bei den Inspektionen konnte man feststellen, ob nuklearer Brennstoff entwendet worden war. Wenn ja, dann wußte man: In fünf Jahren könnte einer die Bombe haben. Beim Plutonium ist das anders.

Das deutsch-brasilianische Atomabkommen

Am 27. Juni 1975 unterzeichneten die Bundesrepublik und Brasilien ein Zwölf-Milliarden-Mark-Abkommen über die Lieferung einer kompletten Atomenergie-Ausrüstung. Das Paket, das Brasilien Eigenständigkeit im gesamten Brennstoff-Zyklus sichern soll, enthält

- acht Leichtwasser-Reaktoren mit einer Elektrizitätsleistung von je 1200 Megawatt;
- Fabriken für die Uranerzverarbeitung und Herstellung von Brennelementen;
- eine Uran-Anreicherungsanlage, die nach dem sogenannten „Trenndüsenverfahren“ arbeitet: Hier wird der Anteil des leicht spaltbaren Uran 235 (im Natururan nur zu 0,7 Prozent enthalten) auf die für die vorgesehenen Reaktoren nötigen drei Prozent angereichert;
- eine Pilot-Anlage für die Wiederaufbereitung bestrahlter Brennelemente, in der das noch vorhandene Uran und das neuentstandene Plutonium chemisch von der „Brennstoffschlacke“ getrennt werden.

Bei den beiden letzten Komponenten — der Anreicherungs- und Aufbereitungsanlage — handelt es sich um „sensitive Technologien“, die zwei verschiedene Tore zur Atombombenproduktion öffnen. Der eine Weg führt über die „Trenndüse“: Hier kann Uran 235 theoretisch nicht nur auf drei, sondern auch auf die für Bomben nötigen 90 Prozent angereichert werden. Der zweite und einfachere Weg führt über das bombentaugliche Plutonium, das zuhauf im Reaktor anfällt und in der Aufbereitungsanlage „raffiniert“ werden muß. Jeder der geplanten Reaktoren liefert etwa 200 Kilogramm Plutonium im Jahr — genug für etwa 25 Atombomben vom Hiroshima-Typ.

Seit dem Brasilien-Geschäft schwelt der Streit zwischen der Bundesrepublik und den Vereinigten Staaten. Die US-Regierung hat den amerikanischen Reaktorproduzenten den Export „sensitiver Technologien“ strengstens verboten; es war diese „Dreingabe“, die das Rennen zwischen den beiden Konkurrenten Kraftwerkunion (KWU) und Westinghouse zugunsten der ungegähelten Deutschen entschied.

Der entgangene Profit hat die Amerikaner gewiß verärgert, doch der Kern der deutsch-amerikanischen Kontroverse liegt nicht im kommerziellen, sondern im militärischen Bereich. Brasilien hat wenig Hehl aus seinen Großmacht-Ambitionen

gemacht: den Atomsperrvertrag hat es nie unterschrieben. Rein kommerziell gesehen, ist die deutsche Dreingabe von zweifelhaftem Wert. Die Wirtschaftlichkeit der Beckerschen Trenndüsen-Anreicherung ist ebenso unerwiesen wie die Uranvorkommen Brasiliens, von denen sich die Bundesrepublik eine verlässliche Brennstoffversorgung verspricht. Die Unrentabilität einer Aufbereitungsanlage gilt dagegen als gesichert: In den Vereinigten Staaten wie in der Bundesrepublik gibt es keine kommerziellen Aufbereitungsanlagen. In einigen Jahrzehnten wird es vielleicht wirtschaftlich nutzbare Reaktoren geben, die mit Plutonium beschickt werden. Heute sind Aufbereitungsanlagen nur als Produktionsstätten für Bomben-Plutonium sinnvoll.

Die Brasilianer haben sich strengeren Kontrollvorschriften unterworfen, als sie der Atomsperrvertrag vorsieht. Diese sogenannten *safeguards* sind jedoch keine tatsächlichen Kontrollen, sondern ein „Buchhaltungssystem“, das den Ein- und Ausgang von spaltbarem Material festhält. Die *safeguards* funktionieren lediglich als „Alarmglocke“, die aufschreit, wenn Spaltmaterial systematisch abgezweigt wird. *Safeguards* können abschrecken, aber nichts verhindern. Wie man sie umgeht, haben die Inder mit ihrer Bombe von 1974 bereits gezeigt.

