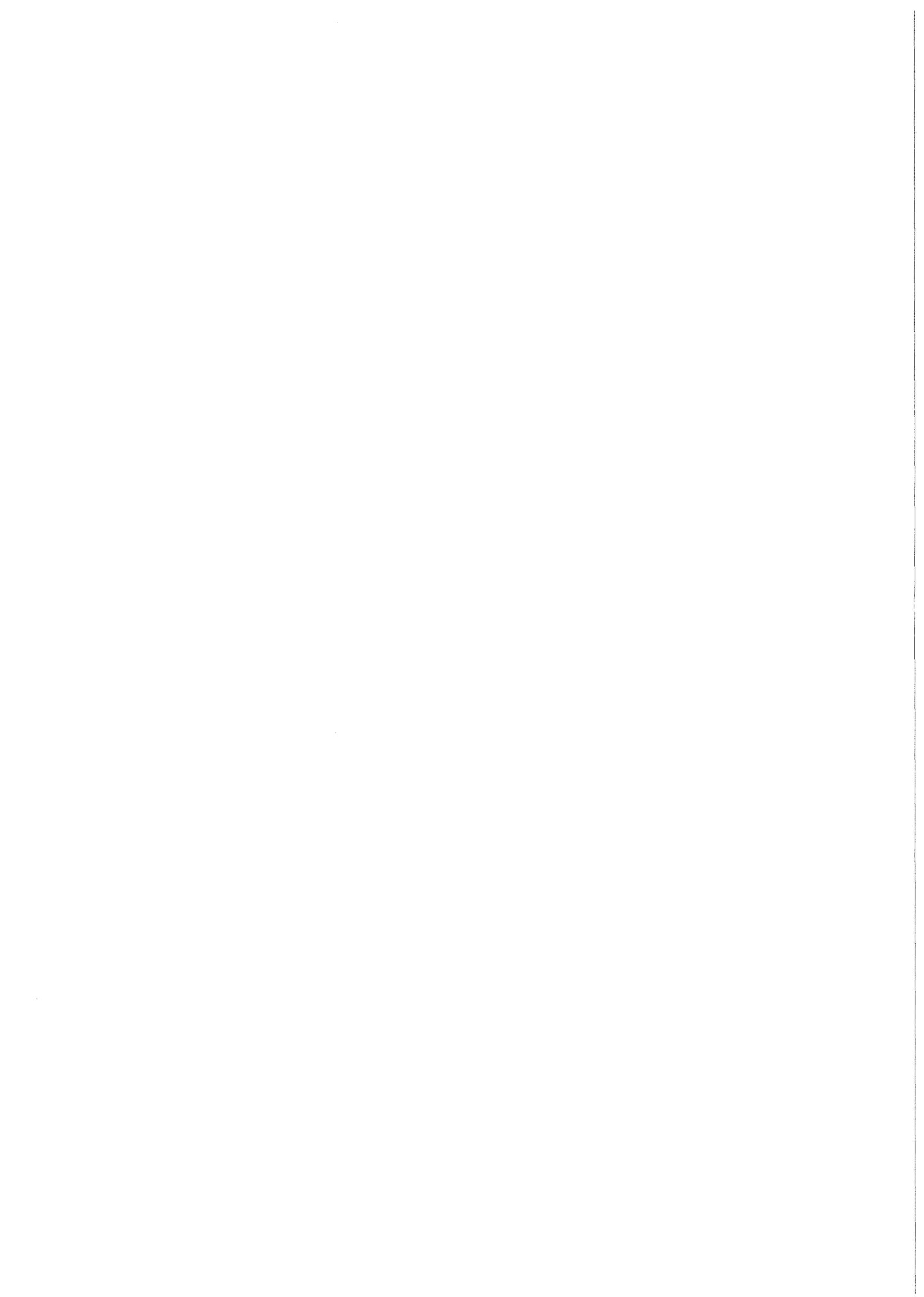


KfK 3478
März 1983

**Modellrechnungen mit SOPKA-E
für die Energiepfade der
Enquete-Kommission
„Zukünftige Kernenergie-Politik“**

D. Faude
Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
Projekt Schneller Brüter

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
Projekt Schneller Brüter

KfK 3478

Modellrechnungen mit SOPKA-E für die
Energiepfade der Enquete-Kommission
"Zukünftige Kernenergie-Politik"

Dieter Faude

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Die Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergiepolitik" des 8. Deutschen Bundestags hat die Frage der längerfristigen Nutzung der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland in einen allgemeineren energiepolitischen Rahmen gestellt und zu diesem Zweck die Energiepfade geschaffen. Für die Berechnung dieser Energiepfade ist im Kernforschungszentrum Karlsruhe das Simulationsmodell SOPKA-E entwickelt und eingesetzt worden.

Im Hauptteil dieses Berichts, in Kapitel 2, werden die formale und die inhaltliche Seite der Modellierung der Pfade ausführlich beschrieben. Um die Energiepfade besser verstehen zu können, wird im Kapitel 1 in einem Übersichtsartikel das allgemeine energiepolitische Umfeld der 70er Jahre nachgezeichnet, aus dem heraus die inhaltliche Seite der Energiepfade resultiert. Kapitel 3 beschreibt die Energieprojektionen des Gemeinschaftsgutachtens zur 3. Fortschreibung des Energieprogramms im Lichte der Energiepfade. In Kapitel 4 sind einige - allerdings fragmentarische - Ansätze der Enquete-Kommission des 9. Deutschen Bundestags zur Aktualisierung der Energiepfade niedergeschrieben.

Die Darstellung der Modellrechnungen mit SOPKA-E in diesem Bericht ist als Dokumentation gedacht - dies erklärt die erhebliche Zahlenflut. Es sei an dieser Stelle an den Charakter der Energiepfade erinnert, bei denen Zahlenangaben dazu dienen, die Qualität möglicher zukünftiger Entwicklungen zu beschreiben und nicht z. B. den Benzinverbrauch im Jahre 2030 auf eine Stelle hinter dem Komma genau zu bestimmen. Aber anders als mit Zahlenangaben läßt sich in einem Rechenmodell auch Qualität nicht beschreiben.

Abstract

Energy Modelling with SOPKA-E for the Energy Paths of the Commission of Inquiry on "Future Nuclear Energy Policy"

The Commission of Inquiry on "Future Nuclear Energy Policy" of the 8th Deutscher Bundestag has examined the question of the long-term exploitation of nuclear energy in the Federal Republic of Germany within a more general framework of energy policy and, for this purpose, created the concept of energy paths. To calculate these energy paths, the SOPKA-E simulation model has been developed and applied at the Karlsruhe Nuclear Research Center.

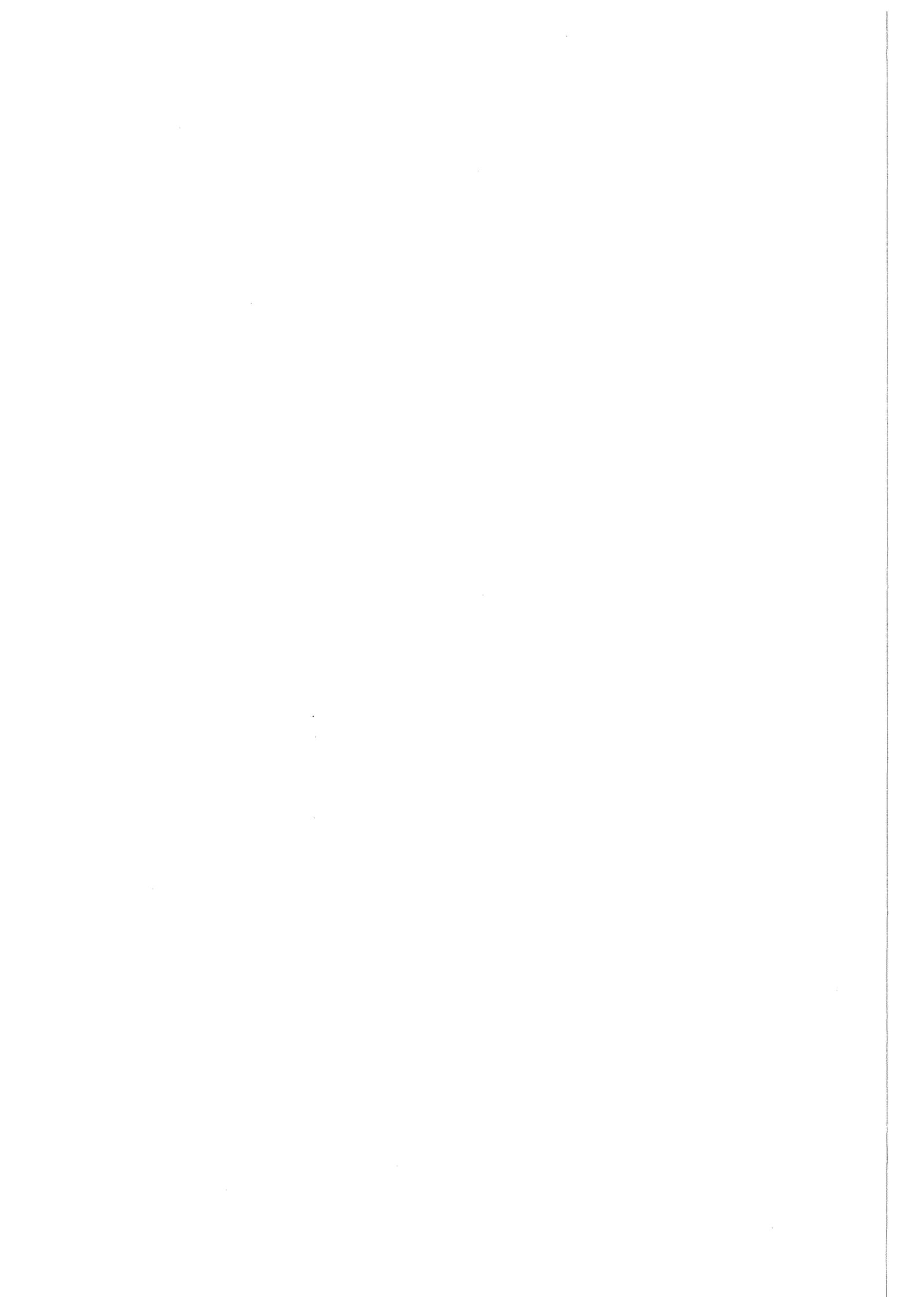
In Chapter 2, the central part of this report, the form and contents of path modeling are described in detail. To help readers understand the energy paths concept, the general background of energy policy in the seventies, which gave rise to the contents of the energy paths, is outlined in a survey article in Chapter 1. Chapter 3 is a description of the energy projections contained in the joint expert opinion on the third updated version of the Energy Program in the light of the energy paths. In Chapter 4 some approaches - albeit fragmentary - are outlined which have been adopted by the Commission of Inquiry of the 9th Deutscher Bundestag in adapting energy paths to the present situation.

The presentation in this report of the model computations with SOPKA-E is meant to be a documentation; this explains the considerable flood of figures. At this point the character of the energy paths should be recalled where figures serve to describe the quality of possible future developments and not to determine, e. g., the gasoline consumption in the year 2030 to the first decimal. However, in a computer model even quality cannot be expressed in any other way than by figures.

In den Jahren 1977/78 haben P. Jansen und P. Klumpp den Matrix-generator und Report-Writer SOPKA - System-Optimierungs-Programm Karlsruhe - für das lineare Programming Package MPSX/360 der IBM entwickelt. SOPKA ist ein flexibles Rechenprogramm, mit dem komplexe lineare Systeme auf einfache Weise abgebildet werden können. SOPKA ist in dieser Form für die Analyse von nuklearen Brennstoffzyklen im Rahmen von INFCE - International Nuclear Fuel Cycle Evaluation - und für das "Second Yellow Book" der OECD/NEA eingesetzt worden.

Die Flexibilität des Programmpaketes SOPKA erlaubte es 1979, als P. Jansen die Energiepfade in der Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik" betreute, den gesamten Energiefluß der Bundesrepublik Deutschland zu modellieren und verschiedene Vorstellungen über Energieentwicklungsmöglichkeiten abzubilden (SOPKA-E).

Der Autor möchte gegenüber P. Jansen und P. Klumpp seinen Dank für die Phase gemeinsamer Modellier-Arbeit zum Ausdruck bringen, die die Grundlage für die nachfolgenden Analysen war.



Inhaltsverzeichnis

1.	Zehn Jahre Energieprojektionen im Umfeld von Energiepolitik - eine Zusammenfassung	1
1.1.	Einleitung	1
1.2.	Das Energieprogramm 1973	2
1.3.	1. Fortschreibung des Energieprogramms 1974	6
1.4.	2. Fortschreibung des Energieprogramms 1977	9
1.5.	Die Energiepfade der Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik"	13
1.6.	3. Fortschreibung des Energieprogramms 1981	15
1.7.	Ausblick	20
2.	Ausführliche Zusammenstellung von Annahmen und Ergebnissen der Energiepfade der Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik"	23
2.1.	Grundlegende Vorgehensweise bei den Modell- rechnungen	23
2.2.	Allgemeines Wirtschaftswachstum/Struktur- wandel in der Wirtschaft	27
2.3.	Industrie	30
2.3.1.	Ausgangsbasis und Wachstum der ener- gienachfragenden Aktivitäten	30
2.3.2.	Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs	31
2.3.3.	Entwicklung des Energieverbrauchs	32
2.4.	Verkehr	32
2.4.1.	Ausgangsbasis der energienachfragen- den Aktivitäten	32
2.4.2.	Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten	34
2.4.3.	Entwicklung des spezifischen Energie- verbrauchs	36
2.4.4.	Entwicklung des Energieverbrauchs	37

2.5	Private Haushalte	37
2.5.1	Ausgangsbasis und Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten	38
2.5.2	Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und Beheizungsstruktur	39
2.5.3	Entwicklung des Energieverbrauchs	42
2.6	Kleinverbrauch (einschl. militärische Dienststellen)	46
2.6.1	Ausgangsbasis und Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten	46
2.6.2	Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und der Beheizungsstruktur	46
2.6.3	Entwicklung des Energieverbrauchs	47
2.7	Endenergie insgesamt	47
2.8	Nichtenergetischer Verbrauch	47
2.9	Energie-Umwandlungssektoren und Primärenergieverbrauch	53
2.9.1	Kohlewirtschaft	53
2.9.2	Mineralöl- und Gas-Wirtschaft	54
2.9.3	Regenerative Energien	55
2.9.4	Kernenergie	58
2.9.5	Elektrizitätswirtschaft	59
2.9.6	Fernwärmeversorgung	60
2.10	Zusammenfassende Darstellung der Energiepfade 2 und 3	62
2.11	Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse der Energiepfade 1 und 4	68
2.11.1	Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten	68
2.11.2	Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs	69
2.11.3	Entwicklung des Energieverbrauchs	69

3.	Nachbildung der Energie-Projektionen des "Gemeinschaftsgutachtens" mit dem Rechenmodell der Energiepfade	79
3.1	Einleitung	79
3.2	Wirtschaftliche Entwicklung und Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs im Sektor Industrie (= Verarbeitendes Gewerbe)	81
3.3	Die Entwicklung im Sektor Verkehr	86
3.4	Die Entwicklung im Sektor Private Haushalte	87
3.5	Die Entwicklung im Sektor Kleinverbrauch (einschl. militärische Dienststellen)	89
3.6	Die Entwicklung des gesamten Energieverbrauchs	90
3.7	Zusammenfassende Bewertung	95
3.8	Projektionen des Energieverbrauchs bis 2030	97
4.	Zur Aktualisierung der Energiepfade	102
4.1	Die Energiepfade in der öffentlichen Kritik	102
4.2	Neufassung der Energiepfade 2 und 3	104
	Literatur	114

1. Zehn Jahre Energieprojektionen im Umfeld von Energiepolitik
- eine Zusammenfassung

1.1 Einleitung

Für die Energieversorgung ist das 198. Jahrzehnt - national wie international - eine Zeit des Umbruchs und des Umdenkens. Während zu Beginn dieser Periode die Vorstellungen über die Zukunft der Energieversorgung noch von den Erfahrungen der Vergangenheit geprägt sind und eine einheitliche Tendenz zeigen, haben eine Grenzen-des-Wachstums-Philosophie, zwei Ölkrisen sowie eine ebenso leidenschaftlich wie emotional geführte öffentliche Diskussion über Segen oder Fluch der Kernenergie dazu geführt, daß zu Beginn der 80er Jahre die Vorstellungen über Energiezukunft in der Bundesrepublik Deutschland weit auseinanderklaffen. Es gibt nicht mehr nur eine Zukunft - es gibt viele Zukünfte.

Die Energiepfade der Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik" des Deutschen Bundestags sind der Versuch, die Ende der 70er Jahre vorherrschende Meinungsvielfalt "holzschnittartig zu modellieren". Um die Pfade von ihrem Inhalt her besser verstehen zu können, ist es notwendig, die energie-wirtschaftliche und -politische Entwicklung und den damit einhergehenden Umdenkprozeß der vorangegangenen Jahre zu kennen. Für eine solche Darstellung sind die Energieprogramme bzw. Fortschreibungen der Bundesregierung mit den Aussagen über zukünftige Energieversorgung in hervorragender Weise geeignet. Sie sind Spiegelbilder einzelner Marksteine auf dem Weg des Umdenkens. Im folgenden wird versucht, diesen Weg mit Hilfe des Energieprogramms und seiner Fortschreibungen nachzuzeichnen. Um einen Gesamt-Überblick der Veränderungen in der Energiepolitik der 70er Jahre zu bekommen, werden die Energiepfade hier ebenfalls kurz skizziert, außerdem die bisher letzte Fortschreibung des Energieprogramms, die zeitlich nach den Energiepfaden 1981 erscheint.

1.2 Das Energieprogramm 1973

Die erste umfassende programmatische Darstellung zukünftiger Energiepolitik in der BRD, das "Energieprogramm der Bundesregierung", datiert vom September 1973. Dieses Energieprogramm behandelt Perspektiven zukünftiger Energieversorgung, die bis ins Jahr 1985 reichen, und fußt dabei auf Fakten und Erfahrungen, die 15 Jahre - also bis 1957 - zurückreichen /1/. In diesen 15 Jahren ist die gesamtwirtschaftliche Entwicklung ebenso wie diejenige des Energieverbrauchs im wesentlichen krisenfrei verlaufen (Ausnahme: die wirtschaftliche Rezession 1966/67). Die kennzeichnenden Wachstumsgrößen dieser Periode sind folgende:

- die mittlere jährliche Wachstumsrate von Wirtschaft (reales Ertruttosozialprodukt) und Energie (Primärenergieverbrauch) liegt je nach betrachteter Zeitspanne zwischen 4 und 4,6 %/a,
- der Elastizitätsfaktor zwischen Wachstum von Wirtschaft und Energieverbrauch beträgt annähernd 1,
- die mittlere jährliche Wachstumsrate des Stromverbrauchs beträgt etwa 7 %/a.

Abb. 1 zeigt die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland seit 1950.