Außerdem ist bei dem Brasilien-Geschäft der Zeitfaktor von überragender Bedeutung: Wer lediglich einen Reaktor besitzt und Spaltmaterial beiseite schafft, warnt die Welt, daß er nicht nur die Elektrizitätsgewinnung im Sinn hat. Da aber der Bau einer Aufbereitungsanlage fünf bis zehn Jahre Fachwissen und eine politische Entscheidung erfordert, bleibt genügend Zeit für internationale Gegenmaßnahmen. Hat man die Aufbereitungsanlage schon, dann greifen die *safeguards* nicht mehr: Zwischen der Entdeckung der Plutoniumentnahme und dem Bombenbau liegen unter ungünstigen Umständen nur Tage.

Nachdem jetzt auch Frankreich den Export von Aufbereitungsanlagen gesperrt hat, wird die Bundesregierung dem Druck der Amerikaner allein standhalten müssen. Aber die proliferationsverschreckten Amerikaner haben schon aus einer anderen Quelle Zuversicht geschöpft: Spitze Zungen behaupten, daß die Deutschen den Brasilianern ein Anreicherungsverfahren verkauft haben, das nicht funktioniert, um Uran anzureichern, das es nicht gibt. *Josef Joffe*

Stellt man dabei einen Diebstahl fest, so muß man sehr schnell handeln, denn die Vorlaufzeit zur Herstellung einer Atombombe ist viel viel kürzer.

ZEIT: Wieviel kürzer?

Flowers: Man kann die Bombe bereits vorbereitet haben, so daß nur noch das Plutonium eingesetzt werden muß.

Carnesale: Das ist richtig. Es geht im übrigen nicht darum, ob eine Sache nach dem Atomsperrvertrag illegal ist, sondern darum, was nach ihm gestattet ist; dies wiederum bedeutet nicht, daß

man alles tun muß, was gestattet ist. Verträge lassen viel zu, verpflichten uns aber nicht zu allem und jedem. Nach dem Atomsperrvertrag besteht keine Exportverpflichtung für Anlagen dieser Art. Die Vereinigten Staaten haben Sie also nicht aufgefordert, Ihre Vertragsverpflichtungen zu verletzen. Bei den Anreicherungsanlagen befinden Sie sich in einer besseren Position. Anreicherungsanlagen werden tatsächlich zum Reaktorbetrieb benötigt. Es ist schwierig, damit Material für Atomwaffen herzustellen. Dennoch würde ich vorziehen, Sie exportierten sie nicht — vor allem, um keinen Präzedenzfall für Wiederaufbereitungsanlagen zu schaffen.

Ist die Wiederaufbereitung für den Kreislauf wirklich notwendig? Nein. Noch bringt niemand Plutonium in den Recycling-Prozess. Wenn man wiederaufbereitet, verringern sich die Stromkosten um höchstens zwei Prozent. Das kann also nicht der Grund sein, um eine Wiederaufbereitungsanlage in Brasilien aufzustellen. Es kann dafür viele Motive geben, die wirtschaftlichen rangieren jedoch sehr weit unten.

ZEIT: Vertreten Sie also den Standpunkt, daß es überhaupt keine Wiederaufbereitung geben sollte, sondern daß wir das Material irgendwo lagern?

Carnesale: Nein. Ich spreche vom Verkauf der Wiederaufbereitungsanlage an Brasilien, ob das richtig oder notwendig war oder nicht. Ich bin ganz eindeutig der Meinung, es war nicht notwendig. Was Brasilien braucht, ist ein Kernenergieprogramm. Damit könnte es sehr wohl zurechtkommen; schlimmstenfalls würde der durch Kernenergie erzeugte Strom ohne Wiederaufbereitung um ein Prozent teurer. Wollten die Brasilianer nur die Anreicherungsanlage, so wäre das ein stärkeres Argument. Aber ihr Wunsch, die Wiederaufbereitungsanlage zu besitzen, und die Bereitschaft der Deutschen, sie zu liefern, nur um die Reaktoren zu verkaufen — das beunruhigt mich und viele Amerikaner.

Beckurts: Sämtliche Länder, die bisher Nuklearmächte wurden, sind Wege gegangen, die von der friedlichen Entwicklung der Kernenergie völlig unabhängig sind. Selbst wenn ein weltweites Kernenergieverbot bestünde, wäre dennoch die Proliferation von Kernwaffen möglich. Die Wohlstetter-Studie, (Albert Wohlstetter: „Spreading The Bomb Without Quite Breaking The Rules“, erschienen in „Foreign Policy“, No. 25, Winter 1976/77) in der darüber eindeutige Untersuchungen angestellt worden sind, zeigt deutlich, jedes Land kann auch ohne Zugang zur friedlichen Nutzung der Kernenergie die Bombe bauen. Die Studie hat sogar gezeigt, wieviel ein Land dafür zahlen muß und welche Zeit es benötigt. Man sollte also eindeutig klarmachen: Es ist verkehrt, die nukleare Waffenproliferation stets mit der Ausbreitung der friedlichen Kernenergienutzung in Zusammenhang zu bringen.

Carnesale: Da bin ich mit Ihnen völlig einer Meinung. Es hat in der Tat noch nie eine Nation gegeben, die auf Plutoniumvorräten gesessen hat, die bei der zivilen Kernenergieerzeugung angefallen sind und die dann in Krisenzeiten erst die Entscheidung traf, sich Atomwaffen zuzulegen.

Beckurts: Zum deutsch-brasilianischen Geschäft: Zunächst handelt es sich hier nicht nur um den Verkauf empfindlicher Technologie und einer Wiederaufbereitungsanlage an Brasilien. Hier findet vielmehr eine Kooperation zwischen den beiden Ländern unter Mitverantwortung der beiden Regierungen statt. Auch haben beide Länder, die Bundesrepublik und Brasilien, den Überwachungsvertrag mit der Internationalen Atomenergie-Behörde (IAEA) unterschrieben. Der Vertrag der Bundesrepublik mit Brasilien und der Überwachungsvertrag mit der IAEA gehen sehr weit. Der Vertrag mit Brasilien enthält eine unwiderrufliche Verpflichtung, die gelieferten Technologien ausschließlich für friedliche Zwecke zu verwenden, nicht für militärische Zwecke oder zu Explosionen. Weiter enthält der Vertrag mit Brasilien eine starke Verpflichtungserklärung des Inhalts, daß der gesamte Brennstoffkreislauf und

das *Know-how* unter die Sicherheitsbestimmungen der IAEA fallen. Außerdem unterliegt die gesamte abgeleitete Sekundärtechnologie ebenfalls den Sicherheitsvorschriften der IAEA. Schließlich unterliegt ein eventueller Re-Export sehr scharfen Kontrollen.

Ich persönlich sehe in diesem Technologietransfer mehr einen Schritt auf die künftige Gründung eines regionalen, internationalen Brennstoffzentrums als einen Verkauf von Wiederaufbereitungstechnologie.

Carnesale: Meine Frage war nicht, ob die Bundesrepublik Anreicherungs- und Wiederaufbereitungsanlagen zu den bestmöglichen Bedingungen ausführt. Meine Frage ist, ob man solche Anlagen überhaupt exportieren soll.

Das Argument, daß die Ausfuhr zu besten Bedingungen vorgenommen wird, nutzt nichts, weil dieser Fall nun als ein Beispiel für andere Nationen gelten wird, die ebenfalls Wiederaufbereitungs- und Anreicherungsanlagen haben wollen. Vielleicht werden Sie dann ja die gleichen Bedingungen stellen, aber das Wort dieser anderen Nationen braucht nicht von gleicher Verlässlichkeit zu sein.

Alle bisherigen Sicherheitsvorkehrungen wurden primär für verbrauchte Brennstoffe entworfen. Der Gedanke, daß diese Sicherheitsvorkehrungen sich nun auch auf Vorräte an Plutonium oder angereichertem Uran beziehen sollen, ist für mich neu.

Beckurts: Zunächst sollte man sich fragen, mit welchen Ländern arbeitet man auf diesem Gebiet zusammen?

ZEIT: Die Franzosen waren zur Zusammenarbeit mit Südkorea und Pakistan bereit.