Im Energieprogramm 1973 wird diese Entwicklung der Vergangenheit für die Zukunft fortgeschrieben:

"Der Gesamtenergieverbrauch der Bundesrepublik wird entsprechend der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung auch bei sparsamer Verwendung zumindest zunächst weiter stark wachsen. Unter Zugrundelegung eines durchschnittlichen jährlichen Wachstums des realen

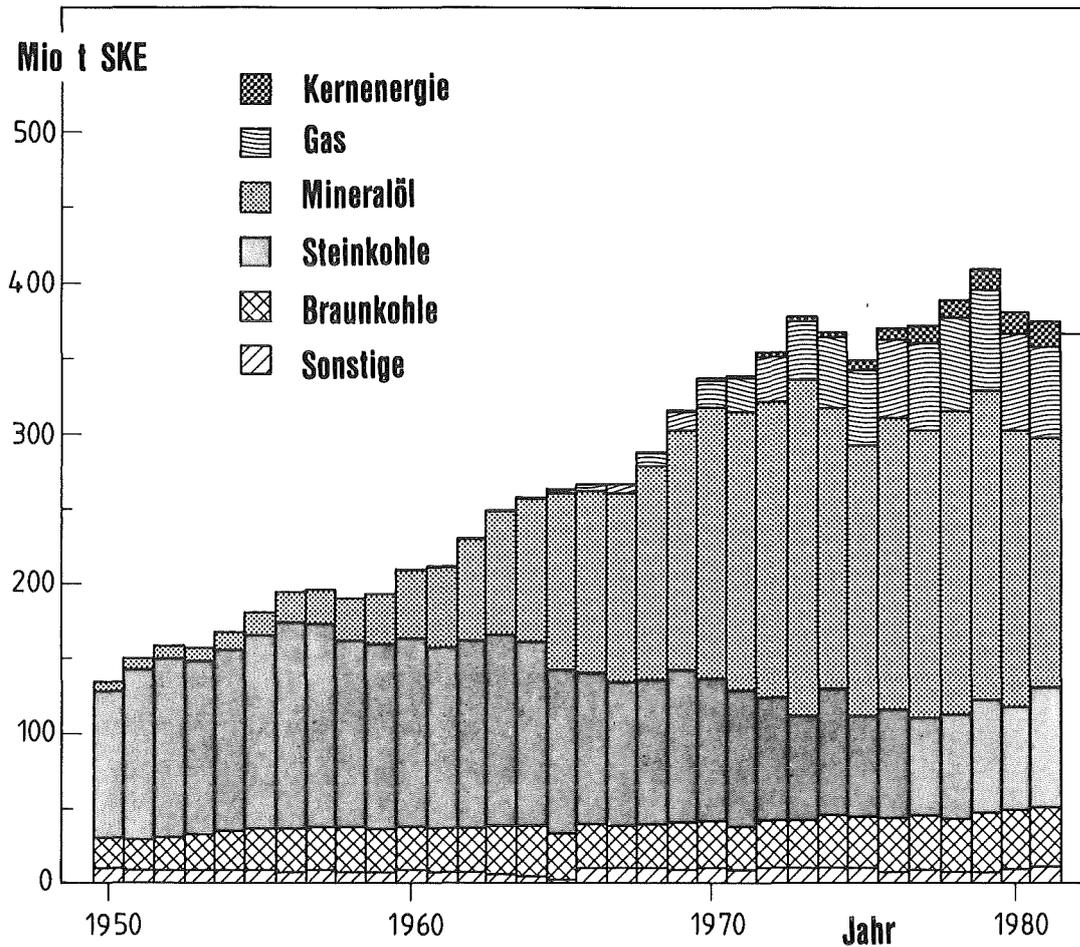


Abb. 1: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland

Bruttosozialprodukts für den Zeitraum bis 1975 von 4 % und für 1976 bis 1985 von 4,7 % ist mit einer Ausweitung des Verbrauchs an Primärenergie in der Bundesrepublik von 354,4 Mio t Steinkohle-Einheiten (SKE) im Jahre 1972 auf rd. 510 Mio t SKE im Jahre 1980 und rd. 610 Mio t SKE im Jahre 1985 zu rechnen. Dies bedeutet eine durchschnittliche jährliche Zunahme des Primärenergieverbrauchs von 4,3 %, eine Rate, die etwas unter dem jährlichen Durchschnittswachstum in den 60er Jahren liegt." (Energieprogramm 1973, S. 4).

Mit den Wachstumsprognosen befindet sich die Bundesregierung im Einklang mit den wirtschafts-wissenschaftlichen Institutionen (DIW Berlin, RWI Essen, Energiewirtschaftliches Institut der Universität Köln).

Menge und Zusammensetzung des zukünftig zu erwartenden Energieangebots sind in Tabelle 1 (linke Seite) angegeben.

Die Fortschreibung der bisherigen krisenfreien Entwicklung wird im Energieprogramm wie folgt umrissen:

"Diese Tabelle geht aus von einem wirtschaftlich und politisch insgesamt ungestört funktionierenden Weltenergiemarkt, einem maßvollen Preisanstieg bei Mineralöl, einem ebenfalls maßvollen Anstieg der Gewinnungskosten bei Steinkohle, von im wesentlichen unveränderten Wechselkursen und einem bedarfsgerechten Ausbau der Energieversorgungsanlagen." (Energieprogramm 1973, S. 5).

Tabelle 1: Prognose des Energieverbrauchs in der BRD aus den Jahren 1973 und 1974

(a) Mio t SKE (b) %	Energieprogramm 1973				1. Fortschreibung 1974			
	1980		1985		1980		1985	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Mineralöl	275	54	330	54	221	47	245	44
Steinkohle	58	11	50	8	82	17	79	14
Naturgas	82	16	92	15	87	18	101	18
Braunkohle	39	8	38	6	35	7	38	7
Kernenergie	45	9	90	15	40	9	81	15
Sonstige	11	2	10	2	10	2	11	2
Primärenergie- verbrauch insgesamt	510	100	610	100	475	100	555	100

Schlagwortartig ergeben sich bei den einzelnen Energieträgern folgende Akzente zukünftiger Energiepolitik:

Mineralöl: Sicherstellung der längerfristigen Versorgung und Vorsorge gegen kurzfristige Versorgungsstörungen (Der Mineralölanteil wird auch in der Zukunft über 50 % liegen).

Erdgas: Ausweitung der internationalen Erdgaslieferungen.

Steinkohle: Aufrechterhaltung eines angemessenen Beitrags heimischer Steinkohle an der Energieversorgung - trotz Kostennachteilen. Absatzziele für die Stromerzeugung sowie für die in- und ausländische Eisen- und Stahlindustrie.

Braunkohle: Beibehaltung des derzeitigen Beitrags, dazu Erschließung neuer Lagerstätten.

Kernenergie: Sehr starker Ausbau der Kernenergie (Kraftwerke und Anlagen des Brennstoffkreislaufs), da umweltfreundlich, versorgungssicher und gegenüber konventioneller Stromerzeugung bereits kostengünstiger.

"Die Bundesregierung hält deshalb die optimale Nutzung der Kernenergie für die Sicherung der langfristigen Energieversorgung für notwendig und energiepolitisch für dringend erforderlich.

.....

Die Bundesregierung ist deshalb der Auffassung, daß die Kernkraftwerkskapazität so zügig wie möglich ausgebaut werden muß. Sie hält als Minimalziel die Installierung einer Kapazität von 18 000 Megawatt bis 1980 und von 40 000 Megawatt bis 1985 (besser 50 000 Megawatt) für erforderlich." (Energieprogramm 1973, S. 10).

1.3 1. Fortschreibung des Energieprogramms 1974

Es ist eine Ironie des Schicksals, daß das Erscheinen des ersten Energieprogramms gleichzeitig auch das Ende einer bis dahin im wesentlichen ungestörten Entwicklung auf dem Weltenergiemarkt markiert. Eben diese ungestörte Entwicklung wird aber als Randbedingung für das Erreichen der angegebenen Prognosewerte des Energieverbrauchs genannt.

Im arabisch-israelischen Krieg vom Oktober 1973 setzen die Araber erstmals Mineralöl als politische Waffe ein: Die OPEC-Länder beschließen eine Kürzung der Mineralölförderung sowie ein Embargo gegen Staaten, die Israel wohlgesonnen sind. Davon betroffen sind vor allem die USA, aber auch die Niederlande mit dem für die Bundesrepublik so bedeutsamen Ölhafen Rotterdam.

Obwohl die Mineralölversorgung weltweit während dieser Zeit nie ernsthaft in Gefahr ist, führt das panikartige Verhalten des Marktes dazu, daß quasi über Nacht der Ölpreis von 2 - 3 \$/barrel auf Werte um 20 \$/barrel eskaliert, um dann auf 10 - 12 \$/barrel einzupendeln. In dieser Höhe wird er dann von der OPEC festgeschrieben. Im Nachhinein zeigt sich, daß die Ölkrise 1973 in Wahrheit keine Mengen- sondern eine Preiskrise gewesen ist /2/.

Die erste Fortschreibung des Energieprogramms vom Herbst 1974 ist die unmittelbare Antwort auf die Ölkrise 1973 und die damit einhergehenden Veränderungen in den Ausgangsdaten und Bedingungen für die deutsche Energiepolitik /3/.

Als wichtige neue Tendenzen werden genannt:

- die Energienachfrage steigt weltweit deutlich langsamer,

- das gesamte Energiepreinsniveau hat sich erhöht,
- die Exploration zusätzlicher Energiequellen wird verstärkt angereizt. Bisher wegen zu hoher Kosten unwirtschaftliche Energievorkommen können die Rentabilitätsschwelle überschreiten oder kommen ihr nahe,
- neue Technologien der Energieerzeugung, des -transports und der -verwendung erhalten weltweit größere Chancen. Möglichkeiten zur rationellen Energienutzung und zur Energierückgewinnung treten stärker in den Vordergrund. Die Forschungsanstrengungen werden weltweit verstärkt.

Dies führt im einzelnen gegenüber 1973 zu folgenden Akzentverschiebungen:

- Ein geringeres gesamtwirtschaftliches Wachstum sowie eine sparsamere und rationellere Energieverwendung führen dazu, daß der Energieverbrauch in der Bundesrepublik insgesamt langsamer steigen wird. Für 1980 wird ein Verbrauch von 475 Mio t SKE vorhergesagt, für 1985 555 Mio t SKE (Einzelheiten siehe Tabelle 1, rechte Seite).
- Der Anteil von Mineralöl wird zugunsten von Steinkohle und Erdgas zurückgedrängt, er fällt deutlich unter 50 % (1973: 55 %).
- Die Bedeutung von Steinkohle als einer heimischen Energiequelle wird noch stärker hervorgehoben. Die Absatzziele werden von insgesamt 83 Mio t (1973) auf ca. 90 Mio t erhöht. Planzahlen für die Errichtung neuer Steinkohlekraftwerke zur Stromerzeugung werden genannt.

- Eine verbesserte Krisenvorsorge schlägt sich insbesondere in der Erhöhung der Vorratspflicht bei Mineralöl nieder.
- Energieeinsparungen erhalten einen deutlich höheren energiepolitischen Stellenwert.
- Ähnliches gilt für die Energieforschung außerhalb des nuklearen Bereichs. Das "Rahmenprogramm Energieforschung (1974 - 1977)" schafft dazu die notwendigen Voraussetzungen. Schwerpunkt ist dabei zunächst die Kohleveredelung.

Die seit Anfang der 70er Jahre bestehende Auseinandersetzung in der Öffentlichkeit um Nutzen und Risiken der Kernenergie findet sich im Energieprogramm nur sehr zurückhaltend wieder. Sie hat Ende 1974 ihren Höhepunkt allerdings noch längst nicht erreicht. Der energiepolitische Stellenwert der Kernenergie wird unverändert beibehalten:

"Angesichts der Entwicklung in den zurückliegenden Monaten ist jetzt die Installierung von 20 000 MWe für 1980 - dies entspricht einem Anteil an der Stromerzeugung von 25 % - und 45 000 MWe für 1985 erforderlich. Es ist wünschenswert, daß sogar 50 000 MWe erreicht werden, damit diese Energie mit 45 % an der Stromerzeugung beteiligt ist.

.....

Die Bundesregierung hält ... fest, daß der Schutz der Bevölkerung vor möglichen Schäden absolute Priorität bei der Nutzung der Kernenergie besitzt." (1. Fortschreibung 1974, S. 15, 16).

1.4 2. Fortschreibung des Energieprogramms 1977

Bis zum Erscheinen der 2. Fortschreibung - am 14. Dezember 1977 - gehen drei Jahre ins Land. Die wirtschaftliche Entwicklung, die als Folge der Ölpreiskrise zunächst negativ verläuft (1974: + 0,4 %, 1975: - 1,8 % Wachstum), zeigt anschließend wieder einen deutlichen Aufwärtstrend (1976: + 5,3 %, 1977: + 2,8 % Wachstum). Der Primärenergieverbrauch erreicht 1977 mit 372 Mio t SKE wieder nahezu den Vorkrisenwert des Jahres 1973 von 378 Mio t SKE; das Ziel, den Mineralölanteil unter die 50 %-Marke zu drücken, wird allerdings nicht erreicht (siehe Abb. 1).

Für die Kernenergie sind es magere Jahre. Lediglich das Brasilien-Geschäft 1975 gibt noch Anlaß zu einigem Optimismus. Ansonsten signalisieren Namen wie Wyhl (1975), Brokdorf (1976) und Kalkar (1977) den vorläufigen Höhepunkt der Kernenergie-Kontroverse in der Bundesrepublik Deutschland. Der 1975 einsetzende "Bürgerdialog Kernenergie" trägt nicht zur Entspannung bei; die Auseinandersetzung um die Kernenergie verlagert sich zunehmend auf die Ebene von Verwaltungsgerichten. Die nur zögernd vorangehenden Planungen für das integrierte Entsorgungskonzept (Anfang 1977 wird Gorleben als Standort erstmals genannt), sowie die Kopplung des Genehmigungsverfahrens für neue Kernkraftwerke an Auflagen für die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente ("Entsorgungsjunktim") lassen das Gespenst eines längeren Kernenergie-Moratoriums in greifbare Nähe rücken. In der politischen Diskussion wird die Kernenergie auf die Ebene einer Restbedarfs-Energiequelle zurückgestuft, einer "Option", die es "offenzuhalten" gilt.

Die 2. Fortschreibung des Energieprogramms /4/ ist vor diesem Hintergrund zu sehen. Der Zwiespalt zwischen dem Festhalten an den traditionellen Werten wirtschaftlicher Entwicklung einerseits und den zunehmenden Schwierigkeiten bei der Beschaffung der dafür notwendigen Energieträger in ausreichenden Mengen andererseits ist vor allem bei den neuen Energieprojektionen zu erkennen.

Sparsame und rationelle Energieverwendung wird jetzt an erster Stelle genannt und ist damit "Energiequelle Nr. 1" geworden. Die Restbedarfs-Philosophie bei der Kernenergie kommt wie folgt zum Ausdruck:

"Auch nach vorrangiger Nutzung anderer Möglichkeiten, insbesondere

- der rationellen Verwendung und Einsparung von Energie, der Verbesserung des Wirkungsgrades bei Energieerzeugung und -verbrauch,
- sowie der Nutzung anderer Energieträger, vor allem der deutschen Stein- und Braunkohle,

hält die Bundesregierung zur Deckung des mittel- und langfristigen Kapazitätsbedarfs in den einzelnen Lastbereichen, insbesondere auch unter regionalen Aspekten, den Bau weiterer Kernkraftwerke in einem so begrenzten Ausmaß für unerlässlich und - auch aufgrund des erreichten hohen Sicherheitsstandards - für vertretbar. Die Durchführung neuer Projekte wird auch die energie- und industriepolitisch notwendige Option für die Weiterentwicklung der Kernenergie offenhalten." (2. Fortschreibung 1977, S. 20, 21).

Für die Prognose des zukünftigen Energieverbrauchs, die jetzt bis 1990 reicht, wird ein gesamtwirtschaftliches Wachstum von

4 %/a von 1975 - 1985 und
3,5 %/a von 1986 - 1990 unterstellt.

"Ein Wachstum in der Größenordnung von etwa 4 % p. a. ist nach Auffassung der Bundesregierung erforderlich, um die Beschäftigungsprobleme zu lösen, die Finanzierung der sozialen Sicherungssysteme sowie die Konsolidierung der öffentlichen Haushalte zu gewährleisten und um eine Reihe weiterer wichtiger gesellschaftlicher und ökonomischer Ziele zu verwirklichen." (2. Fortschreibung 1977, S. 31).

Mit dieser Vorgabe wird von den wirtschaftswissenschaftlichen Instituten - DIW Berlin, RWI Essen, Universität Köln - folgende Entwicklung des Energieverbrauchs vorausgeschätzt (siehe Tabelle 2, Referenzfall).

Tabelle 2: Prognosen des Energieverbrauchs in der BRD bis 1990 und Perspektiven bis 2000 (1977)

(in Mio t SKE)	Prognose 1985		Prognose 1990		Perspektive 2000	
	Referenzfall	Variante	Referenzfall	Variante	Referenzfall	Variante
<u>Primärenergie</u>						
Mineralöl	223		226		162	151
Steinkohle	75		80		102	107
Braunkohle	35		35		38	44
Erdgas	88		90		97	94
Kernenergie	50		83		163	126
Sonstige	12		16		38	38
Insgesamt	483	470	530	515	600	560
<u>Endenergie</u>						
Industrie	111		121			
Haushalte/ Kleinverbrauch	141		147			
Verkehr	56		60			
Insgesamt	308		328			
<u>Nicht-energetischer Verbrauch</u>						
	39		43			

Die genannte Entwicklung des Primärenergieverbrauchs entspricht einem mittleren jährlichen Wachstum von 3,3 % bis 1985 und 1,9 % danach. Die Wachstumsraten des Stromverbrauchs sind 5,6 %/a bis 1985 und 4,2 %/a bis 1990.

Die längerfristige Perspektive bis zum Jahre 2000 basiert auf einem gesamtwirtschaftlichen Wachstum 1985 - 2000 von durchschnittlich rund 3 % pro Jahr, hierbei steigt der Primärenergieverbrauch bis 2000 auf 600 Mio t SKE pro Jahr, also um durchschnittlich 1,5 %/a. Insgesamt ist bereits eine deutliche Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauchswachstum festzuhalten. Der Ausbau der Kernenergie ist gegenüber der 1. Fortschreibung stark nach unten korrigiert, der Kernenergiebeitrag entspricht folgender Kraftwerkskapazität:

1985:	24 000 MWe
1990:	40 000 MWe
2000:	75 000 MWe

Neben dem Referenzfall wird eine Variante der Energieverbrauchsentwicklung angegeben, die von einem im Durchschnitt um 0,5 % verminderten Wirtschaftswachstum ausgeht, und dementsprechend zu niedrigeren Werten des Energieverbrauchs führt. Der Unterschied im Jahre 2000 beruht dabei im wesentlichen auf einem verminderten Kernenergieausbau; statt der vorausgeschätzten Kapazität von 75 000 MWe (Referenzfall) werden in der Variante nur ca. 55 000 MWe als realistisch angenommen (siehe Tabelle 2).