Beckurts: Wir müssen uns auf Länder beschränken, die ein großes Nuklearprogramm besitzen oder anstreben und wo die Wiederaufbereitung sinnvoll und notwendig ist. Bei Ländern ohne ein großes Kernenergieprogramm sehe ich keinen Sinn in der Wiederaufbereitung. Wir erachten es indessen als sinnvoll in solchen Ländern, die ein umfangreiches Nuklearprogramm haben, denn diese Länder sind mit dem Problem der Entsorgung konfrontiert. Die Bundesrepublik betrachtet die Wiederaufbereitung, wie schon mehrfach gesagt, in starkem Maße unter dem Gesichtspunkt der Entsorgung und Atommüllagerung. Angesichts der Größe des brasilianischen Programms halten wir die Wiederaufbereitung auch in Brasilien als erforderlich.

Carnesale: Das habe ich noch nie gehört.

Beckurts: Das ist aber die Sachlage. Außerdem: Ist es nicht vernünftiger, mit Entwicklungsländern unter sehr strengen Sicherheitsvorkehrungen und über möglichst lange Zeiträume zusammenzuarbeiten, als diesen Ländern die nukleare Technologie vorzuenthalten? Eine Politik, den Entwicklungsländern die Nukleartechnik zu verwehren, wird sie bloß dazu verleiten, ihren eigenen Weg zu gehen — ohne Kontrolle. Ich bevorzuge demgegenüber eine kontrollierte Kooperation unter striktesten Sicherheitsauflagen.

Carnesale: Nun, ich bin der Meinung, wir sollten Reaktoren exportieren. Die Entwicklungsländer sollten durchaus die Vorteile der Kernenergie genießen. Aber hätte die Bundesrepublik unmoralisch gehandelt, wenn sie die Reaktoren ohne die zusätzlichen Anlagen exportiert hätte? Das glaube ich einfach nicht. Kein Land der Erde braucht diese Anlagen.

Flowers: Darf ich hier nur einflchten, daß kleinere Wiederaufbereitungsanlagen bereits in

Japan, Indien, Italien, Spanien, Jugoslawien, Argentinien, Taiwan arbeiten.

ZEIT: Spanien ist völlig unkontrolliert.

Carnesale: Das sind alles Pilot-Anlagen.

ZEIT: Professor Beckurts, präjudiziert das brasilianische Beispiel unsere Entscheidungen bei anderen und politisch weniger attraktiven Handelsabschlüssen?

Beckurts: Von weiteren Vertragsabschlüssen über ganze Brennstoffkreisläufe ist mir nichts bekannt. Ich habe den Eindruck, daß die Bundesregierung nach allem, was geschehen ist, sich in dieser Frage zurückhält und weitere Schritte nur im Rahmen dessen unternimmt, was in Gesprächen des Londoner *Suppliers' Club* verabredet ist und in enger internationaler Zusammenarbeit vollzogen wird.

ZEIT: Ein Vertrag wie der zwischen der Bundesrepublik und Brasilien wird also nie wieder abgeschlossen werden? Wird die Bundesregierung aus außenpolitischen Gründen auch im Brasilien-Geschäft kapitulieren?

Beckurts: Ich bin der Meinung, der Handelsabschluß zwischen Bonn und Brasilien ist völlig legal. Er steht völlig unter internationaler Kontrolle. Ich wäre äußerst überrascht, wenn die Bundesregierung vom Vertrag mit Brasilien zurücktreten würde. Ich habe andererseits gehört, daß in den Vereinigten Staaten der Vorschlag gemacht worden ist, die brasilianische Wiederaufbereitungsanlage in eine multinationale Einrichtung mit US-amerikanischer Beteiligung weiterzuentwickeln. Dies könnte eine sehr interessante Lösung sein.

Carnesale: Ich bin dagegen.

ZEIT: Wie kommt es dann, daß die Vereinbarungen zwischen Brasilien, der Bundesrepublik und der Wiener Behörde vom *Suppliers' Club*

in London einschließlich des amerikanischen Vertreters im Frühjahr 1976 angenommen worden sind? Danach gelten die Sicherheitsvorschriften für die gesamte Dauer des Vertrages, für die Nutzlebensdauer sämtlicher nach dem Vertrag gebauten Anlagen sowie für jegliche Anwendung des in den deutschen Anlagen gewonnenen technischen Know-how auf alle anderen Atomteinrichtungen, die in Brasilien gebaut werden.

Carnesale: Ich glaube nicht, daß dies die amerikanische Ausgangsposition war. Wir hätten gewünscht, daß Wiederaufbereitungsanlagen überhaupt nicht exportiert werden. Aber da wir im *Suppliers' Club* nicht mehr tonangebend sind und uns einige Clubmitglieder zu verstehen gaben, sie würden ein Exportverbot nicht annehmen, ging es einfach darum, eine Position auszuhandeln, die besser ist, als gar kein Vertrag.

ZEIT: Wenn die amerikanische Regierung Richtlinien in dem Londoner *Suppliers' Club* geheim zustimmt, warum sollte sie dann öffentlich dagegen Stellung beziehen?

Carnesale: Der *Suppliers' Club* hatte seine Zustimmung unter dem Vorbehalt gegeben, wenn diese Einrichtungen exportiert würden, dann müßten sie durch die Vereinbarungen abgedeckt sein...

ZEIT: Das ist eine falsche Auslegung.

Carnesale: Nein, der Club hat gesagt: Würden diese Einrichtungen exportiert, dann sind die folgenden Bedingungen zu beachten und anzuwenden...

ZEIT: Das Abkommen mit Brasilien über Wiederaufbereitungsanlagen ist darauf zurückzuführen, daß im Sommer 1974 die Gefahr bestand, die US-Atomenergiekommission werde keine weiteren Verträge für die Lieferung von angereichertem Uran unterzeichnen und dessen Lieferung

Der Londoner „Lieferanten-Klub“

Der exklusivste und geheimste Londoner Klub (*Suppliers' Club*) entstand Anfang 1975 auf Anregung der Vereinigten Staaten. Aufgeschreckt durch die indische Atomexplosion vom Mai 1974, luden die USA die sieben wichtigsten Lieferländer atomarer Technologie ein, um Richtlinien für den Export kerntechnischer Anlagen in nicht-atomare Staaten zu erarbeiten. Neben den Vereinigten Staaten nahmen die Sowjetunion, Frankreich, England, Japan, Kanada und die Bundesrepublik an den ersten geheimen Besprechungen teil. Den Gründungsmitgliedern haben sich in den letzten zwei Jahren Schweden, Belgien, Italien, Holland, die DDR, Polen und die CSSR angeschlossen.

Hauptziel der amerikanischen Initiative war die Schließung der Proliferationslücken, die der Atomsperrvertrag von 1968 übersehen hatte. Spätestens die „friedliche“ Atomexplosion der Inder brachte es an den Tag, daß die alte Trennlinie zwischen „militärischen“ und „zivilen“ Nuklearexporten verwischt worden war: Die „sensitiven Anlagen“ zur Urananreicherung und Brenn-

stoff-Wiederaufbereitung konnten ebensogut dem Bombenbau wie der Elektrizitätsgewinnung dienen.

Verschärft wurde das Problem durch die ungezügelte Konkurrenz im Reaktorexport. Lukrative Lieferverträge wurden oft dem Land zugeschlagen, das seine Reaktoren mit einer Wiederaufbereitungsanlage (zur Plutoniumgewinnung) „verzuckerte“. Während die Bundesrepublik einen kompletten Brennstoffzyklus an Brasilien verkaufte, lieferte Frankreich in potentielle Krisengebiete wie Südafrika, Pakistan und Iran.

Exportregeln sollen verhindern, daß wirtschaftliche Rivalitäten der militärischen Proliferation Vorschub leisten. Die bekanntgewordenen Einzelheiten des „Gentleman's Agreement“ von London belegen den Export „sensitiver Anlagen“ nicht mit einem klaren Verbot sondern mit strengen Sicherheitsauflagen: Der Bezieher muß sich verpflichten, die gelieferte Technologie der Wiener Atomenergiebehörde zu unterwerfen, sie nicht zur Waffenherstellung zu verwenden und sie vor dem Zugriff von Terroristen zu schützen. jj

an die bisherigen Abnehmer einstellen. Die Vereinigten Staaten gaben für ihre Haltung zwei verschiedene Erklärungen ab, die beide in Europa viele Zweifel und Befürchtungen auslösten und den Anstoß für einige Anreicherungsabkommen mit der Sowjetunion gaben. Die erste Erklärung war, die amerikanischen AnreicherungsKapazitäten seien erschöpft, die zweite, das ganze sei ein bedauerliches bürokratisches Mißverständnis. Was immer dahintersteckte, es blieb der Eindruck, die Amerikaner seien unzuverlässige Lieferanten.