1.5 Die Energiepfade der Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik"

Diskussionen und Verzögerungen im Zusammenhang mit dem Genehmigungsverfahren des Schnellbrüter-Prototyp-Kernkraftwerks SNR 300 in Kalkar führen dazu, daß im Rahmen einer energiepolitischen Debatte im Deutschen Bundestag am 14. Dezember 1978 die längerfristige Rolle der Kernenergie und insbesondere das Projekt SNR 300 ausführlich diskutiert wird /5/. In namentlicher Abstimmung wird der Weiterbau des SNR 300 beschlossen, jedoch -

"angesichts der noch bestehenden Bedenken erwartet der Deutsche Bundestag, daß vor einer möglichen Inbetriebnahme des SNR 300 erneut eine Entscheidung des Deutschen Bundestags aufgrund einer grundsätzlichen politischen Debatte herbeigeführt wird.

.....

Zur Vorbereitung dieser Entscheidungen wird der Deutsche Bundestag eine Enquete-Kommission einsetzen, die diese Technologien ... eingehend untersucht." (Zur Sache 1/80, S. 10).

Diese Kommission wird im Mai 1979 eingesetzt. Die zukünftige Rolle der Kernenergie in der Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland wird dort sehr ausführlich diskutiert. Hierbei hat sich die Kommission folgende Frage gestellt:

"Ist die Nutzung der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf mögliche nationale, europäische und weltweite Energiebedarfs- und -angebotsentwicklungen eine Notwendigkeit oder eine Möglichkeit, auf deren Nutzung verzichtet werden könnte?" (Zur Sache 1/80, S. 14).

Die Fragestellung spiegelt bereits die Diskussion um Pro und Contra der Kernenergie wider, wie sie in der Öffentlichkeit und in den gesellschaftlichen Gruppierungen geführt wird.

Als Hilfestellung zur Beantwortung der obigen Frage versucht die Kommission,

"das Spektrum der in Frage kommenden möglichen Ausgestaltungen von Energieversorgungsstrukturen in vier energiepolitischen Pfaden quantitativ zu beschreiben und mit ihnen das in der Kommission vertretene Meinungsspektrum wiederzugeben.

.....

Die Kommission versteht die quantitative Ausgestaltung der vier energiepolitischen Pfade als ein probeweises Ausleuchten von diskutierten Zukunftsperspektiven. Sie ist sich der Unsicherheit in den quantitativen Annahmen bewußt." (Zur Sache 1/80, S. 49).

Inhaltlich lassen sich die vier Energiepfade, die dem Stande des Wissens von Anfang 1980 entsprechen, wie folgt beschreiben:

Pfad 1

entspricht dem traditionellen Verständnis von Wirtschaftswachstum und Energiebereitstellung. Mittlere Strukturveränderungen in der Wirtschaft, Energieeinsparungen entsprechend dem bisherigen Trend. Primärenergieträger, darunter auch Kernenergie, stehen in ausreichenden Mengen zur Verfügung.

Pfad 2

geht von erheblichen Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Primärenergieträgern in der Zukunft aus. Mittlerer Strukturwandel in der Wirtschaft, starke Energieeinsparungen. Gegenüber Pfad 1 geringeres Wirtschaftswachstum. Einsatz von Kernenergie.

Pfad 3

wie Pfad 2 erhebliche Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Primärenergieträgern, längerfristig keine Nutzung der Kernenergie. Starker Strukturwandel in der Wirtschaft, der sich dämpfend auf die Energienachfrage auswirkt, sehr starke Energieeinsparungen.

Pfad 4

umfassende Reduzierung des Verbrauchs an Mineralöl und Erdgas, Energieversorgung beruht langfristig auf Kohle und regenerativen Energiequellen. Starker Strukturwandel in der Wirtschaft, extreme Energieeinsparungen. Keine Kernenergienutzung.

Pfad 1 löst das Energieproblem von der Angebotsseite her und entspricht in seiner quantitativen Ausgestaltung in etwa der 2. Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung.

Bei Pfad 4 wird umgekehrt das Energieproblem von der Nachfrageseite her gelöst. Quantitativ kommt Pfad 4 in die Nähe von Szenarien, die das ÖKO-Institut, Freiburg, unter dem Titel: "Energiewende - Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran" in dieser Zeit erarbeitet hat /6/.

Eine kurzgefaßte Zusammenfassung der Annahmen für die Energiepfade findet sich in Tabelle 3, eine Zusammenstellung der wichtigsten Zahlenergebnisse in Tabelle 4. Eine ausführliche Darstellung des Rechenvorgehens, der Einzelannahmen und -ergebnisse erfolgt in Kapitel 2.

1.6 3. Fortschreibung des Energieprogramms 1981

Die dritte und vorläufig letzte Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung erscheint am 4. November 1981 /7/. In den vergangenen vier Jahren seit dem Erscheinen der

Tabelle 3: Charakteristika der vier Energiepfade

	Pfad 1	Pfad 2	Pfad 3	Pfad 4
Wirtschaftswachstum vor 2000 nach 2000	3,3 % / a 1,4 % / a	— 2,0 % / a — — 1,1 % / a —		
Strukturwandel in der Wirtschaft	— mittel —		— stark —	
Energie-Einsparungen	„Trend“	„stark“	„sehr stark“	„extrem“
Verfügbarkeit von Primärenergie				
– Fossile Brennstoffe	ausreichend	— begrenzt —		stark reduziert
– Kernenergie	umfangreich	beschränkt	0	0
– Regenerative Energie	— zu erwartender Trend —			maximal möglich

Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse der vier Energiepfade

(in Mio t SKE)	2000				2030			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<u>Primärenergie</u>								
Kohle	175	145	145	130	210	160	160	145
Mineralöl + Erdgas	250	190	190	165	250	130	130	65
Kernenergie	135	70	-	-	290	210	-	-
(in GWe)	(77)	(40)	-	-	(165)	(120)	-	-
Regen. Energien	40	40	40	50	50	50	70	100
Insgesamt	600	445	375	345	800	550	360	310
<u>Endenergie</u>								
Industrie	139	108	87	86	187	127	86	85
Haushalte/Klein- verbrauch	154	137	125	108	171	136	110	76
Verkehr	72	53	53	51	88	54	54	50
Insgesamt	365	298	265	245	446	317	250	211
Nicht-energeti- scher Verbrauch	50	42	34	34	67	52	34	34

2. Fortschreibung hat die Energiepolitik weltweit wie national wiederum für einige Schlagzeilen gesorgt. Diese Schlagzeilen sind:

- Restriktive Kernenergiepolitik der USA; Präsident Carter verschiebt Brütereinführung und kommerzielle Wiederaufarbeitung aus Proliferationsgesichtspunkten auf unbestimmte Zeit (1977/78);
- Kernenergiepolitik der USA führt zu INFCE: International Nuclear Fuel Cycle Evaluation (1978/79);
- Umsturz im Iran und Ausfall der iranischen Ölproduktion führen weltweit zur 2. Ölkrise (1979), als Folge davon verdreifacht sich der Mineralölpreis - er steigt bis auf 34 \$/barrel;
- Unfall im Kernkraftwerk Three Mile Island (März 1979);
- Gorleben-Hearing ("Rede - Gegenrede") führt aus politischen Gründen zum vorläufigen Scheitern des integrierten Entsorgungskonzepts in Deutschland (März 1979).

Der Energieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland ist bis 1979 zunehmend, um dann als Folge der 2. Ölkrise und des damit einhergehenden wirtschaftlichen Einbruchs wieder zurückzugehen. Der Primärenergieverbrauch ist 1981 genau so hoch wie 1977 (siehe Abb. 1). 1980 sinkt der Mineralölanteil erstmals unter die magische Schwelle von 50 %.

Die deutsche Energiepolitik reagiert naturgemäß auf die genannten Ereignisse; das Leitmotiv der Politik wird gleich im ersten Abschnitt hervorgehoben:

"Mit der Dritten Fortschreibung des Energieprogramms legt die Bundesregierung ihre Politik dar, mit der sie in den nächsten Jahren den Anpassungsprozess der

deutschen Volkswirtschaft an die weltweit veränderte Energiesituation abstützen und weiterführen wird."

(3. Fortschreibung 1981, S. 5).

In der Präambel werden folgende Schwerpunkte zur Sicherung der Energieversorgung genannt:

- die Einsparpolitik behält eindeutigen Vorrang bei allen unseren Anstrengungen.
- Wir führen die Politik des "weg vom Öl" konsequent fort; d. h. weitere Verdrängung des Öls durch Kohle, Kernenergie, Erdgas und auch durch erneuerbare Energieträger.
- Unsere bisher erfolgreichen Bemühungen um eine breitere Streuung der Energieeinfuhren werden fortgesetzt.
- Die Bundesregierung sagt in ihrer Energiepolitik ein klares Ja zur Berücksichtigung der umweltpolitischen Erfordernisse.

Die "Restbedarfs-Philosophie" bei der Kernenergie ist in der 3. Fortschreibung wieder verschwunden; zu Beginn der 80er Jahre ist die Kernenergie energiepolitisch wieder etwas im Aufwind:

"Die Kernenergie muß aus den dargelegten energie- und industriepolitischen Gründen - Grenzen für die Nutzung der anderen Energieträger, weiter wachsender Strombedarf, Strompreisniveau und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft - einen weiter steigenden Beitrag zur Stromerzeugung in der Grundlast leisten.

.....

Der größere Beitrag der Kernenergie erleichtert die Herausnahme des Gases und langfristig auch teilweise der Braunkohle aus dem Grundlastbereich der Kraftwerke, so daß diese Energieträger in Zukunft stärker als Rohstoff und als Alternative zum Öl zur Verfügung stehen. Dadurch verringern sich die Risiken der Ölabhängigkeit." (3. Fortschreibung, S. 42/43).

Im Zusammenhang mit der 3. Fortschreibung hat der Bundesminister für Wirtschaft die drei bereits genannten Institute - DIW Berlin, RWI Essen, EWI Köln - gemeinsam beauftragt, in einem Gutachten den "Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland und seine Deckung bis zum Jahre 1995" zu untersuchen. Das Ergebnis dieses sog. Gemeinschafts-Gutachtens sind drei verschiedene Energieverbrauchsprojektionen.

Im Gegensatz zu früheren Programmen fällt diesmal die Zurückhaltung auf, mit der die Vorausschätzungen des Energieverbrauchs in das Energieprogramm einbezogen sind. 1973 und 1974 sind die dort genannten Prognosen diejenigen der Bundesregierung. 1977 sind die Prognosen zwar als solche der drei Institute ausgewiesen; sie sind aber nach entsprechenden wirtschaftlichen Vorgaben der Bundesregierung erstellt worden.

1981 sind die Institute in der Wahl der Basisannahmen für ihre Vorausschätzungen frei gewesen. Dafür aber -

"... macht sich die Bundesregierung, ebenso wie in der Zweiten Fortschreibung des Energieprogramms von 1977, die Ergebnisse dieser von den Instituten in eigener Verantwortung erstellten Vorausschätzungen nicht zu eigen; dies gilt insbesondere für die einzelnen Zahlen und für die von den Instituten für 1995 genannte Kernkraftwerkskapazität." (3. Fortschreibung 1981, S. 16).

Die Bundesregierung wertet die Ergebnisse der Institute lediglich als plausible Einschätzung der vorherrschenden Trends. Tabelle 5 zeigt eine Zusammenstellung wichtiger Ergebnisse der Projektionen des Gemeinschaftsgutachtens. Eine ausführliche Darstellung der Annahmen und Ergebnisse für das Jahr 1995 ist in Kapitel 3 enthalten.

Tabelle 5: Energieprojektionen des Gemeinschaftsgutachtens

(in Mio t SKE)	1985			1990			1995		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<u>Endenergie</u>									
Industrie	96.3	99.1	94.0	103.6	106.4	99.4	109.0	114.7	104.3
Haushalte	68.9	69.2	68.4	66.6	67.4	70.4	66.4	67.0	70.6
Kleinverbrauch	48.0	48.0	46.0	48.2	48.4	47.5	48.5	49.1	47.5
Verkehr	59.9	61.5	58.8	58.4	60.6	57.2	57.9	60.6	56.5
Gesamt	273.1	277.8	267.2	276.8	282.8	274.5	281.8	291.4	278.9
Nicht-energetischer Verbrauch	32.3	36.5	31.5	34.2	41.7	32.8	35.4	46.6	33.8
<u>Primärenergie</u>									
Steinkohle	85.5	87.5	85.0	97.4	100.7	95.0	103.7	108.6	100.7
Mineralöl	183.8	189.9	177.0	170.3	179.6	166.7	157.6	170.0	153.9
Braunkohle	35.2	35.2	35.4	38.0	38.3	38.3	38.5	39.8	38.3
Naturgas	71.0	73.0	71.3	73.3	75.6	73.5	73.7	78.6	74.1
Kernenergie	35.4	35.4	34.9	54.2	54.2	53.2	80.3	83.4	77.8
(in GWe)	(17.6)	(17.6)	(17.6)	(26.5)	(26.5)	(26.5)	(38.0)	(39.5)	(36.8)
Wasserkraft, Sonstige	12.3	12.3	12.1	12.7	13.9	12.6	15.0	16.3	14.8
Gesamt	423.2	433.3	415.7	445.9	462.3	439.3	468.8	496.7	459.6

1.7 Ausblick

Die bisher genannten Energie-Prognosen, -Projektionen, -Szenarien, -Pfade sind in Abb. 2 im Zusammenhang dargestellt. Abb. 2 scheint den Eindruck zu vermitteln, daß bei der zukünftigen Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland noch "alles offen ist". Hinzu kommt, daß der Primärenergieverbrauch seit 1979 bis heute nahezu kontinuierlich gefallen ist - der Verbrauch von 1982 (365 Mio t SKE) ist gleich hoch wie 1974. Aus dieser kurzfristigen Entwicklung allerdings den Schluß zu ziehen, die weitere zukünftige Entwicklung gehe in Richtung der Energiepfade 3 und 4, ist nicht gerechtfertigt.

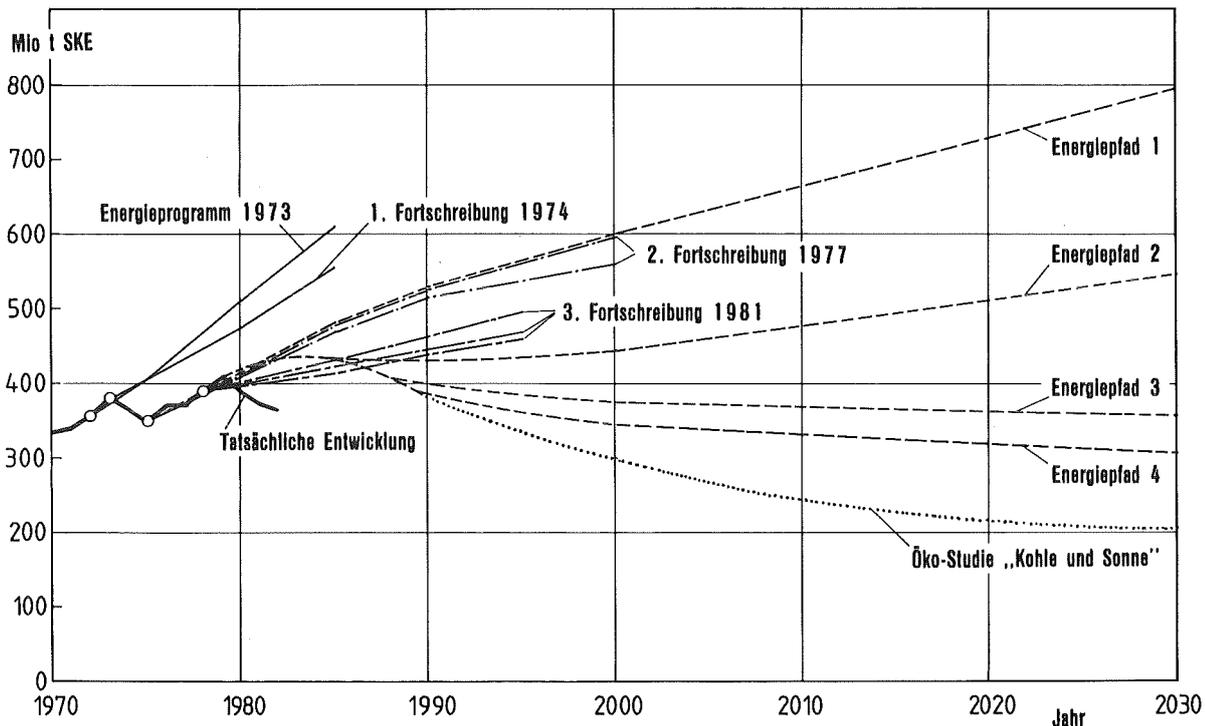


Abb. 2: Energieprojektionen für die Bundesrepublik Deutschland

Alle Energiepfade gehen von einem deutlichen Wachstum im Produktions- wie im Konsumbereich aus. Beides ist aber in der Wirklichkeit bis 1982 nicht bzw. nicht in dem gewünschten Maße erfolgt. Im ersten Fall ist durch die Zuordnung von Wachstum der Wirtschaft (BSP) und Energieverbrauch noch am ehesten eine Aussage über Energieeinsparungen möglich, wobei allerdings technische Einsparungen und Einsparungen durch strukturelle Änderungen sich hier teilweise vermischen. Im Konsumbereich sind hierzu keinerlei Aussagen mehr möglich. Das Absenken der Raumwärmtemperatur, das Beheizen weniger Räume oder geringeres Autofahren erfüllen zwar den Zweck, den Geldbeutel des Verbrauchers zu entlasten; der auf diese Weise verminderte Energieverbrauch entspricht aber nicht den Intentionen der Energiepfade. Hier wird die Vielschichtigkeit des Begriffs Energiesparen deutlich.

Die Mehrheit der Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik" des 8. Deutschen Bundestags hat sich zur Frage der längerfristigen Nutzung der Kernenergie wie folgt geäußert:

"Es ist heute in breitem Konsens nicht möglich, sich für oder gegen die langfristige Nutzung der Kernenergie auszusprechen. Die Kommission erwartet, daß man um 1990 besser entscheiden kann, auf welchen der beiden grundsätzlichen Wege unser Land längerfristig setzen sollte." (Zur Sache 1/80, S. 194).

Aus dieser Entscheidungs-Unsicherheit heraus empfiehlt die Kommission, in den 80er Jahren eine Politik umzusetzen, die als rationale und faire Vermittlung beider Wege angelegt ist. Dies bedeutet auf der einen Seite, die nukleare Option versorgungs- und industriepolitisch zu erhalten, u. a. durch den Zubau neuer Kernkraftwerke im Rahmen des Bedarfs (Pfad 2), auf der anderen Seite aber Energieeinsparungen und die Nutzung erneuerbarer Energieträger ernsthaft, glaubwürdig und so stark wie möglich zu fördern (Pfad 3).

Der Beweis, daß der Pfad 3 ohne Kernenergie der richtige Weg in die Energiezukunft Deutschlands darstellt, ist bis heute nur sehr zögernd angetreten, geschweige denn schon erfolgreich demonstriert worden.

Es könnte allerdings auch sein, daß die Frage nach der Notwendigkeit der Kernenergie auch in der Zukunft und aus der Zukunft nicht zu beantworten ist. Dies hieße, daß die Frage falsch gestellt ist. Letztendlich geht es darum, ob wir Kernenergie in einer zukünftigen Energieversorgung einsetzen wollen oder nicht - mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen.