Carnesale: Ich bin nicht der Meinung, daß dies die Hauptursache war. Als wir über das deutsch-brasilianische Geschäft zu sprechen begannen, waren Arbeitsplätze und wirtschaftliche Fragen der beherrschende Faktor. Ich will jedoch nicht leugnen, daß die Amerikaner zuverlässige Lieferanten sein müssen. Das ist nicht nur für das deutsch-brasilianische Geschäft, sondern in einem viel weiteren Zusammenhang von Bedeutung.

Grubl: Vom politischen Standpunkt aus möchte ich nur sagen, daß ich alle in den Verträgen eingebauten Sicherheiten letzten Endes von höchst geringem Wert erachte, denn hier handelt es sich um militärische Dinge, um Machtfragen. Und da wird jede Nation nachher das tun, was sie für richtig hält. Sie wird sich keineswegs an irgendwelche Bindungen halten. Nun kann man sagen: In einigen Jahren werden ohnehin mittlere und sogar kleine Länder in den Besitz von Bomben kommen, also, was soll es. Wenn man das aber noch um einige Jahre verzögern könnte, indem man nicht gleich Wiederaufbereitungsanlagen mitliefert, dann wäre das schon von einem gewissen Wert.

Bedeurts: Ich möchte zwei Anmerkungen machen. Erstens: Wir sollten den Grund für das deutsch-brasilianische Gebot nicht darin suchen, daß hier *sweeteners* geschäftet wurden. Es boten auch andere Länder ähnliche *sweeteners*, die allerdings etwas kleiner waren. Ein Hauptgrund für

die brasilianisch-deutsche Zusammenarbeit ist die Tatsache, daß die deutsche Industrie zu einem echten Technologietransfer bereit ist — bereit dazu, Brasilien in der eigentlichen Kernreakorteknik wirklich unabhängig zu machen. Dies ist ein Beispiel für wirkliche Zusammenarbeit zwischen einem Industriestaat und einem Entwicklungsland. Ich weiß, wie schwer es sein wird, dieses Vorhaben wirklich durchzuführen.

Meine zweite Bemerkung. Welches sind die Alternativen zur Wiederaufbereitung und der Atommüllagerung in den Empfängerländern? Nun, daß man verbrauchtes Brennmaterial wieder in die Lieferstaaten zurückschicken müßte. Man nennt dies die Kontrolle des Brennstoffkreislaufes durch den Lieferanten. Aber damit würden alle Länder mit Ausnahme der Vereinigten Staaten und Rußlands aus dem Reaktormarkt gedrängt, weil wir die verbrauchten Brennmaterialien anderer Länder bei uns nicht lagern können. Die Vorstellung, daß der Atommüll in das Lieferland zurückgeschickt wird, ist unsinnig. Ich bin auch sicher, Ralph Nader wäre ganz und gar nicht damit einverstanden, daß man spanischen oder ägyptischen Atomwüll in die Vereinigten Staaten verbringt.

Carnesale: Wenn Nader zwischen den beiden Möglichkeiten wählen müßte, entweder bekommen die Spanier und Ägypter Plutonium oder wir müssen unseren Atomwüllanfall um ungefähr drei Prozent erhöhen, könnte er sich durchaus für das letztere entscheiden.

ZEIT: Sir Brian, die Deutschen scheinen in dieser Sache zwei Argumente vorzubringen, erstens: Technologieverweigerung kann eine unkontrollierte Verbreitung von Kernwaffen zur Folge haben. Zweitens: Technologietransfer unter scharfer politischer Kontrolle und technischer Inspektion wäre der ungezügelter Verbreitung nuklearer Waffen vorzuziehen. Ist der deutsche Standpunkt unvernünftig oder gar gefährlich?

IAEA: Internationale Atompolizei

Die Internationale Atomenergie-Behörde (IAEA = International Atomic Energy Agency) ist eine Unterorganisation der Vereinten Nationen mit Sitz in Wien, die 1957 ins Leben gerufen worden ist. Ihre Hauptaufgabe ist die eines Wächters: Die IAEA soll mithelfen, die Verbreitung der Atombombe zu verhindern.

Dazu überwachen die IAEA-Kontrollure in erster Linie die Kernanlagen all jener nicht-atomaren Länder, die dem Atomsperrvertrag von 1968 beigetreten sind. Im letzten Jahr unterstanden ihnen etwa 50 Kernkraftwerke, 120 Versuchs- und Forschungsreaktoren und über 200 Nebenanlagen in rund 45 Staaten.