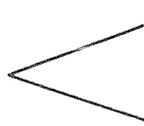
2. Ausführliche Zusammenstellung von Annahmen und Ergebnissen der Energiepfade der Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik"

2.1 Grundlegende Vorgehensweise bei den Modellrechnungen

Für die Berechnungen der Energiepfade ist ein System-Optimierungs-Programm (SOPKA), das im Kernforschungszentrum Karlsruhe entwickelt und ursprünglich für die Analyse von nuklearen Brennstoffzyklen eingesetzt worden ist, zu einem allgemeineren Energiemodell SOPKA-E erweitert worden /8, 9/.

Die grundlegende Vorgehensweise in diesem Modell ist dabei folgende: Die gesamte Energienachfrage der Bundesrepublik Deutschland wird sektoral und nutzungsorientiert in eine Reihe von Einzelpositionen zerlegt:

Sektoral

- Private Haushalte 
 - Ein/Zweifamilienhäuser
 - Mehrfamilienhäuser
- Kleinverbrauch
- Industrie 
 - Grundstoff- und Produktionsgüter-Industrie
 - übrige Industrie
- Verkehr 
 - Privater Verkehr
 - Gewerblicher Verkehr

Nutzungsorientiert

- Raumwärme
- Prozeßwärme
- Licht und Kraft

Jeder einzelnen Position liegen naturgemäß wirtschaftliche Aktivitäten zugrunde, die die Energienachfrage hervorrufen. Für jede dieser Positionen wird die zeitliche Entwicklung und eine zeitlich variable Deckungsmöglichkeit mit Energieträgern nach einem Schema behandelt wie es in Abb. 3 dargestellt ist.

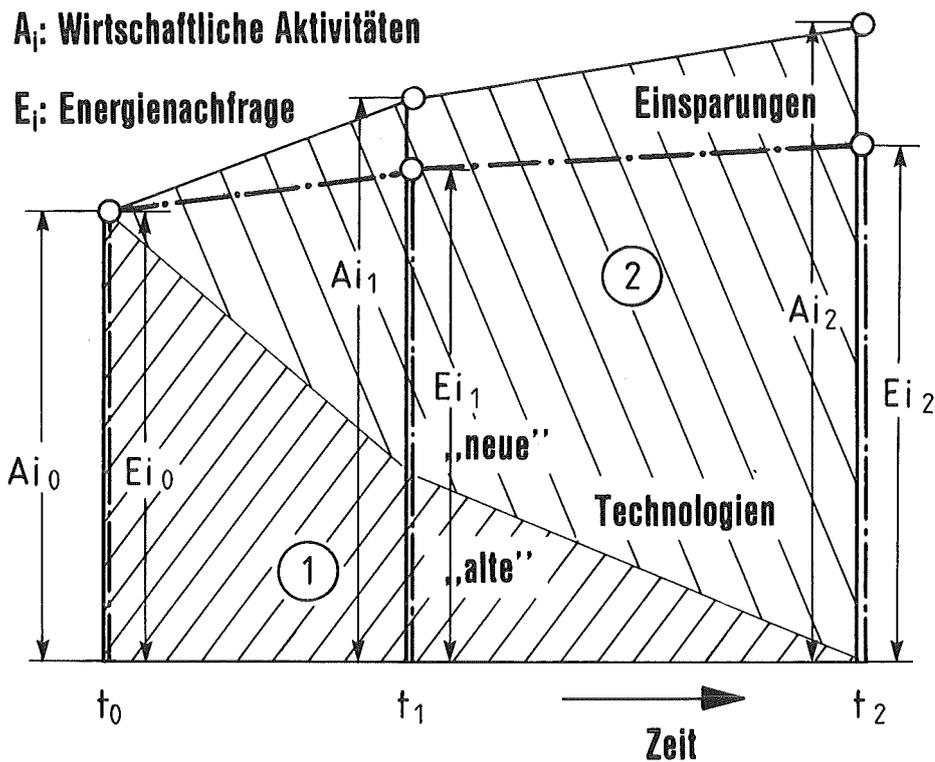


Abb. 3: Schema für die Berechnung der Energiepfade

Die Annahmen über das Wachstum der einzelnen energienachfragenden Aktivitäten A_i (z. B. die beheizte Raumfläche in Mehrfamilienhäusern bei den Privaten Haushalten) werden von außen vorgegeben - und zwar in Faktoren relativ zur Ausgangsbasis. Zum Ausgangszeitpunkt der Betrachtung t_0 erfolgt die Deckung der Energienachfrage zu 100 % durch sog. "alte" Technologien, die die bestehende Versorgungsstruktur und bestehende Techniken des Energieeinsatzes beschreiben (für das Beispiel Raumwärme in Mehrfamilienhäusern der Privaten Haushalte: 5 % Elektroheizung,

5 % Fernwärme, 90 % fossile Brennstoffe in Einzel- und Sammelheizungen; die absoluten Mengen an eingesetzter Energie charakterisieren dabei den heutigen Stand der Energietechnik).

Zwischen t_0 und t_2 wachsen die wirtschaftlichen Aktivitäten von A_{i0} auf A_{i2} ; die "alten" Energietechnologien werden durch "neue" ersetzt und bedingen eine Entwicklung der Energienachfrage von E_{i0} auf E_{i2} . Zum Zeitpunkt t_1 besteht ein Mix aus "alten" und "neuen" Technologien, d. h. Änderungen und Verbesserungen, die in den "neuen" Technologien enthalten sind, sind zu einem bestimmten - von außen vorgebbaren - Anteil verwirklicht.

Diese Substitution von "alten" durch "neue" Energietechnologien gibt die Möglichkeit zur Verwirklichung von direkten Energieeinsparungen, von strukturellen Veränderungen im Energieträgerangebot, etc. (für das angegebene Beispiel: direkte Einsparungen durch bauliche Maßnahmen, Erhöhung des Nutzungsgrades beim Energieeinsatz, Änderung der Versorgungsstruktur: höherer Anteil von Fernwärme, Einsatz von gas-betriebenen Wärmepumpen).

Jede Einzelposition durchläuft also folgende Stufen:

- Ausgehend von den energienachfragenden Aktivitäten werden
- Annahmen über das Wachstum dieser Aktivitäten und
- Annahmen über die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs einschließlich struktureller Änderungen getroffen,
- daraus ergibt sich die Entwicklung der Energienachfrage.

Die Darstellung in diesem Kapitel folgt diesem Schema. Alle Positionen zusammengenommen ergeben die gesamte Nachfrage nach Energie (Endenergieverbrauch). Mit entsprechenden Annahmen über die Verfügbarkeit einzelner Primärenergieträger sowie über Umwandlungstechnologien erhält man in einer zweiten Stufe den gesamten Primärenergieverbrauch.

Ausgangsbasis für die Modellrechnungen, die für die Enquete-Kommission Ende 1979/Anfang 1980 durchgeführt worden sind, ist der Energieverbrauch des Jahres 1978, einheitlich hochgerechnet auf das Modell-Basisjahr 1980 mit dem Faktor 1.075. Die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs wird für die Jahre 2000 und 2030 angegeben. Dabei entsprechen die Aussagen für 2030 einem antizipierten Zustand eines Energiesystems, indem alle heute gewünschten und für möglich erachteten Veränderungen verwirklicht sind und ein Gleichgewichtszustand erreicht ist. Diesem Gleichgewichtszustand das Jahr 2030 zuzuordnen, ist in gewisser Weise willkürlich. Die Angaben für 2000 sind dabei als Stützpunkt auf diesem Weg zu verstehen, der den Bezug zur realen, überschaubaren Energiepolitik herstellen soll. In der ursprünglichen Konzeption sind alle vier Energiepfade gleichwertig und gleichgewichtig gewesen. Die weitere Entwicklung der Energieversorgung und insbesondere auch die öffentliche Diskussion über die Energiepfade läßt heute für das energiepolitische "Mittelfeld" der Pfade 2 und 3 eine höhere Priorität erkennen als für die "Rand"-Pfade 1 und 4. Um den erheblichen Wust an Zahlen nicht zu sehr auszudehnen, werden in diesem Kapitel nur die Pfade 2 und 3 in voller Ausführlichkeit beschrieben; die Pfade 1 und 4 müssen sich mit einer kurzen zahlenmäßigen Zusammenfassung begnügen.

In einigen Tabellen werden der Einfachheit halber einige Abkürzungen aus dem Rechenprogramm verwendet, die im folgenden erläutert sind:

- ELE - Elektrizität
- FERN - Fernwärme
- HEIS - Wärme hoher Temperatur aus Brennstoffen für industrielle Prozesswärme
- ISOL - Energieeinsparungen im Bereich Raumwärme durch bauliche Maßnahmen
- SPAR - Energieeinsparungen durch technische Verbesserungen bei der Nutzung und Umwandlung von Energie sowie durch Änderungen in der Versorgungsstruktur
- SUN - Solarenergie bzw. Umgebungswärme
- TR - Treibstoffe
- WARM - Wärme niederer Temperatur aus Brennstoffen für Raumwärme, Warmwasserbereitung und Kochen.

2.2 Allgemeines Wirtschaftswachstum/Strukturwandel in der Wirtschaft

Ausgangsbasis ist das Bruttosozialprodukt (BSP) von 1978, das in diesem Jahr 1 290 Mrd. DM betragen hat.

Für die Energiepfad-Berechnungen wird das BSP vereinfacht wie folgt aufgeteilt:

- Verarbeitendes Gewerbe (Industrie):
40 % = 516 Mrd. DM
- davon:
 - Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie
(im folgenden Grundstoffindustrie genannt)
12 % = 155 Mrd. DM
 - Übrige Industrie
28 % = 361 Mrd. DM
- Kleinverbrauch
60 % = 774 Mrd. DM

Die Aufteilung im Sektor Industrie in die beiden genannten Teilsektoren entspricht derjenigen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.

Für Pfad 2 wird angenommen, daß die Produktion des Teilsektors Grundstoffindustrie halb so stark wächst wie das gesamte BSP, in Pfad 3, daß diese absolut konstant bleibt. In beiden Pfaden wird das unterproportionale Wachstum dieses Teilsektors vom Sektor Kleinverbrauch ausgeglichen. Der Teilsektor Übrige Industrie wächst in beiden Pfaden wie BSP.

Es sei hier betont, daß sich das unterproportionale Wachstum des Teilsektors Grundstoffindustrie auf die grundstoffspezifische Produktion dieses Teilsektors und den damit gekoppelten Energieverbrauch bezieht, nicht jedoch notwendigerweise auch auf den Teilsektor Grundstoffindustrie insgesamt.

Zitat aus "Zur Sache" 1/80, S. 69/70:

"Wenn z. B. die Grundstoffproduktion nicht mehr weiter anwachsen sollte, können die Unternehmen der Grundstoffindustrie durchaus noch Wachstumschancen haben, wenn sie ihre Dienstleistungsfunktionen, wie etwa den Handel oder den Anlagenbau, ausweiten. Wenn andererseits von einem verstärkten Wachstum der Dienstleistungen ausgegangen wird, so bedeutet dies nicht, daß dieses Wachstum nur in dem Dienstleistungssektor (Kleinverbrauch) stattfindet. Vielmehr sind auch vermehrte Dienstleistungen durch die Industrieunternehmen darin eingeschlossen."

Mit den angenommenen Wachstumsraten für das gesamte BSP von

1980 - 2000: 2 % pro Jahr
2000 - 2030: 1,1 % pro Jahr

ergibt sich die in den Tabellen 6 und 7 angegebene Entwicklung bis zum Jahre 2030.

Tabelle 6: Wachstumsfaktoren in einzelnen Sektoren der
Wirtschaft
(Angaben in Klammern beziehen sich auf das Jahr
1980)

	Ausgangsbasis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
Grundstoff- industrie	1.0	1.075 (1.0)	1.33 (1.24)	1.64 (1.52)	1.075 (1.0)	1.075 (1.0)
Übrige Indu- strie	1.0	1.075 (1.0)	1.59 (1.48)	2.19 (2.04)	1.59 (1.48)	2.19 (2.04)
Gesamte Indu- strie	1.0	1.075 (1.0)	1,51 (1.41)	2.02 (1.88)	1.44 (1.33)	1.86 (1.73)
Kleinverbrauch	1.0	1.075 (1.0)	1.64 (1.52)	2.31 (2.15)	1.69 (1.58)	2.42 (2.25)
BSP gesamt	1.0	1.075 (1.0)	1.59 (1.48)	2.19 (2.04)	1.59 (1.48)	2.19 (2.04)

Tabelle 7: Entwicklung des realen Bruttonsozialprodukts (in
Preisen von 1978)

(in Mrd. DM)	Ausgangsbasis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
Grundstoffin- dustrie	155	167	205	250	170	170
Übrige Indu- strie	361	388	575	790	570	790
Gesamte Indu- strie	516	555	780	1040	740	960
Kleinverbrauch	774	832	1270	1790	1310	1870
BSP gesamt	1290	1387	2050	2830	2050	2830

2.3 Industrie

Wie unter Abschnitt 2.2 ausgeführt, wird dieser Sektor unterteilt in

- Grundstoffindustrie
- Übrige Industrie

Der Energieverbrauch dieser Teilsektoren wird aufgeschlüsselt in einen direkten, produktionsbezogenen und in einen Raumwärmebezogenen Anteil.

Das Wachstum des produktionsbezogenen Energieverbrauchs (thermische und elektrische Prozeßwärme, Licht und Kraft) wird vom Beitrag des jeweiligen Teilsektors zum BSP (Nettoproduktion bzw. Bruttowertschöpfung) gesteuert; das Wachstum der raumwärmebezogenen Aktivitäten wird mit einem getrennt eingegebenen Faktor gesteuert.

2.3.1 Ausgangsbasis und Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten

Produktions-bezogen: Beitrag zum BSP; Zahlenangaben siehe Tabelle 6.

Raumwärme-bezogen: Nähere Angaben (z. B. die gesamte beheizte Fläche) sind nicht vorhanden. Für das Wachstum in diesem Bereich werden folgende Annahmen gemacht (Pfad 2 = Pfad 3):

	1978	1980	2000	2030
Gesamte Industrie	1.0	1.075 (1.0)	1.24 (1.15)	1.34 (1.25)

2.3.2 Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs

Der produktions-bezogene spezifische Energieverbrauch (Prozeßwärme, Licht und Kraft) läßt sich für die Ausgangsbasis 1978/1980 aus tatsächlichem Energieverbrauch und Beitrag zum BSP rechnerisch ermitteln:

Grundstoffindustrie: 0,33 kg SKE/DM Nettoproduktion
Übrige Industrie: 0.07 kg SKE/DM Nettoproduktion

Für den raumwärme-bezogenen spezifischen Energieeinsatz sind für die Ausgangsbasis keine Angaben möglich.

Für die Zukunft wird eine Verminderung des spezifischen Energieverbrauchs angenommen, die sich ergibt

im produktions-bezogenen Energieverbrauch, vor allem durch

- bessere Prozeßführung und Regelung,
- Wärmerückgewinnung,
- Wärmedämmung (vor allem bei Niedertemperaturwärme),
- leistungsangepaßte Elektromotoren (Verwendung von Spannungs- und Frequenzwandler),
- techn. Verbesserungen sowie bessere Regelungen von Beleuchtungssystemen,

im raumwärme-bezogenen Energieverbrauch, vor allem durch

- bessere Wärmedämmung,
- techn. Verbesserungen an Heizsystemen,
- bessere Regelung,
- Änderung der Beheizungsstruktur.
- Abwärmenutzung

Es werden folgende Einsparungen - bezogen auf den technischen Stand der Ausgangsbasis angenommen (Angaben in %, um den sich der spezifische Energieeinsatz vermindert) - siehe Tabelle 8.

Tabelle 8: Einsparungen im Sektor Industrie

(in %)	Pfad 2		Pfad 3	
	2000	2030	2000	2030
<u>Produktions-bezogen</u>				
Grundstoffindustrie				
thermisch	14	20	20	33
elektrisch	0	0	0	0
Übrige Industrie				
thermisch = elektrisch	15	20	25	33
<u>Raumwärme-bezogen</u>	10	20	20	40

2.3.3 Entwicklung des Energieverbrauchs

Die Entwicklung des Energieverbrauchs im Sektor Industrie ist in Tabelle 9 zusammengestellt.

2.4 Verkehr

2.4.1 Ausgangsbasis der energienachfragenden Aktivitäten

Für die Energiepfad-Berechnungen wird der Sektor Verkehr aufgeteilt in

- Privater PKW-Verkehr
- Übriger (gewerblicher) Verkehr.

Tabelle 9: Entwicklung des Energieverbrauchs im Sektor Industrie

(in Mio t SKE)	Ausgangs basis		Pfad 2		Pfad 3		
	1978	1980	2000	2030	2000	2030	
<u>Grundstoffindustrie</u> (ohne Raumwärme)							
Thermische Prozeßwärme							
Verbrauch	HEIS	47.2	50.7	54.3	61.8	40.6	34.0
Einsparung	SPAR	--	--	8.6	15.4	10.1	16.7
Elektrische Prozeßwärme (einschl. Licht und Kraft)							
Verbrauch	ELE	4.5	4.8	6.0	7.4	4.8	4.8
Einsparung	SPAR	--	--	0	0	0	0
<u>Übrige Industrie</u> (ohne Raumwärme)							
Thermische Prozeßwärme							
Verbrauch	HEIS	13.5	14.5	18.2	23.7	16.1	19.8
Einsparung	SPAR	--	--	3.3	6.0	5.4	9.8
Licht und Kraft (einschl. elektr. Prozeßwärme)							
Verbrauch	ELE	13.0	14.0	17.5	22.9	15.5	19.1
Einsparung	SPAR	--	--	3.1	5.7	5.2	9.4
<u>Raumwärme</u> (gesamte Industrie)							
Verbrauch	FERN	1.4	1.5	1.9	2.2	1.9	2.2
	WARM	9.0	9.7	9.7	9.0	8.5	6.2
		10.4	11.2	11.6	11.2	10.4	8.4
Einsparung	ISOL	--	--	0.9	2.1	2.0	4.6
	SPAR	--	--	0.3	0.7	0.4	1.0
				1.2	2.8	2.4	5.6
Industrie gesamt		88.6	95.2	107.6	127.0	87.4	86.1

Diese Aufteilung impliziert wiederum eine Aufspaltung des PKW-Individualverkehrs in einen privaten und einen gewerblichen Anteil. Eine solche Aufteilung des gesamten PKW-Verkehrs wird nirgendwo gemacht - und ist vom verfügbaren Datenmaterial hier wohl auch gar nicht machbar.

Man begeht keinen großen Fehler, wenn man - bei gleichen Werten für den Energieverbrauch - die ursprüngliche Aufteilung des Sektors Verkehr umändert in eine neue Aufteilung:

- Individual-Verkehr (PKW-Verkehr)
- Übriger Personenverkehr, Güterverkehr

Diese neue Aufteilung soll im folgenden verwendet werden. Weitergehende Daten für die Ausgangsbasis sind in der Kommission nicht diskutiert worden.