Die Rolle der IAEA-Inspektoren ist eine Mischung aus Buchhalter und Polizist. Sie überprüfen und vergleichen Ein- und Ausgang von Spaltmaterial in den verschiedenen Phasen des Brennstoffzyklus, um festzustellen, ob bombentaugliches Material abgesondert worden ist. Bei einem verdächtigen Materialschwund dürfen sie allerdings nicht selbst eingreifen: Sie müssen den Vor-

fall an die IAEA-Zentrale in Wien melden, die dann den Weltsicherheitsrat in New York alarmiert.

Am sichersten funktioniert die Kontrolle in einem Leichtwasser-Reaktor vom Typ Biblis: Dieser gängigste Typ wird mit dreiprozentig angereichertem Uran 235 beschickt, das militärisch nicht nutzbar ist. Schwieriger wird das Problem in der nächsten Phase, also der Wiederaufbereitungsanlage, wo bombentaugliches Plutonium abgezweigt werden kann.

Während die IAEA bei einem 1000 Megawatt-Reaktor wie Biblis mit acht Inspektionstagen im Jahr auskommt, müßte sie eine Aufbereitungsanlage — so der Generalinspekteur der IAEA, Rudolf Rometsch — praktisch permanent überwachen.

Das gleiche Problem tritt auch bei den Hochtemperaturreaktoren auf, die mit hochangereichertem bombenfähigem Uran beschickt werden. Rudolf Rometsch glaubt, daß rund 30 Industriestaaten ihre eigenen Atombomben bauen könnten. Zur Zeit verfügt die IAEA über 75 Inspektoren.

Flowers. Dazu zunächst kurz etwas aus meinem eigenen Bericht. Wir sagten, daß die Verbreitung der zivilen Kernenergie unvermeidlicherweise auch Gelegenheiten zur Entwicklung von Kernwaffen schafft und daß wir den Bau solcher Waffen fürchten. Wir sagten weiter, es gäbe keinen Grund zu der Annahme, daß eine Nation über Jahrhunderte hin politischen Einflüsterungen und Versuchen widerstehen kann. Das Problem der Waffenverbreitung ist also sehr ernst. Es wird nicht dadurch aus der Welt geschafft, daß man es einfach nicht zur Kenntnis nimmt.

Der australische Fox-Bericht, der erste von zwei Berichten über den Uranabbau in Australien, beschäftigt sich viel eingehender mit den Problemen der internationalen Sicherheit und der Proliferation. Ich möchte einen kurzen Absatz daraus vorlesen:

„Die wesentlichen Grenzen und Schwächen der gegenwärtigen Sicherheitsvorkehrungen sind: die Weigerung vieler Staaten, den Atomsperrvertrag zu unterzeichnen; die Unzulänglichkeit, wo es sich darum handelt, die Übertragung der Nukleartechnologie von der zivilen Kernenergieerzeugung auf die Herstellung von Kernwaffen zu verhindern; die Tatsache, daß viele nuklearen Anlagen nicht ausreichend geschützt sind; das Vorhandensein zahlreicher Schlupflöcher in allen Sicherheitsabkommen, wo es um die Anwendung auf friedliche Atomexplosionen oder auf Materialien, die für explosionsfreie militärische Zwecke bestimmt sind, und um die Weitergabe von Materialien an dritte Staaten geht; das praktische Fehlen von Sicherheitskontrollen für die SALT-Abreden; die praktischen Probleme bei der wirksamen Inspektion von Kernmaterialbeständen; die Leichtigkeit, mit der Staaten vom Atomsperrvertrag und den meisten anderen Sicherheitsabkommen zurücktreten können; Mängel in den Rechenschafts- und Warnverfahren; schließlich das Fehlen zuverlässiger Sanktionen gegen eine Abzweigung sensibler Materialien verhindern.“

Der Fox-Bericht nennt diese Mängel so ernsthaft, daß die bestehenden Sicherheitsvorkehrun-

gen nur eine Illusion des Schutzes gäben. Es sei von größter Bedeutung, sie wirksamer zu gestalten. Dazu sind intensive Anstrengungen auf höchster internationaler Ebene nötig — nicht nur durch den *Nuclear Suppliers' Club*.

ZEIT: Dr. Carnesale, würden Sie Ihre Einwände aufrechterhalten, wenn der Mechanismus der internationalen Inspektion verbessert werden könnte?