Zur Illustration seien hier einige Zahlenangaben aus der jährlichen Veröffentlichung "Verkehr in Zahlen" des DIW gemacht:

Gesamter PKW-Verkehr: 450 Mrd. Personen . km

Übriger Verkehr:

Personenverkehr 120 Mrd. Personen . km
(Schiene, Straße, Luft)

Güterverkehr (Schiene, Binnenschifffahrt, Straße;
ohne Rohrfernleitungen und ohne See-Schifffahrt)
225 Mrd. Tonnen . km

2.4.2 Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten

Die Entwicklung im Verkehrssektor ist in Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10: Entwicklung im Sektor Verkehr

	Ausgangsbasis		Pfad 2 = Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030
<u>Wachstumsfaktoren</u>				
PKW-Verkehr	1.0	1.075 (1.0)	1.24 (1.15)	1.34 (1.25)
Übriger Verkehr (= Wachstum wie BSP)	1.0	1.075 (1.0)	1.59 (1.48)	2.19 (2.04)
<u>Aktivitäten</u>				
PKW-Verkehr (Mrd. p . km)	450	485	560	610
Übriger Verkehr				
Personen (Mrd. p . km)	120	130	190	260
Güter (Mrd. t . km)	225	240	360	490

Für den PKW-Verkehr existiert die zusätzliche Aussage, daß die Zunahme der Verkehrsleistung "bei einer weiter leicht abnehmenden Verkehrsleistung pro PKW eine Zunahme der privaten Autos von heute etwa 23 Millionen auf etwa 30 Millionen voraussetzt" (Zur Sache 1/80, S. 54).

Dies würde eine Änderung der PKW-Dichte von heute 0,37 PKW/Person (2.65 Personen/PKW) auf 0,6 PKW/Person (1.66 Personen/PKW) im Jahre 2030 bedeuten.

Für den Teilsektor Übriger Verkehr existieren keine zusätzlichen Aussagen, insbesondere keine Aussagen über eine mögliche Umstrukturierung. Für die Energiepfad-Berechnungen bedeutet dies, daß die heutige Verkehrsstruktur in diesem Bereich unverändert auch für die Zukunft erhalten bleibt.

2.4.3 Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs

Einzelangaben des spezifischen Energieverbrauchs für die Ausgangsbasis sind nicht vorhanden. Für die Zukunft wird eine Verminderung des spezifischen Energieeinsatzes angenommen

beim PKW-Verkehr durch

- Änderungen im Fahrverhalten,
- konstruktive techn. Verbesserungen,
- verstärkter Einsatz von Dieselkraftstoff,
- verkehrsregulative Eingriffe,

beim LKW-Verkehr durch

- Verringerung des Leergewichts sowie des Fahrwiderstandes der Fahrzeuge,
- bessere Antriebe,
- bessere Auslastung,

beim Schienenverkehr durch

- Verringerung des Gewichts,
- aerodynamische Formgebung,
- Nutzbremnungen,

beim Luftverkehr durch

- bessere Antriebe,
- evtl. Verringerung der Reisegeschwindigkeit.

Folgende Einsparungen - bezogen auf den technischen Stand der Ausgangsbasis - werden angenommen (Angaben in %, um den sich der spezifische Energieeinsatz vermindert):

	Pfad 2 = Pfad 3	
	2000	2030
PKW-Verkehr	33 %	50 %
Übriger Verkehr	23 %	30 %

2.4.4 Entwicklung des Energieverbrauchs

Die Entwicklung des Energieverbrauchs im Sektor Verkehr ist in Tabelle 11 ausgewiesen.

Tabelle 11: Energieverbrauch im Sektor Verkehr

(in Mio t SKE)	Ausgangsbasis		Pfad 2 = Pfad 3		
	1978	1980	2000	2030	
PKW-Verkehr					
Verbrauch	TR	33.9	36.5	28.2	22.8
Einsparungen	SPAR	----	----	13.8	22.8
Übriger Verkehr					
Verbrauch	TR	19.1	20.5	23.4	29.4
	ELE	1.2	1.3	1.5	1.8
Einsparungen	SPAR	20.3	21.8	24.9	31.2
		----	----	7.4	13.4
Verkehr insgesamt		54.2	58.3	53.1	54.0

2.5 Private Haushalte

Der Energieverbrauch dieses Sektors wird aufgeteilt in die Bereiche

- Raumwärme,
- Prozeßwärme (Warmwasserbereitung, Kochen, Backen),
- Licht und Kraft (Beleuchtung, elektr. Haushaltsgeräte).

Vom Energieverbrauch her gesehen ist der Bereich Raumwärme der weitaus wichtigste.

2.5.1 Ausgangsbasis und Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten

Im Bereich der Raumwärme wird im Mittel von einer Wohnfläche von 28 m² pro Person (zu ca. 80 % beheizt) ausgegangen. Dies ergibt als Ausgangsbasis eine gesamte beheizte Wohnfläche von ca. 1 380 Mio. m².

Es wird weiter angenommen, daß der Energieverbrauch für Raumwärme in der Ausgangsbasis zu 60 % in Ein/Zwei-Familienhäusern und zu 40 % in Mehrfamilienhäusern erfolgt.

Für den Bereich Prozeßwärme sind keine zusätzlichen Angaben für die energieverbrauchenden Aktivitäten (z. B. Warmwasserbedarf) vorhanden. Für den Energieverbrauch in diesem Bereich wird die gleiche Aufteilung in Ein/Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser wie bei der Raumwärme gemacht. Außerdem wird angenommen, daß jeweils 75 % des Energieverbrauchs für die Bereitstellung von Warmwasser und jeweils 25 % für Kochen und Packen erfolgt.

Für den Bereich Licht und Kraft sind keine zusätzlichen Angaben für die energieverbrauchenden Aktivitäten vorhanden.

Bezüglich des Wachstums werden folgende Annahmen gemacht
- siehe Tabelle 12.

Tabelle 12: Wachstumsannahmen bei den privaten Haushalten

	Ausgangsbasis		Pfad 2 = Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030
<u>Raumwärme</u>				
Wachstumsfaktor	1.0	1.075 (1.0)	1.34 (1.25)	1.51 (1.40)
gesamte beheizte Fläche Mio m ²	1380	1480	1850	2100
Beheizte Fläche pro Person m ²	22	24	32	42
<u>Prozeßwärme</u>				
Wachstumsfaktor	1.0	1.075 (1.0)	1.51 (1.40)	1.83 (1.70)
<u>Licht und Kraft</u>				
Wachstumsfaktor	1.0	1.075 (1.0)	2.37 (2.2)	3.23 (3.0)

2.5.2 Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und Beheizungsstruktur

Für den Bereich Raumwärme läßt sich für die Ausgangsbasis der spezifische Raumwärmebedarf aus Energieverbrauch und beheizter Raumfläche rechnerisch ermitteln. Er beträgt gemittelt über alle Heizungsarten und alle Haustypen 36.6 kg SKE/m² . Jahr (Ein/Zwei-Familienhäuser: ca. + 10 %, Mehr-Familienhäuser: ca. - 15 %).

Für die Zukunft ist mit einer starken Reduzierung dieser Werte durch drei Kategorien von Maßnahmen zu rechnen:

- a) bauliche Maßnahmen (Wärmedämmung),
- b) heizungstechn. Maßnahmen, Betriebsweise,
- c) Veränderung in der Beheizungsstruktur.

zu a): Seit 1977 gilt für die Bundesrepublik eine neue Wärmeschutzverordnung mit erhöhten Wärmedämmungsvorschriften. Diese neue Vorschrift hat naturgemäß auf die bestehende Bausubstanz noch keinen oder keinen nennenswerten Einfluß gehabt. Für Pfad 2 wird angenommen, daß die Wärmedämmungsvorschriften nach dieser neuen Norm als Durchschnittswert für alle Gebäude bis 2030 verwirklicht sind. Für Pfad 3 wird Wärmedämmung nach der schwedischen Norm (sog. "Schwedenhaus") als Durchschnitt für alle Gebäude bis 2030 angenommen.

zu b): Hierzu gehört vor allem eine Erhöhung des Nutzungsgrades von konventionellen Heizanlagen von heute im Mittel 65 % auf 75 % bei Pfad 2 bzw. 80 % bei Pfad 3. Daneben sind hier regeltechnische Verbesserungen zu nennen, sowie in Mehrfamilienhäusern eine verbrauchsgerechtere Heizkostenabrechnung.

zu c): Mehr als 90 % der Raumwärme wird heute durch direktes Verbrennen von Öl, Gas oder Kohle in Einzelöfen oder Sammelheizungen erzeugt (im folgenden als "konventionelle Heizung" bezeichnet). Für die Zukunft wird vor allem eine wesentlich stärkere Nutzung der Fernwärme, die Nutzung von Solarenergie in verschiedenen Varianten sowie innerhalb der konventionellen Heizungssysteme der vollständige Übergang auf Sammelheizungen angenommen.

Tabelle 13 zeigt eine Zusammenstellung der getroffenen Annahmen.

Tabelle 13: Entwicklungstendenzen in der Raumwärmeversorgung bei den Privaten Haushalten

	Ausgangsbasis		Pfad 2				Pfad 3			
	E.F.*)	M.F.*)	2000		2030		2000		2030	
			E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.
Beheizungsstruktur (in %)										
Elektroheizung	5	5	6	6	7.5	7.5	2.5	2	0	0
Fernwärme	0.5	5	3	16	5	25	3	18	5	30
Konventionelle Heizung	94.5	90	65	65	37.5	42.5	53	51	15	15
Solarheizung (bivalent) ohne Wärmepumpe ¹⁾			13		25		21		40	
Elektr. Wärmepumpe (bivalent) ²⁾			13		25		21		40	
Wärmepumpe mit Verbrennungsmotor (bivalent) ³⁾				13		25		29		55
Einsparungen (bezogen auf die Ausgangsbasis) (in %)										
durch Wärmedämmung			21	10	40	20	31	21	60	40
durch techn. Maßnahmen + Änderung der Heizstruktur										
ohne Solaranteil			6	8	12	14	5	6	10	12
mit Solaranteil			11	10	22	19	11	10	20	19

*) E.F. = Ein/Zweifamilienhäuser, M.F. = Mehrfamilienhäuser

1) 38 % Solaranteil
 2 % elektr. Strom
 60 % Brennstoffe

2) 47 % Solaranteil
 23 % elektr. Strom
 30 % Brennstoffe

3) 27 % Solaranteil (Umweltwärme)
 43 % Gasanteil Wärmepumpe
 30 % Brennstoffe

Im Bereich der Prozeßwärme sind für die Ausgangsbasis keine spezifischen Zahlenangaben möglich. Da die Warmwasserbereitung, die 75 % der Prozeßwärme ausmacht, vom jeweiligen Heizungssystem erfolgen soll, ist auch hier eine Aufteilung nach Haustypen notwendig. Die bei Raumwärme unter b) und c) genannten Einsparungen gelten hier sinngemäß. Die Bereitstellung von Koch- und Backwärme soll in der Zukunft je zur Hälfte mit Strom bzw. Gas erfolgen. Insgesamt ergibt sich eine Versorgungsstruktur nach Tabelle 14.

Im Bereich Licht und Kraft sind ebenfalls keine spezifischen Zahlenangaben für die Ausgangsbasis möglich. Einsparungen ergeben sich in der Zukunft durch die verschiedenartigsten Maßnahmen, so z. B.:

- bessere Isolation bei Kühlgeräten,
- Wassereinsparung und Warmwasseranschluß bei Waschmaschinen,
- Wärmerückgewinnung bei Waschmaschinen und Wäschetrocknern,
- Halbleitertechnologie bei Fernsehgeräten,
- verbesserte Leuchten.

Folgende Einsparungen - bezogen auf den technischen Stand der Ausgangsbasis - werden angenommen:

	Pfad 2		Pfad 3	
	2000	2030	2000	2030
Licht und Kraft	16 %	20 %	33 %	40 %

2.5.3 Entwicklung des Energieverbrauchs

Die Entwicklung ist in den Tabellen 15 und 16 dargestellt.

Tabelle 14: Entwicklungstendenzen in der Prozesswärmeversorgung bei den Privaten Haushalten

	Ausgangsbasis		Pfad 2				Pfad 3			
	E.F.*)	M.F.*)	2000		2030		2000		2030	
			E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.
Versorgungsstruktur (in %)										
Elektrisch	40	40	24	24	18	18	20	20	12.5	12.5
Fernwärme	0	3	3	14.5	4	19	3	17	4	22.5
Konventionell	60	57	46	48	40	44	34	33	23.5	24
Solarheizung ohne Wärmepumpe (bivalent) 1)			13.5		19		21.5		30	
Elektr. Wärmepumpe (bivalent) 2)			13.5		19		21.5		30	
Wärmepumpe mit Verbrennungs- motor (bivalent) 3)				13.5		19		30		41
Einsparungen (bezogen auf die Aus- gangsbasis) (in %)										
ohne Solaranteil			9	10	13	14	12	13	17	17
mit Solaranteil			23	14	34	19	34	20	48	28

*) E.F. = Ein/Zweifamilienhäuser, M.F. = Mehrfamilienhäuser

1) 66 % Solaranteil
4 % elektr. Strom
30 % Brennstoffe

2) 57 % Solaranteil
28 % elektr. Strom
15 % Brennstoffe

3) 33 % Solaranteil (Umweltwärme)
52 % Gasanteil Wärmepumpe
15 % Brennstoffe

Tabelle 15: Entwicklung des Raumwärmeverbrauchs der Privaten Haushalte

(in Mio t SKE)		Ausgangsbasis				Pfad 2				Pfad 3			
		1978		1980		2000		2030		2000		2030	
		E.F.*)	M.F.*)	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.
Elektroheizung	ELE	1.5	1.0	1.6	1.1	1.6	1.2	1.4	1.3	1.0	0.7	0	0
Fernwärme	FERN	0.2	1.0	0.2	1.1	0.6	2.8	1.0	4.7	0.4	2.6	0.7	4.3
Konv. Heizung	WARM	28.6	18.2	30.8	19.5	22.5	15.9	8.5	9.1	19.4	12.8	2.1	2.3
Solarheizung ohne	SUN					1.0		2.2		1.0		2.2	
Wärmepumpe	ELE					0.1		0.1		0.1		0.1	
(bivalent)	WARM					<u>1.6</u>		<u>3.4</u>		<u>1.6</u>		<u>3.4</u>	
						2.7		5.7		2.7		5.7	
Elektr. Wärmepumpe	SUN					1.3		2.7		1.2		2.6	
(bivalent)	ELE					0.4		1.0		0.5		1.1	
	WARM					<u>0.8</u>		<u>1.7</u>		<u>0.8</u>		<u>1.7</u>	
						2.5		5.4		2.5		5.4	
Wärmepumpe mit	SUN						0.7		1.4		1.0		2.2
Verbrennungsmotor	WARM						<u>1.7</u>		<u>3.6</u>		<u>2.7</u>		<u>5.8</u>
(bivalent)							2.4		5.0		3.7		8.0
Raumwärme insgesamt **)		30.3	20.2	32.6	21.7	29.9	22.3	22.0	20.1	26.0	19.8	13.9	14.6
Einsparungen													
Wärmedämmung	ISOL					8.5	2.8	18.2	6.1	12.7	5.6	27.4	12.2
Sonstige	SPAR					2.4	2.0	5.4	4.2	2.0	1.7	4.3	3.6
Solaranteil	SUN					2.3	0.7	4.9	1.4	2.2	1.0	4.8	2.2

*) E.F. = Ein/Zweifamilienhäuser, M.F. = Mehrfamilienhäuser

**) einschl. Solaranteil

Tabelle 16: Entwicklung des Energieverbrauchs von Prozesswärme und Licht und Kraft bei den Privaten Haushalten

(in Mio t SKE)	Ausgangsbasis				Pfad 2				Pfad 3				
	1978		1980		2000		2030		2000		2030		
	E.F.*	M.F.*	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	E.F.	M.F.	
<u>Prozeßwärme</u>													
Elektrisch	ELE	3.1	2.1	3.4	2.2	2.7	1.7	2.4	1.4	2.3	1.4	1.6	1.0
Fernwärme	FERN	0	0.2	0	0.2	0.3	0.9	0.4	1.4	0.3	1.1	0.5	1.7
Konventionell	WARM	4.7	2.9	5.0	3.2	5.0	3.5	5.0	3.9	3.6	2.4	2.8	2.0
Solarheizung	SUN					0.9		1.6		1.4		2.4	
ohne Wärmepumpe	ELE					0.1		0.1		0.1		0.1	
(bivalent)	WARM					<u>0.4</u>		<u>0.7</u>		<u>0.7</u>		<u>1.1</u>	
						1.4		2.4		2.2		3.6	
Elektr. Wärmepumpe	SUN					0.8		1.4		1.2		2.1	
(bivalent)	ELE					0.3		0.5		0.5		0.8	
	WARM					<u>0.2</u>		<u>0.4</u>		<u>0.3</u>		<u>0.5</u>	
						1.3		2.3		2.0		3.4	
Wärmepumpe mit	SUN						0.3		0.5		0.6		1.1
Verbrennungs-	WARM						<u>0.6</u>		<u>1.0</u>		<u>1.3</u>		<u>2.1</u>
motor (bivalent)							0.9		1.5		1.9		3.2
Prozeßwärme insgesamt **)		7.8	5.2	8.4	5.6	10.7	7.0	12.5	8.2	10.4	6.8	11.9	7.9
Einsparungen	SPAR					1.0	0.8	1.8	1.3	1.4	1.0	2.4	1.6
Solaranteil	SUN					1.7	0.3	3.0	0.5	2.6	0.6	4.5	1.1
<u>Licht und Kraft</u>		3.1		3.3		6.1		8.0		4.9		6.0	
Einsparungen	SPAR					1.2		2.0		2.4		4.0	

*) E.F. = Ein/Zweifamilienhäuser, M.F. = Mehrfamilienhäuser

***) einschl. Solaranteil

2.6 Kleinverbrauch (einschl. militärische Dienststellen)

Der Sektor Kleinverbrauch hat eine Energiebedarfsstruktur, die derjenigen der Privaten Haushalte sehr ähnlich ist. Der Energieverbrauch wird üblicherweise aufgeteilt in einen flächenspezifischen Anteil (Raumwärme) und in einen produktionsspezifischen Anteil (Prozeßwärme, Licht und Kraft). Der Energieverbrauch für Raumwärme ist auch hier dominierend.

2.6.1 Ausgangsbasis und Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten

Angaben über die energieverbrauchenden Aktivitäten im Sektor Kleinverbrauch für die Ausgangsbasis sind nicht vorhanden. Bezüglich des Wachstums werden im einzelnen folgende Annahmen gemacht:

	Ausgangsbasis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
Raumwärme	1.0	1.075 (1.0)	1.34 (1.25)	1.51 (1.4)	1.34 (1.25)	1.51 (1.4)
Prozeßwärme, Licht und Kraft	1.0	1.075 (1.0)	1.64 (1.52)	2.31 (2.15)	1.70 (1.58)	2.42 (2.25)

2.6.2 Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und der Beheizungsstruktur

Die Bereitstellung von Raumwärme in der Zukunft erfolgt in gleicher Weise wie die der Mehrfamilienhäuser bei den privaten Haushalten. Für die Bereitstellung von Prozeßwärme werden für die Zukunft folgende Annahmen gemacht:

- 50 % über konventionelle Heizung (Öl, Gas)
- 50 % über das jeweilige Heizungssystem

Insgesamt gelten die in Abschnitt 2.5.2 gemachten Aussagen zur Verminderung des spezifischen Energieeinsatzes im Sektor Kleinverbrauch sinngemäß. Eine Zusammenstellung der Entwicklung der Beheizungsstruktur und der Einsparungen findet sich in Tabelle 17.