Carnesale: Ich bin mit den internationalen Kontrollmechanismen nicht vertraut. Ich kann mir jedoch kein Sicherheitssystem vorstellen, das wirksam genug wäre, die Leute daran zu hindern, Plutonium abzuzweigen und daraus Waffen herzustellen. Ich weiß einfach nicht, wie das möglich wäre, es sei denn, man lagerte das Plutonium unter internationaler Kontrolle. Ich glaube, man braucht hier ein völlig anderes Überwachungssystem, nicht bloß mehr Überwachungsinspektoren.

Es ist richtig: Will ein Land Atomwaffen haben, dann kann es diesen Beschluß verwirklichen, ohne daß es dabei auf zivile Kernenergie für zivile Zwecke zurückgreifen muß. Es wird ebenfalls richtig sein, daß Wiederaufbereitungsanlagen Vorteile haben, die außerhalb des Waffensektors liegen. Der Nutzen, der sich daraus ziehen läßt, ist aber abzuwägen gegen die Nachteile, die daraus resultieren können.

Fragt man einen Staatsmann, der entschlossen ist, sich Atomwaffen zu verschaffen, wie lange seine Techniker brauchen, solche Waffen herzustellen, kann man zwei verschiedene Antworten erhalten: Erstens: Binnen sechs Jahren, wenn wir bei Null anfangen müssen. Zweitens: Binnen einer Woche, wenn wir über Wiederaufbereitungsanlagen verfügen; diese Waffen sind zwar grobe Killerwaffen, liegen aber im Wirkungsbereich der Hiroshima- und Nagasaki-Bomben.

Ich finde: Die Konsequenzen sind ungeheuerlich. Da verzichte ich lieber auf alle Vorteile der Plutonium-Wiederaufbereitung und auf die Vorteile des Leichtwasserreaktors, welcher Art sie auch immer sein mögen.

Störungen an Kernkraftwerken

Von November 1971 bis zum Januar 1977 sind in deutschen Kernkraftwerken insgesamt 36 Störfälle aufgetreten, die nach den Kriterien der „Gesellschaft für Reaktorsicherheit“ in Köln „sicherheitstechnisch unmittelbar signifikante Vorkommnisse“ sind. Nicht berücksichtigt wurden kleinere Störungen, wie sie auch in konventionellen Kraftwerken passieren, ohne den Betrieb zu gefährden.

Dabei fanden zwei Monteure den Tod (Gundremmingen, 19. November 1975), die beim Arbeiten an einem Ventil durch ein austretendes, schwach radioaktives Wasserdampf-Gemisch verbrüht wurden.

Im Zeitraum 1975/76 wurde bei keinem der Zwischenfälle unkontrolliert radioaktives Material an die Umwelt abgegeben; die pro Person zulässigen Strahlendosen wurden nicht überschritten. In allen Fällen funktionierte die Schnellabschaltung des Reaktors (durch Einfahren der Steuerstäbe wird der Spaltvorgang unterbrochen).

In neun Fällen war der Haupt- oder Nebenkühlkreislauf für den Reaktor betroffen; in der

Mehrheit der Fälle stellten sich nachträglich Risse oder Undichtigkeiten des Leitungssystems heraus, wobei nicht unterschieden wird, ob es sich um Materialfehler oder Arbeitsfehler (z. B. beim Schweißen) handelt.

In zwei Fällen (Karlsruhe 20. März 1972 und Lingen 6. Mai 1972) gab es Brände durch austretendes Natrium und Schmieröl. In drei anderen Fällen spielte menschliches Versagen eine entscheidende Rolle, das durch die Überwachungsautomatik nicht korrigiert wurde. Den größten Schaden richtete eine falsch reagierende Automatik am 13. Januar 1977 in Gundremmingen an, die zum Austritt radioaktiven Dampfes und zu einer Überschwemmung innerhalb des „Reaktor-Eies“ führte.

In 34 Fällen ist am eigentlichen Reaktor und seinen mechanischen Einrichtungen keine Störung aufgetreten; in einem Fall (Karlsruhe 19. Januar 1972) wurde ein Fehler bei abgeschaltetem Reaktor entdeckt; im zweiten Fall — Steuerstabstörungen — (Stade 3. November 1972) zeigte sich der Fehler bei einer planmäßigen Inspektion.