2.6.3 Entwicklung des Energieverbrauchs

Die Entwicklung ist in Tabelle 18 dargestellt.

2.7 Endenergie insgesamt

Die Entwicklung des gesamten Endenergieverbrauchs für die Pfade 2 und 3 ist in Tabelle 19 zusammengestellt.

2.8 Nichtenergetischer Verbrauch

Der nichtenergetische Verbrauch umfaßt den Einsatz von Energieträgern als Rohstoff, insbesondere im Teilsektor Chemie und verwandte Bereiche. Da die Chemie einen Teil des Sektors Grundstoffindustrie ausmacht, wird das Wachstum des nichtenergetischen Verbrauchs in den Energiepfaden gleichbehandelt wie das der Grundstoffindustrie. Einsparungen in diesem Bereich sind naturgemäß nicht gegeben. Die Entwicklung des nichtenergetischen Verbrauchs ist wie folgt:

	Ausgangsbasis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
Wachstumsfaktor	1.0	1.075 (1.0)	1.33 (1.24)	1.64 (1.52)	1.075 (1.0)	1.075 (1.0)
Verbrauch (in Mio t SKE)	31.9	34.3	42.5	52.2	34.3	34.3

Tabelle 17: Entwicklungstendenzen im Sektor Kleinverbrauch

	Ausgangs- basis 1978/80	Pfad 2		Pfad 3		Ausgangs- basis 1978/80	Pfad 2		Pfad 3	
		2000	2030	2000	2030		2000	2030	2000	2030
		<u>Raumwärme</u>					<u>Prozeßwärme</u>			
Beheizungsstruktur (in %)										
Elektrisch	2	5	7.5	1	0	25	9	4	6	0
Fernwärme	6	16	25	18.5	30	5	11	12.5	12.5	15
Konventionell	92	66	42.5	52	15	70	71	71	60.5	57.5
Wärmepumpe mit Ver- brennungsmotor		13	25	28.5	55		9	12.5	21	27.5
Einsparungen (bezogen auf die Ausgangsbasis) (in %)										
durch Wärmedämmung		10.5	20	21	40		---	---	---	---
durch techn. Maßnahmen und Änderung der Heiz- struktur										
ohne Solaranteil		7.5	14	6	12		5	6	5	7
mit Solaranteil		9.5	19	10	19		8	10	12	16
Einsparungen (bezogen auf die Ausgangsbasis) (in %)		<u>Licht und Kraft</u>								
		14	20	22	30					

Tabelle 18: Entwicklung des Energieverbrauchs im Sektor Kleinverbrauch

(in Mio t SKE)		Ausgangs- basis		Pfad 2		Pfad 3		Ausgangs- basis		Pfad 2		Pfad 3	
		1978	1980	2000	2030	2000	2030	1978	1980	2000	2030	2000	2030
				<u>Raumwärme</u>									
Elektrisch	ELE	0.7	0.8	1.5	2.3	0.5	0	2.6	2.8	1.5	0.7	1.1	0
Fernwärme	FERN	2.2	2.3	5.3	8.4	4.9	7.6	0.5	0.6	1.6	2.7	2.1	3.6
Konventionell	WARM	33.3	35.8	29.0	16.2	23.4	4.1	7.4	7.9	11.8	16.5	10.1	13.3
wärmepumpe mit	SUN			1.2	2.5	1.9	4.1			0.5	1.0	1.2	2.3
Verbrennungsmo- tor (bivalent)	WARM			<u>3.0</u>	<u>6.5</u>	<u>4.9</u>	<u>10.5</u>			<u>1.0</u>	<u>1.9</u>	<u>2.4</u>	<u>4.5</u>
				4.2	9.0	6.8	14.6			1.5	2.9	3.6	6.8
Einsparungen													
	Wärmedämmung	ISOL		5.1	10.9	10.1	21.8			---	---	---	---
	Sonstige	SPAR		3.6	7.7	3.0	6.4			0.8	1.5	0.9	1.7
	Solaranteil	SUN		1.2	2.5	1.9	4.1			0.5	1.0	1.2	2.3
Insgesamt *)		36.2	38.9	40.0	35.9	35.6	26.3	10.5	11.3	16.4	22.8	16.9	23.7
				<u>Licht und Kraft</u>									
Verbrauch	ELE	3.4	3.7	4.8	6.3	4.5	5.7						
Einsparungen	SPAR			0.8	1.6	1.3	2.5						

*) einschl. Solaranteil

Tabelle 19: Entwicklung des gesamten Endenergieverbrauchs

(in Mio t SKE)	Ausgangsbasis									
	1978					1980				
<u>Industrie</u>	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt
Grundstoffindustrie										
Prozeßwärme	47.2		4.5		51.7	50.7		4.8		55.5
Übrige Industrie										
Prozeßwärme	13.5				13.5	14.5				14.5
Licht und Kraft			13.0		13.0			14.0		14.0
Raumwärme (ges. Industrie)		9.0		1.4	10.4		9.7		1.5	11.2
Insgesamt	60.7	9.0	17.5	1.4	88.6	65.2	9.7	18.8	1.5	95.2
<u>Verkehr</u>	TR		ELE		gesamt	TR		ELE		gesamt
Individualverkehr	33.9				33.9	36.5				36.5
Übriger Verkehr	19.1		1.2		20.3	20.5		1.3		21.8
Insgesamt	53.0		1.2		54.2	57.0		1.3		58.3
<u>Private Haushalte</u>	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt
Raumwärme		46.8	2.5	1.2	50.5		50.3	2.7	1.3	54.3
Prozeßwärme		7.6	5.2	0.2	13.0		8.2	5.6	0.2	14.0
Licht und Kraft			3.1		3.1			3.3		3.3
Insgesamt		54.4	10.8	1.4	66.6		58.5	11.6	1.5	71.6
<u>Kleinverbrauch</u>										
Raumwärme		33.3	0.7	2.2	36.2		35.8	0.8	2.3	38.9
Prozeßwärme		7.4	2.6	0.5	10.5		7.9	2.8	0.6	11.3
Licht und Kraft			3.4		3.4			3.7		3.7
Insgesamt		40.7	6.7	2.7	50.1		43.7	7.3	2.9	53.9
<u>Endenergie insgesamt</u>					259.5					279.0

Tabelle 19: Entwicklung des gesamten Endenergieverbrauchs (Fortsetzung)

(in Mio t SKE)	2000					2030				
	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt
<u>Industrie</u>										
Grundstoffindustrie										
Prozeßwärme	54.3		6.0		60.3	61.8		7.4		69.2
Übrige Industrie										
Prozeßwärme	18.2				18.2	23.7				23.7
Licht und Kraft			17.5		17.5			22.9		22.9
Raumwärme (ges. Industrie)		9.7		1.9	11.6		9.0		2.2	11.2
Insgesamt	72.5	9.7	23.5	1.9	107.6	85.5	9.0	30.3	2.2	127.0
<u>Verkehr</u>	TR		ELE		gesamt	TR		ELE		gesamt
Individualverkehr	28.2				28.2	22.8				22.8
Übriger Verkehr	23.4		1.5		24.9	29.4		1.8		31.2
Insgesamt	51.6		1.5		53.1	52.2		1.8		54.0
<u>Private Haushalte</u>	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt
Raumwärme	3.0	42.5	3.3	3.4	52.2	6.3	26.3	3.8	5.7	42.1
Prozeßwärme	2.0	9.7	4.8	1.2	17.7	3.5	11.0	4.4	1.8	20.7
Licht und Kraft			6.1		6.1			8.0		8.0
Insgesamt	5.0	52.2	14.2	4.6	76.0	9.8	37.3	16.2	7.5	70.8
<u>Kleinverbrauch</u>										
Raumwärme	1.2	32.0	1.5	5.3	40.0	2.5	22.7	2.3	8.4	35.9
Prozeßwärme	0.5	12.8	1.5	1.6	16.4	1.0	18.4	0.7	2.7	22.8
Licht und Kraft			4.8		4.8			6.3		6.3
Insgesamt	1.7	44.8	7.8	6.9	61.2	3.5	41.1	9.3	11.1	65.0
<u>Endenergie insgesamt</u>					297.8					316.8

Tabelle 19: Entwicklung des gesamten Endenergieverbrauchs (Fortsetzung)

(in Mio t SKE)	2000					2030				
	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt
<u>Industrie</u>										
Grundstoffindustrie										
Prozeßwärme	40.6		4.8		45.4	34.0		4.8		38.8
Übrige Industrie										
Prozeßwärme	16.1				16.1	19.8				19.8
Licht und Kraft			15.5		15.5			19.1		19.1
Raumwärme (ges. Industrie)		8.5		1.9	10.4		6.2		2.2	8.4
Insgesamt	56.7	8.5	20.3	1.9	87.4	53.8	6.2	23.9	2.2	86.1
<u>Verkehr</u>	TR		ELE		gesamt	TR		ELE		gesamt
Individualverkehr	28.2				28.2	22.8				22.8
Übriger Verkehr	23.4		1.5		24.9	29.4		1.8		31.2
Insgesamt	51.6		1.5		53.1	52.2		1.8		54.0
<u>Private Haushalte</u>	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt
Raumwärme	3.2	37.3	2.3	3.0	45.8	7.0	15.3	1.2	5.0	28.5
Prozeßwärme	3.2	8.3	4.3	1.4	17.2	5.6	8.5	3.5	2.2	19.8
Licht und Kraft			4.9		4.9			6.0		6.0
Insgesamt	6.4	45.6	11.5	4.4	67.9	12.6	23.8	10.7	7.2	54.3
<u>Kleinverbrauch</u>										
Raumwärme	1.9	28.3	0.5	4.9	35.6	4.1	14.6	0	7.6	26.3
Prozeßwärme	1.2	12.5	1.1	2.1	16.9	2.3	17.8	0	3.6	23.7
Licht und Kraft			4.5		4.5			5.7		5.7
Insgesamt	3.1	40.8	6.1	7.0	57.0	6.4	32.4	5.7	11.2	55.7
<u>Endenergie insgesamt</u>					265.4					250.1

2.9 Energie-Umwandlungssektoren und Primärenergieverbrauch

2.9.1 Kohlewirtschaft

Bei den Energiepfad-Berechnungen sind Stein- und Braunkohle zusammengenommen. In beiden Fällen handelt es sich weitgehend bzw. ausschließlich um heimische Energieträger. Im Basisjahr 1978 betrug der Primärenergieverbrauch an Steinkohle ca. 70 Mio t SKE (Steinkohleförderung ca. 85 Mio t SKE), der an Braunkohle ca. 35 Mio t SKE. Koks-Export wird in den Energiepfad-Berechnungen nicht modelliert, sondern mit dem Direkt-Einsatz von Steinkohle in der Industrie verrechnet.

Für die Zukunft wird für die Braunkohle eine Steigerung der Förderung auf ca. 45 Mio t SKE pro Jahr angenommen, für Steinkohle eine Förderung von ca. 100 Mio t SKE bis zum Jahre 2000 und 115 Mio t SKE bis 2030. Weitergehende Mengen für den inländischen Verbrauch müssen importiert werden (siehe "Zur Sache 1/80", S. 58).

Aufgrund des angenommenen Primärenergieverbrauchs von Stein- und Braunkohle in den einzelnen Pfaden ergibt sich folgende Entwicklung der Kohlewirtschaft - siehe Tabelle 20.

Beim Einsatz von Steinkohle zur Kokserzeugung entsteht zusätzlich Kokereigas, das in Abschnitt 2.9.2 Gaswirtschaft verrechnet wird.

Bei der Kohleveredelung in Pfad 2 werden im Jahre 2000 30 Mio t SKE Kohle autotherm zu 18 Mio t SKE Endprodukt vergast. Im Jahre 2030 ist die Kohleveredelung allotherm; hierbei werden

28.0 Mio t SKE Kohle

8.4 Mio t SKE Kernenergie-Wärme

33.6 Mio t SKE Wasserstoff aus Kernenergie

70.0 Mio t SKE

zu 56 Mio t SKE Endprodukt vergast.

Tabelle 20: Entwicklung der Kohlewirtschaft

(in Mio t SKE)	Ausgangsbasis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
<u>Verwendung von Stein-, Braunkohle</u>						
Stromerzeugung	65.0	69.9	28.9	21.6	75.7	76.8
Fernwärme	2.7	2.9	15.2	17.5	15.2	23.4
Kokereien, etc.	37.9	40.8	62.9	69.9	51.9	54.8
Kohle-Veredelung			30.0	28.0		
Direkteinsatz im			8.0	23.0		5.0
<u>Endenergieverbrauch</u>						
Insgesamt	105.6	113.6	145.0	160.0	142.8	160.0
<u>Koks</u>						
Ausstoß Kokereien	32.9	35.4	50.3	55.9	41.5	43.8
Verwendung:						
Nichtenergetischer Verbrauch	2.0	2.2	2.9	3.7	2.4	2.4
Industrie	15.7	16.9	33.1	41.2	27.0	39.7
Hochofengichtgas	6.3	6.8	7.2	8.2	5.4	4.5
Haushalte/Kleinverbrauch	7.5	8.0	4.6	---	4.6	---
Verluste im U-Sektor	1.4	1.5	2.5	2.8	2.1	2.2
<u>Insgesamt</u>	32.9	35.4	50.3	55.9	41.5	48.8

2.9.2 Mineralöl- und Gas-Wirtschaft

In der ursprünglichen Form der Energiepfad-Berechnungen sind Mineralöl und Erdgas zusammen behandelt worden. Ein wesentlicher Grund dafür ist der, daß Erdgas in der Zukunft in zunehmendem Maße importiert wird und deshalb energiepolitisch von gleicher Qualität ist wie Mineralöl. Im Herbst 1981 sind die Energiepfade mit dem inzwischen erweiterten Rechenmodell neu gerechnet worden. Hierbei ist u. a. eine Aufteilung in flüssige und gasförmige Brennstoffe notwendig gewesen. Hierbei gehen im wesentlichen folgende zusätzlichen Annahmen ein:

- 1) Aufteilung des Primärenergieverbrauchs in flüssige und gasförmige Energieträger (Mineralöl bzw. Erdgas).
- 2) Aufteilung der importierten Mineralölmengen in Rohöl und Mineralölprodukte.
- 3) Entwicklung des Produktspektrums von Raffinerien.

In der neuen Kommission sind diese Punkte bisher nicht behandelt worden. Die im folgenden getroffene Aufteilung für 2000 bzw. 2030 in flüssige und gasförmige Mineralölprodukte hat exemplarischen Charakter. Bei den Punkten 2) und 3) sind die Verhältnisse von 1978 für die Zukunft fortgeschrieben worden. Es sei hinzugefügt, daß geänderte Annahmen zu 1) bis 3) die ursprünglichen Ergebnisse der Energiepfad-Berechnungen nur ganz unwesentlich beeinflussen.

Zu den Annahmen über Gesamt-Importmengen: siehe "Zur Sache 1/80", S. 57.

Die Mengenflüsse der Mineralöl- und Gaswirtschaft sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

2.9.3 Regenerative Energien

Hierzu gehört für die Ausgangsbasis Wasserkraft zur Stromerzeugung. Für die Zukunft ist hier neben Wasserkraft Windenergie zur Stromerzeugung zu nennen, vor allem aber die Nutzung von Solarenergie im Niedertemperatur-Wärmebereich sowie von Biomassen zum Antrieb von Kraftfahrzeugen.

Die Nutzung von Solarenergie erfolgt im Sektor Kleinverbrauch sowie bei den privaten Haushalten und ist in Abschnitt 2.5 und 2.6 beschrieben. Die Mengen an genutzter Solarenergie werden in Anlehnung an die damals gültige 2. Fortschreibung des Energieprogramms beim Endenergieverbrauch mitgezählt. Auf der

Tabelle 21: Entwicklung der Mineralöl- und Gas-Wirtschaft

(in Mio t SKE)	Ausgangsbasis				Pfad 2				Pfad 3			
	1978		1980		2000		2030		2000		2030	
	Fl.	Gasf.	Fl.	Gasf.	Fl.	Gasf.	Fl.	Gasf.	Fl.	Gasf.	Fl.	Gasf.
<u>Primärenergieverbrauch</u>												
Mineralöl												
Rohöl	143.3		154.1		71.1		35.5		71.3		35.5	
Importierte Produkte	58.4		62.8		28.9		14.5		29.1		14.5	
Erdgas		62.2		66.9		90.0		80.0		89.6		80.0
Gesamt	201.7	62.2	216.9	66.9	100.0	90.0	50.0	80.0	100.4	89.6	50.0	80.0
<u>Inländ. Verfügbarkeit</u>												
Aus inländ. Raffinerien	132.3	12.0	142.3	12.9	65.6	6.0	32.8	3.0	65.8	6.0	32.8	3.0
Importierte Produkte	58.4		62.8		28.9		14.5		29.1		14.5	
Erdgas		62.2		66.9		90.0		80.0		89.6		80.0
Aus Kokereien etc.		7.7		8.3		12.6		14.0		10.4		10.9
Aus Hochöfen (Gichtgas)		6.3		6.8		7.2		8.2		5.4		4.5
Aus Kohleveredelung						18.0		56.0				
Gesamt	190.7	88.2	205.1	94.9	94.5	133.8	47.3	161.2	94.9	111.4	47.3	98.4
<u>Verwendung</u>												
Stromerzeugung	8.8	22.0	9.5	23.7		10.0		12.3		7.0		6.7
Fernwärme	1.7	2.0	1.8	2.2								
Kokereien etc.	1.3	0.9	1.4	1.0								
Verluste im U-Sektor	5.5	12.2	5.9	13.1	2.8	12.1	1.4	10.3	2.9	11.4	1.4	9.4
Nichtenergetischer Verbrauch	23.6	6.3	25.4	6.8	2.5	37.0		48.6		31.9	0.6	31.4
Endenergie												
Industrie	27.6	26.3	29.7	28.3	16.4	24.8	5.1	22.2	16.3	21.9	4.0	16.3
Haushalte/Kleinverbrauch	69.1	18.5	74.3	19.9	42.5	49.9	10.7	67.8	42.5	39.3	21.6	34.7
Verkehr	53.0		57.0		30.2		30.0		33.2		19.7	
Gesamt	190.6	88.2	205.0	95.0	94.4	133.8	47.2	161.2	94.9	111.5	47.3	98.5

anderen Seite wird die Solarenergie aber auch bei den Einsparungen mit verrechnet. Auf diesen Sachverhalt wird besonders hingewiesen, um Doppelzählungen zu vermeiden.

Für den Einsatz von Biomassen als Treibstoffe existieren keine Detailangaben, insbesondere keine Annahmen über die Herkunft dieses Energieträgers (siehe in diesem Zusammenhang "Zur Sache" 1/80, S. 59/60).

Rechnerisch werden alle im Endenergiebereich eingesetzten regenerativen Energien nach dem sog. Substitutionsprinzip in Primärenergie umgerechnet. Hierbei wird berechnet, welche Mengen an fossilen Brennstoffen zur Erzeugung der gleichen Endenergiemengen - Strom aus Wasser- oder Windkraft, Niedertemperaturwärme aus Sonnenenergie, Treibstoffe aus Biomasse - benötigt worden wären.

Es wird folgende Entwicklung beim Einsatz von regenerativen Energien angenommen (Angaben in Primärenergie-Äquivalent) - siehe Tabelle 22

Tabelle 22: Einsatz von regenerativen Energieträgern

(in Mio t SKE)	Ausgangsbasis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
Stromerzeugung (Wasserkraft, Windenergie)	7.4	8.0	10.0	12.0	10.0	15.0
Solarenergie			7.2	14.2	10.4	20.3
Treibstoffe aus Biomassen			22.8	23.8	19.6	34.7
Gesamt	7.4	8.0	40.0	50.0	40.0	70.0

2.9.4 Kernenergie

Eine längerfristige Nutzung der Kernenergie erfolgt nur bei Pfad 2, für Pfad 3 wird angenommen, daß der heutige Kerneenergieeinsatz bis zum Jahre 2000 ausläuft.

Bei Pfad 2 steigt der Einsatz der Kernenergie zur Stromerzeugung von heute 10 % auf ca. 60 % im Jahre 2000 und deckt damit den gesamten Grundlastbedarf. Bis zum Jahre 2030 steigt der Kernenergieanteil bei der Stromerzeugung bis auf 70 % an, wobei der Strom teilweise auch in Heizkraftwerken in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird. Dies bedeutet, daß ein Teil der Fernwärmeversorgung aus Kernkraftwerken erfolgt (siehe Abschnitt 2.9.6). Außerdem wird Kernenergie dazu verwendet, um in lastschwachen Zeiten Strom zu erzeugen, mit dem in Elektrolyse-Anlagen direkt Wasserstoff hergestellt wird (Umwandlungsgrad 90 %).

Die Entwicklung des Kernenergie-Einsatzes ist in Tabelle 23 wiedergegeben.

Tabelle 23: Entwicklung der Kernenergie

	Ausgangsbasis		Pfad 2	
	1978	1980	2000	2030
Kernenergieeinsatz (in Mio t SKE)				
zur Stromerzeugung	11.9	12.8	70.2	99.2
für Fernwärme				6.3
zur Wasserstoffherzeugung				
- Strom				96.7
- Wärme				8.4
----- Insgesamt	11.9	12.8	70.2	210.6
Kraftwerkskapazität (in GWe)	ca. 10		40	120. *)

*) bei Wärme umgerechnet in GWe-Äquivalent

2.9.5 Elektizitätswirtschaft

Der Beitrag der einzelnen Energieträger zur Stromerzeugung ist in den vorhergehenden Abschnitten je einzeln ausgewiesen und in Tabelle 24 nochmals zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 24: Struktur der Elektrizitätserzeugung

(in Mio t SKE)	Ausgangs- basis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
Kohle	65.0	69.9	28.9	21.6	75.7	76.8
Mineralöl	8.8	9.5	--	--	--	--
Gasförmige Br.	22.0	23.7	10.0	12.3	7.0	6.7
Wasserkraft, Wind	7.4	8.0	10.0	12.0	10.0	15.0
Kernenergie	11.9	12.8	70.2	99.2	---	---
Insgesamt	115.1	123.9	119.1	145.1	92.7	98.5

Für die Ausgangsbasis beträgt der mittlere Umwandlungswirkungsgrad der fossilen Wärmekraftwerke zur Stromerzeugung bezogen auf die Bruttostromerzeugung 38 %, bezogen auf den Nettostromverbrauch knapp 32 %. Wasserkraft bzw. Kernenergie werden nach dem Substitutionsprinzip mit dem gleichen Wirkungsgrad primärenergieseitig verrechnet. Zum weitaus überwiegenden Teil wird Strom in Kondensationsturbinen, d. h. ohne Kraft-Wärme-Kopplung, erzeugt. Lediglich im Sektor Industrie wird auch heute schon ein Teil des Stroms in Gegendruckturbinen, d. h. in Kraft-Wärme-Kopplung, erzeugt. Dieser Anteil ist für die Ausgangsbasis nicht extra ausgewiesen, sondern bei der Gesamtstromerzeugung mit verrechnet.

Für die Zukunft wird einmal eine starke Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Stromerzeugung angenommen: der Wirkungsgrad steigt von (brutto) 38 % auf 42 % bzw. (netto) von 32 %

auf 37 %. Zum anderen soll die Kraft-Wärme-Kopplung im wesentlich stärkerem Umfang als bisher verwirklicht werden, sowohl in der Industrie als auch bei der öffentlichen Fernwärmeversorgung.

Tabelle 25 zeigt den zunehmenden Beitrag der Kraft-Wärme-Kopplung.

Tabelle 25: Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung

(in TWh)	Ausgangsbasis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
Bruttostromerzeugung insgesamt	356	383	430	530	355	388
- davon in Kraft-Wärme-Kopplung						
Industrie	*)	*)	20**	20**	50**	50**
Fernwärme			<u>35</u>	<u>50</u>	<u>35</u>	<u>55</u>
			55	70	85	105

*) ca. 30 TWh, in der Gesamtstromerzeugung enthalten

**) zusätzlich zur Ausgangsbasis

Aus modelltechnischen Gründen wird bei der industriellen Kraft-Wärme-Kopplung die Stromerzeugung getrennt behandelt, dort beträgt der Umwandlungswirkungsgrad 85 %. Zur Kraft-Wärme-Kopplung bei der Fernwärmeversorgung: siehe Abschnitt 2.9.6.

2.9.6 Fernwärmeversorgung

Die Fernwärmeerzeugung erfolgt in der Ausgangsbasis im wesentlichen noch ohne Kraft-Wärme-Kopplung. Für die Zukunft wird von einem starken Ansteigen der Kraft-Wärme-Kopplung ausgegangen.

Die Struktur zukünftiger Fernwärmeerzeugung ist in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Struktur der Fernwärmeerzeugung

	Pfad 2 (2000) Pfad 3	Pfad 2 (2030)
Reine Fernheizwerke (ca. 90 % Umwandlungsgrad)	25 %	25 %
Blockheizkraftwerke (ca. 85 % Umwandlungsgrad, Wärme: Strom = 1.5 : 1)	15 %	15 %
Kohlekraftwerke (ca. 85 % Umwandlungsgrad, Wärme: Strom = 3 : 1)	60 %	30 %
Kernkraftwerke (ca. 85 % Umwandlungsgrad, Wärme: Strom = 5 : 1)	--	30 %

Die Zuordnung des Energieeinsatzes auf Strom und Fernwärme geschieht in der Weise, daß Fernwärme so behandelt wird, wie wenn sie ohne Kopplung erzeugt worden wäre; der Differenzbetrag wird der Stromerzeugung zugerechnet.

Insgesamt ergibt sich folgende Entwicklung der Fernwärmeerzeugung - siehe Tabelle 27.

Tabelle 27: Entwicklung der Fernwärmeversorgung

(in Mio t SKE/Jahr)	Ausgangsbasis		Pfad 2		Pfad 3	
	1978	1980	2000	2030	2000	2030
<u>Energieträgereinsatz</u>						
Kohle	2.7	2.9	21.5	23.1	21.4	33.1
Mineralöl	1.7	1.8				
Gasförmige Brennstoffe	2.0	2.2				
Kernenergie				8.3		
davon: Rechnerischer Anteil für						
Strom						
Kohle	---	---	6.3	5.6	6.2	9.7
Kernenergie				2.0		
<u>Bruttoerzeugung</u>						
Fernwärme	6.2	6.7	14.0	21.9	14.0	21.6
Strom	---	---	4.3	5.8	4.3	6.6

2.10 Zusammenfassende Darstellung der Energiepfade 2 und 3

In den folgenden Tabellen 28 bis 32 ist die Entwicklung der Energiewirtschaft in ihrer Gesamtheit für die Pfad 2 und 3 in Form von Energiebilanzen dargestellt.

Tabelle 28: Energiepfade - Energiebilanz 1980 (Ausgangsbasis)

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	113.6	216.9	66.9	8.0	12.8				418.1
UMWANDLUNGSFINSATZ									
STROMERZEUGUNG	69.9	9.5	23.7	8.0	12.8				123.8
FERNWAERME	2.9	1.8	2.2						6.9
KOHLE-UMWANDLUNG	40.8	1.4	1.0						43.2
HOCHOFEN - GICHTGAS	6.8								6.8
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		154.1							154.1
WASSERSTOFF									
GESAMT	120.4	166.9	26.8	8.0	12.8				334.8
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						47.0			47.0
FERNWAERME							6.7		6.7
KOHLE-UMWANDLUNG	35.4		8.3						43.7
HOCHOFEN - GICHTGAS			6.8						6.8
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		142.3	12.9						155.2
WASSERSTOFF									
GESAMT	35.4	142.3	28.0			47.0	6.7		259.3
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	1.5	5.9	13.1			8.0	0.8		29.3
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.2	25.4	6.8						34.3
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	17.0	29.7	28.3			18.8	1.5		95.3
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	8.0	74.3	19.9			18.9	4.3		125.5
VERKEHR		57.0				1.3			58.3
GESAMT	24.9	161.0	48.2			39.0	5.8		279.0

Tabelle 29: Energiepfad 2 - Energiebilanz 2000

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRFNNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSFR- STOFF	GESAMT
PRIMAERENERGIEVERBRAUCH	145.0	100.0	90.0	40.0	70.2				445.2
UMWANDLUNGSFINSATZ									
STROMERZEUGUNG	28.9		10.0	10.0	70.2				119.0
FERNWAERME	15.2								15.2
KOHLE-UMWANDLUNG	62.9								62.9
HOCHOFEN - GICHTGAS	7.2								7.2
KOHLE-VEREDELUNG	30.0								30.0
RAFFINERIEEN		71.1							71.1
WASSERSTOFF									
GESAMT	144.2	71.1	10.0	10.0	70.2				305.5
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						52.9			52.9
FERNWAERME							14.0		14.0
KOHLE-UMWANDLUNG	50.3		12.6						62.9
HOCHOFEN - GICHTGAS			7.2						7.2
KOHLE-VEREDELUNG			18.0						18.0
RAFFINERIEEN		65.6	6.0						71.6
WASSERSTOFF									
GESAMT	50.3	65.6	43.8			52.9	14.0		226.7
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.5	2.8	12.1	2.0		5.9	0.7		26.0
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.9	2.5	37.0						42.5
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	41.0	16.4	24.8			23.5	1.9		107.6
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	4.6	42.5	49.9	6.7		22.0	11.5		137.2
VERKEHR		30.2		21.3		1.5			53.0
GESAMT	45.6	89.1	74.7	28.0		47.0	13.4		297.8

Tabelle 30: Energiepfad 2 - Energiebilanz 2030

(in Mio t SKE)

	KOHLFN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	160.0	50.0	80.0	50.0	210.5				550.5
UMWANDLUNGSFINSATZ									
STROMERZEUGUNG	21.6		12.3	12.0	195.9				241.8
FFRNWAERME	17.5				6.3				23.8
KOEHLE-UMWANDLUNG	69.9								69.9
HOCHOFEN - GICHTGAS	8.2								8.2
KOEHLE-VEREDELUNG	28.0				8.4			33.6	70.0
RAFFINERIEEN		35.5							35.5
WASSERSTOFF						40.6			40.6
GESAMT	145.2	35.5	12.3	12.0	210.5	40.6		33.6	489.8
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						105.4			105.4
FERNWAERME							21.9		21.9
KOEHLE-UMWANDLUNG	55.9		14.0						69.9
HOCHOFEN - GICHTGAS			8.2						8.2
KOEHLE-VEREDELUNG			56.0						56.0
RAFFINERIEEN		32.8	3.0						35.8
WASSERSTOFF								36.6	36.6
GESAMT	55.9	32.8	81.2			105.4	21.9	36.6	333.8
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.8	1.4	10.3	2.5		7.4	1.0		25.5
NICHTENERGET. VERBRAUCH	3.7		48.6						52.2
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	64.2	5.1	22.2			30.2	2.2	3.0	127.0
HAUSHALTE/KLEINVERBR.		10.7	67.8	13.3		25.3	18.6		135.8
VERKEHR		30.0		22.2		1.8			54.0
GESAMT	64.2	45.8	90.0	35.5		57.4	20.9	3.0	316.8

Tabelle 31: Energiepfad 3 - Energiebilanz 2000

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS.	GASFOER.	REGEN.	KERN-	STROM	FERN-	WASSER-	GESAMT
		BRENNST.	BRENNST.	ENERGIE	ENERGIE		WAERME	STOFF	
PRIMAERENERGIEVERBRAUCH	142.8	100.4	89.6	40.0					372.8
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	75.7		7.0	10.0					92.7
FERNWAERME	15.2								15.2
KOHLE-UMWANDLUNG	51.9								51.9
HOCHOFEN - GICHTGAS	5.4								5.4
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEN		71.3							71.3
WASSERSTOFF									
GESAMT	148.2	71.3	7.0	10.0					236.5
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						43.6			43.6
FERNWAERME							14.0		14.0
KOHLE-UMWANDLUNG	41.5		10.4						51.9
HOCHOFEN - GICHTGAS			5.4						5.4
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEN		65.8	6.0						71.8
WASSERSTOFF									
GESAMT	41.5	65.8	21.8			43.6	14.0		186.7
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.1	2.9	11.4	2.0		4.4	0.7		23.3
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.4		31.9						34.3
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	27.0	16.3	21.9			20.3	1.9		87.4
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	4.6	42.5	39.3	9.7		17.4	11.4		124.9
VERKEHR		33.2		18.4		1.5			53.1
GESAMT	31.6	92.0	61.2	28.0		39.2	13.3		265.4

Tabelle 32: Energiepfad 3 - Energiebilanz 2030

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUFSS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	160.0	50.0	80.0	70.0					360.0
UMWANDLUNGSFINSATZ									
STROMERZEUGUNG	76.8		6.7	15.0					98.5
FERNWAERME	23.4								23.4
KOHLE-UMWANDLUNG	54.7								54.7
HOCHOFEN - GICHTGAS	4.5								4.5
KOHLE-VEREDELUNG RAFFINERIEN		35.5							35.5
WASSERSTOFF									
GESAMT	159.5	35.5	6.7	15.0					216.8
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						46.9			46.9
FERNWAERME							21.6		21.6
KOHLE-UMWANDLUNG	43.8		10.9						54.7
HOCHOFEN - GICHTGAS			4.5						4.5
KOHLE-VEREDELUNG RAFFINERIEN		32.8	3.0						35.8
WASSERSTOFF									
GESAMT	43.8	32.8	18.5			46.9	21.6		163.6
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.2	1.4	9.4	3.6		4.7	1.0		22.4
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.4	0.6	31.4						34.3
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	39.7	4.0	16.3			23.9	2.2		86.2
HAUSHALTE/KLEINVERBR.		21.6	34.7	19.0		16.4	18.3		110.0
VERKEHR		19.7		32.4		1.8			54.0
GESAMT	39.7	45.3	51.0	51.4		42.2	20.5		250.1

2.11 Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse der Energiepfade 1 und 4

2.11.1 Wachstum der energienachfragenden Aktivitäten

Für Pfad 1 werden folgende mittlere Wachstumsraten für das Bruttosozialprodukt angenommen:

1980 - 2000: 3,3 % pro Jahr

2000 - 2030: 1,4 % pro Jahr

Der wirtschaftliche Strukturwandel bei Pfad 1 ist der gleiche wie bei Pfad 2. Die sich daraus ergebenden Wachstumsfaktoren für die produktions-bezogenen Aktivitäten in den Sektoren Industrie und Kleinverbrauch sind in Tabelle 33 dargestellt.

Der Wachstumsfaktor "BSP gesamt" gilt auch für den Teilsektor "übriger Verkehr".

Bei Pfad 4 sind Wirtschaftswachstum und Strukturwandel - und damit auch die entsprechenden Wachstumsfaktoren - mit Pfad 3 identisch.

Alle übrigen Wachstumsannahmen bei den Pfaden 1 und 4 sind die gleichen wie bei den Pfaden 2 und 3.

Tabelle 33: Wachstumsfaktoren bei Pfad 1

	Ausgangsbasis			
	1978	1980	2000	2030
Grundstoff- industrie	1.0	1.075 (1.0)	1.58 (1.47)	2.11 (1.96)
übrige Industrie	1.0	1.75 (1.0)	2.09 (1.94)	3.14 (2.92)
gesamte Industrie	1.0	1.075 (1.0)	1.93 (1.80)	2.83 (2.63)
Kleinverbrauch	1.0	1.075 (1.0)	2.19 (2.03)	3.35 (3.12)
BSP gesamt	1.0	1.075 (1.0)	2.09 (1.94)	3.14 (2.92)

2.11.2 Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs

Die Enquete-Kommission hat die Einsparungen von Pfad 2 mit dem Attribut "Starkes Einsparen" versehen, diejenigen von Pfad 3 mit "Sehr starkes Einsparen" /5/. Die Annahmen über Einsparungen bei Pfad 1 entsprechen etwa der Hälfte des Einsparererfolges von Pfad 2 und werden als "Trendsparen" bezeichnet.

Bei Pfad 4 werden Einsparraten entsprechend der ÖKO-Studie "Energiewende" /6/ angenommen; diese gehen in vielen Bereichen über die Annahmen von Pfad 3 hinaus und werden dementsprechend als "Extremes Einsparen" bezeichnet.

In diesem Sinne gelten die Aussagen zu Maßnahmen über Energieeinsparungen bei den Pfaden 2 und 3 für die Pfade 1 und 4 entsprechend schwächer bzw. stärker.

In den Tabellen 34 und 35 sind die Einsparraten und die Entwicklung der Beheizungsstruktur für die einzelnen Sektoren für das Jahr 2030 angegeben. Diese Werte werden - ähnlich wie bei den Pfaden 2 und 3 - im Jahre 2000 im Bereich der Raumwärme zu ca. 50 %, in allen übrigen Bereichen zu ca. 60 - 80 % (je nach Wachstumsfaktor) erreicht sein.

2.11.3 Entwicklung des Energieverbrauchs

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs sowie die gesamte Energiebilanz der Pfade 1 und 4 für die Jahre 2000 und 2030 ist in folgenden Tabellen zusammenfassend dargestellt:

Tabelle 34: Einsparungen bei den Energiepfaden 1 und 4

(in % bezogen auf die Ausgangsbasis)	Pfad 1		Pfad 4	
	2030		2030	
<u>Industrie</u>				
<u>Produktions-bezogen</u>				
Grundstoffindustrie				
thermisch	10		33	
elektrisch	0		33	
übrige Industrie				
thermisch = elektrisch	10		33	
<u>Raumwärme-bezogen</u>	10		40	
<u>Verkehr</u>				
PkW-Verkehr	25		60	
übriger Verkehr	15		30	
<u>Private Haushalte</u>				
<u>Raumwärme</u>	<u>E.F.</u>	<u>M.F.</u>	<u>E.F.</u>	<u>M.F.</u>
Wärmedämmung	20	10	60	50
techn. Maßnahmen/Änderung der Heizstruktur				
ohne Solaranteil	7	9	11	17
mit Solaranteil	15	12	25	28
<u>Prozesswärme</u>				
ohne Solaranteil	14	14	32	32
mit Solaranteil	24	17	66	55
<u>Licht und Kraft</u>	10		46	
<u>Kleinverbrauch</u>				
<u>Raumwärme</u>				
Wärmedämmung	10		60	
techn. Maßnahmen/Änderung der Heizstruktur				
ohne Solaranteil	9		20	
mit Solaranteil	12		26	
<u>Prozesswärme</u>				
ohne Solaranteil	9		41	
mit Solaranteil	11		50	
<u>Licht und Kraft</u>	10		30	

E.F. = Ein-/Zweifamilienhäuser, M.F. = Mehrfamilienhäuser

Tabelle 35: Beheizungsstruktur in den Privaten Haushalten und im Kleinverbrauch bei den Energiepfaden 1 und 4

(in %)	Pfad 1 2030		Pfad 4 2030	
	<u>E.F.</u>	<u>M.F.</u>	<u>E.F.</u>	<u>M.F.</u>
<u>Private Haushalte</u>				
Elektrisch ⁺)	8	8	-	-
Fernwärme	5	25	25	33
Konventionell ⁺)	62	54.5	25	34
Solarheizung ohne Wärmepumpe				
bivalent	12.5			
monovalent			50	33
Elektr. Wärmepumpe (bivalent)	12.5			
Wärmepumpe mit Verbrennungsmotor (bivalent)		12.5		
<u>Kleinverbrauch</u>				
Elektrisch ⁺)		8		-
Fernwärme		25		33
Konventionell ⁺)		54.5		34
Wärmepumpe mit Verbrennungsmotor (bivalent)		12.5		
Solarheizung ohne Wärmepumpe (monovalent)				33

⁺) Siehe Anmerkung im Text auf S. 72 zu Pfad 1

Tabelle 36: Pfad 1 - Endenergieverbrauch,

Tabelle 37: Pfad 4 - Endenergieverbrauch,

jeweils aufgeschlüsselt nach Sektoren und Nutzungsarten,

Tabelle 38: Pfad 1 - Primärenergiebilanz 2000,

Tabelle 39: Pfad 1 - Primärenergiebilanz 2030,

Tabelle 40: Pfad 4 - Primärenergiebilanz 2000,

Tabelle 41: Pfad 4 - Primärenergiebilanz 2030.

Anmerkung zu Pfad 1: Um eine vorgegebene Entwicklung des Stromverbrauchs zu erreichen, besteht bei Pfad 1 die Möglichkeit, in den Bereichen Prozesswärme in der Industrie sowie Raumwärme in den Privaten Haushalten/Kleinverbrauch fossile Brennstoffe durch elektrischen Strom zu substituieren (Umwandlung von HEIS → ELE bzw. WARM → ELE). Die Menge dieser "Umwandlung" ist offen und ergibt sich erst aus der Optimierung bei der Rechnung. Im ersten Fall erfolgt die Substitution im Verhältnis 1 : 1, im zweiten Fall im Verhältnis 1 : 0.8, d. h. es wird hier eine Verbesserung von 20 % bei der technischen Nutzung angenommen.

Auf diese Weise ergeben sich gegenüber den bisher genannten Annahmen folgende Verschiebungen bei Pfad 1 für 2000 und 2030:

Industrie:

12.4 Mio t SKE HEIS → 12.4 Mio t SKE ELE

Private Haushalte/Kleinverbrauch

12.4 Mio t SKE WARM → 9.9 Mio t SKE ELE
+ 2.5 Mio t SKE SPAR.

Diese Verschiebungen sind in den Tabellen 36 bzw. 38 und 39 enthalten.

Tabelle 36: Energiepfad 1 - Entwicklung des Endenergieverbrauchs

(in Mio t SKE)	2000					2030				
	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt
<u>Industrie</u>										
Grundstoffindustrie										
Prozeßwärme	60.3		16.1		76.4	81.3		18.2		99.5
Übrige Industrie										
Prozeßwärme	22.6		3.4		26.0	34.8		3.7		38.5
Licht und Kraft			24.9		24.9			36.9		36.9
Raumwärme (ges. Industrie)		10.3		1.9	12.2		10.3		2.2	12.5
Insgesamt	82.9	10.3	44.4	1.9	139.5	116.1	10.3	58.8	2.2	187.4
<u>Verkehr</u>	TR		ELE		gesamt	TR		ELE		gesamt
Individualverkehr	35.0				35.0	34.2				34.2
Übriger Verkehr	35.1		2.2		37.3	51.3		3.2		54.5
Insgesamt	70.1		2.2		72.3	85.5		3.2		88.7
<u>Private Haushalte</u>	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt
Raumwärme	2.1	42.1	9.8	4.1	58.1	4.5	34.0	11.0	7.0	56.5
Prozeßwärme	1.0	5.9	9.6	1.1	17.6	1.7	4.4	12.6	1.8	20.5
Licht und Kraft			6.7		6.7			9.0		9.0
Insgesamt	3.1	48.0	26.1	5.2	82.4	6.2	38.4	32.6	8.8	86.0
<u>Kleinverbrauch</u>										
Raumwärme	0.7	30.0	6.1	6.2	43.0	1.6	24.3	7.2	10.2	43.3
Prozeßwärme	0.4	12.7	6.0	2.2	21.3	0.7	18.2	9.2	3.9	32.0
Licht und Kraft			6.8		6.8			10.3		10.3
Insgesamt	1.1	42.7	18.9	8.4	71.1	2.3	42.5	26.7	14.1	85.6
<u>Endenergie insgesamt</u>					365.3					447.7

Tabelle 37: Energiepfad 4 - Entwicklung des Endenergieverbrauchs

(in Mio t SKE)	2000					2030				
	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt
<u>Industrie</u>										
Grundstoffindustrie										
Prozeßwärme	40.6		3.8		44.4	34.0		3.2		37.2
Übrige Industrie										
Prozeßwärme	16.1*				16.1	19.8*				19.8
Licht und Kraft			15.5		15.5			19.2		19.2
Raumwärme (ges. Industrie)		7.7		2.7	10.4		4.2		4.2	8.4
Insgesamt	56.7	7.7	19.3	2.7	86.4	53.8	4.2	22.4	4.2	84.6
<u>Verkehr</u>										
Individualverkehr	25.4				25.4	18.2				18.2
Übriger Verkehr	23.5		1.6		25.1	29.4		2.1		31.5
Insgesamt	48.9		1.6		50.5	47.6		2.1		49.7
<u>Private Haushalte</u>										
Raumwärme	4.6	33.4	1.8	3.5	43.3	9.8	7.0	0.4	6.0	23.2
Prozeßwärme	4.1	6.0	2.4	2.5	15.0	6.9	4.8	0.3	4.1	16.1
Licht und Kraft			4.6		4.6			5.4		5.4
Insgesamt	8.7	39.4	8.8	6.0	62.9	16.7	11.8	6.1	10.1	44.7
<u>Kleinverbrauch</u>										
Raumwärme	1.7	23.3	0.5	2.9	28.4	3.6	3.8	0.2	3.3	10.9
Prozeßwärme	1.3	8.5	1.2	1.4	12.4	2.4	10.2	0.1	2.2	14.9
Licht und Kraft			4.5		4.5			5.8		5.8
Insgesamt	3.0	31.8	6.2	4.3	45.3	6.0	14.0	6.1	5.5	31.6
<u>Endenergie insgesamt</u>	*davon 5.0 SUN				245.1	*davon 5.0 SUN				210.6

Tabelle 38: Energiepfad 1 - Energiebilanz 2000

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUFSS.	GASFOER.	REGEN.	KERN-	STROM	FERN-	WASSER-	GESAMT
		BRENNST.	BRENNST.	ENERGIE	ENERGIE		WAERME	STOFF	
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	175.0	150.0	100.0	40.0	135.0				600.0
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	80.0		20.7	10.0	130.4				241.1
FERNWAERME	13.0				4.6				17.6
KOHLE-UMWANDLUNG	52.0								52.0
HOCHOFEN - GICHTGAS	9.2								9.2
KOHLE-VEREDELUNG	30.0								30.0
RAFFINERIEN		106.6							106.6
WASSERSTOFF									
GESAMT	184.2	106.6	20.7	10.0	135.0				456.6
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						103.9			103.9
FERNWAERME							16.2		16.2
KOHLE-UMWANDLUNG	41.6		10.4						52.0
HOCHOFEN - GICHTGAS			9.2						9.2
KOHLE-VEREDELUNG			18.0						18.0
RAFFINERIEN		98.4	9.0						107.4
WASSERSTOFF									
GESAMT	41.6	98.4	46.6			103.9	16.2		306.7
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE									
	2.1	4.3	13.0	2.0		12.3	0.8		34.3
NICHTENERGET. VERBRAUCH									
	3.5		47.0						50.5
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	22.2	33.4	37.7			44.4	1.9		139.5
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	4.6	57.9	28.2	4.2		45.0	13.6		153.5
VERKEHR		46.3		23.8		2.2			72.3
GESAMT	26.8	137.5	65.9	28.0		91.6	15.4		365.3

Tabelle 39: Energiepfad 1 - Energiebilanz 2030

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGFN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	210.0	100.9	149.1	50.0	290.0				800.0
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	80.0		28.0	12.0	275.2				395.2
FERNWAERME	21.1				7.5				28.7
KOHLF-UMWANDLUNG	68.9								68.9
HOCHOFEN - GICHTGAS	12.0								12.0
KOHLF-VEREDELUNG	30.0				7.3			29.1	66.3
RAFFINERIEEN		71.7							71.7
WASSERSTOFF						32.3			32.3
GESAMT	212.0	71.7	28.0	12.0	290.0	32.3		29.1	675.0
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						169.8			169.8
FERNWAERME							26.4		26.4
KOHLF-UMWANDLUNG	55.1		13.8						68.9
HOCHOFEN - GICHTGAS			12.0						12.0
KOHLF-VEREDELUNG			51.9						51.9
RAFFINERIEEN		66.2	6.0						72.2
WASSERSTOFF								29.1	29.1
GESAMT	55.1	66.2	83.7			169.8	26.4	29.1	430.2
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.8	2.9	14.4	2.5		16.3	1.3		40.1
NICHTENERGET. VERBRAUCH	4.7		62.8						67.5
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	45.6	34.0	46.7			58.8	2.2		187.4
HAUSHALTE/KLEINVERBR.			80.9	8.5		59.3	22.9		171.6
VERKEHR		58.5		27.0		3.2			88.7
GESAMT	45.6	92.5	127.6	35.5		121.3	25.2		447.7

Tabelle 40: Energiepfad 4 - Energiebilanz 2000

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	131.8	108.0	56.1	50.0					345.9
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	52.6		4.4	26.9					83.9
FERNWAERME	15.0								15.0
KOHLE-UMWANDLUNG	56.3								56.3
HOCHOFEN - GICHTGAS	5.4								5.4
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		76.8							76.8
WASSERSTOFF									
GESAMT	129.2	76.8	4.4	26.9					237.3
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						39.9			39.9
FERNWAERME							13.8		13.8
KOHLE-UMWANDLUNG	45.0		11.3						56.3
HOCHOFEN - GICHTGAS			5.4						5.4
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		70.9	6.4						77.3
WASSERSTOFF									
GESAMT	45.0	70.9	23.1			39.9	13.8		192.6
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.3	3.1	10.4	1.5		4.0	0.7		21.9
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.4		31.9						34.3
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	27.4	12.6	19.3	5.0		19.3	2.7		86.4
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	15.5	42.5	13.2	11.6		14.9	10.4		108.2
VERKEHR		43.9		5.0		1.6			50.5
GESAMT	42.9	99.0	32.5	21.6		35.9	13.1		245.1

Tabelle 41: Energiepfad 4 - Energiebilanz 2030

(in Mio t SKE)

	KOHLLEN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	143.1	30.1	35.2	100.0					308.4
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	32.8		1.8	48.9					83.5
FERNWAERME	22.6								22.6
KOEHLE-UMWANDLUNG	61.7								61.7
HOCHOFEN - GICHTGAS	4.5								4.5
KOEHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		21.4							21.4
WASSERSTOFF									
GESAMT	121.6	21.4	1.8	48.9					193.7
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						40.5			40.5
FERNWAERME							20.8		20.8
KOEHLE-UMWANDLUNG	49.3		12.3						61.7
HOCHOFEN - GICHTGAS			4.5						4.5
KOEHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		19.7	1.8						21.5
WASSERSTOFF									
GESAMT	49.3	19.7	18.7			40.5	20.8		149.1
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.5	0.9	7.3	3.3		4.0	1.0		18.9
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.4		31.9						34.3
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	43.8		9.3	5.0		22.4	4.2		84.6
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	22.2		3.6	22.8		12.1	15.7		76.3
VERKEHR		27.6		20.0		2.1			49.7
GESAMT	65.9	27.6	12.9	47.8		36.6	19.9		210.6

3. Nachbildung der Energie-Projektionen des "Gemeinschaftsgutachtens" mit dem Rechenmodell der Energiepfade

3.1 Einleitung

Im Zusammenhang mit der 3. Fortschreibung des Energieprogramms (1981) hat der Bundesminister für Wirtschaft an das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) Berlin, das Energiewirtschaftliche Institut für Universität Köln (EWI) und das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) Essen ein Gutachten über die Entwicklung des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 1995 in Auftrag gegeben. Das Ergebnis dieses Gemeinschafts-Gutachtens sind drei verschiedene Energieverbrauchs-Projektionen (Varianten A bis C). Für jede Variante wird dabei die gesamtwirtschaftliche Entwicklung unter Verwendung von makroökonomischen Modellen prognostiziert und daraus die Nachfrage nach Energie und die Entwicklung des Energieverbrauchs bestimmt.

Die Varianten A und C basieren auf einer ökonomischen Leitdatenprognose des DIW, die Variante B auf einer des RWI. Die Varianten A und B sind gleichzeitig Anfang 1981 fertiggestellt worden und enthalten den Informationsstand über wirtschaftliche Entwicklungstendenzen bis zum Spätherbst 1980. Die Variante C ist nachträglich entstanden, nachdem das DIW im Sommer 1981 neue Leitdaten der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung erarbeitet hat, die teilweise stark von denen der Variante A abweichen. Das DIW sieht inzwischen eine wirtschaftliche Entwicklung gemäß Variante C als wahrscheinlicher an als eine nach Variante A; die Variante A ist jedoch weiterhin im Gemeinschaftsgutachten enthalten.

Die drei Energie-Projektionen sind in einem umfangreichen 300seitigen Bericht dokumentiert /10/. Die wirtschaftliche Entwicklung jeder einzelnen Variante ist - neben den wichtigsten Ausgangsannahmen - nur mit den Ergebnissen angegeben und kann im einzelnen ohne zusätzliche Informationen nicht nachvollzogen werden; wohl aber ist - auf der Grundlage des ausführlichen energiewirtschaftlichen Datenmaterials - eine Nachrechnung der Entwicklung des Energieverbrauchs nahezu vollständig möglich.

Die Veröffentlichung der Energie-Projektionen des Gemeinschaftsgutachtens 1981 fällt in die Zeit, in der die Energiepfade der Enquete-Kommission die öffentliche Kritik gerade hinter sich haben. Diese Kritik hat sich neben der grundsätzlichen Vorgehensweise bei den Pfaden vor allem auch auf Einzelannahmen, insbesondere zu Energieeinsparungen und wirtschaftlichem Strukturwandel, bezogen (siehe Abschnitt 4.1).

Es ist deshalb naheliegend gewesen, die drei Varianten des Gemeinschaftsgutachtens "durch die Brille der Energiepfade zu betrachten", um auf diese Weise die verschiedenen Annahmen in den Energiepfaden denen der Varianten gegenüberzustellen und sie dadurch entsprechend einordnen zu können.

Der Betrachtungszeitraum für die Varianten des Gemeinschaftsgutachtens ist 1978 bis 1995 (mit Zwischenschritten für 1985 und 1990), die Ausgangsbasis ist 1978. Der Betrachtungszeitraum der Energiepfade ist 1980 bis 2030 mit einem Zwischenschritt für das Jahr 2000; Ausgangsbasis ist das Jahr 1978, einheitlich hochgerechnet auf 1980 mit $F = 1.075$.

Ein Vergleich von Varianten und Energiepfaden muß sich deshalb bei den Pfaden auf das Jahr 2000 beschränken. Der Unterschied zwischen 1995 (Varianten) und 2000 (Energiepfade) ist bei den bestehenden Unsicherheiten von untergeordneter Bedeutung. Weiter zeigen die Ergebnisse der Varianten, daß sie

sich im Umfeld der Pfade 1 und 2 bewegen - die Pfade 3 und 4 liegen außerhalb der Entwicklungstendenzen der Varianten. Deshalb werden die Varianten lediglich den Pfaden 1 und 2 gegenübergestellt.

Die Zahlenangaben in diesem Kapitel für die Varianten sind das Ergebnis einer modellmäßigen Nachrechnung mit dem Rechenmodell der Energiepfade, das für diesen Zweck erweitert worden ist. Hierbei sind die Wachstumsfaktoren der die Energienachfrage bestimmenden wirtschaftlichen Aktivitäten im einzelnen dem Gemeinschaftsgutachten direkt entnommen (in Einzelfällen mußten sie geschätzt werden). Die Angaben im Gemeinschaftsgutachten über Energie-Einsparungen bis 1995 werden im Sinne der Logik der Energiepfade in "langfristige" Einsparraten umgerechnet (siehe Abb. 3 in Abschnitt 2.1). Das heißt: Die Einsparraten bei den jeweiligen "neuen" Technologien im Rechenmodell werden so gewählt, daß sie in dem Mix von "alten" und "neuen" Technologien im Jahre 1995 gerade die in den Varianten ausgewiesenen Einsparungen ergeben. In diesem Sinne ist das Jahr 1995 bei den Varianten in der gleichen Weise wie das Jahr 2000 bei den Energiepfaden ein Stützpunkt für eine längerfristige Entwicklung. Bei entsprechender Extrapolation der Wachstumsannahmen ist damit eine Verlängerung der Energie-Projektionen des Gemeinschaftsgutachtens bis zum Jahre 2030 möglich. Eine solche Verlängerung wird im letzten Abschnitt dieses Kapitels beispielhaft aufgezeigt.

3.2 Wirtschaftliche Entwicklung und Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs im Sektor Industrie (= Verarbeitendes Gewerbe)

Für die Entwicklung des gesamten Bruttonationalprodukts (BSP) werden bei den Varianten im Vergleich zu den Energiepfaden folgende mittlere jährliche Wachstumsraten (in %/Jahr) zugrunde gelegt:

<u>Varianten</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
1978 - 1995	2,7	3,4	2,2

<u>Energiepfade</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
1980 - 2000	3,3	2,0

Die wirtschaftliche Entwicklung im Sektor Industrie ist im Gemeinschafts-Gutachten sehr detailliert dargestellt, es werden folgende Branchen im einzelnen betrachtet:

- (1) Eisenschaffende Industrie
- (2) Chemische Industrie
- (3) Steine und Erden
- (4) Nichteisenmetall-Industrie
- (5) Zellstoff, Papier, Pappe
- (6) Übriges verarbeitendes Gewerbe.

Die Branchen (1) bis (5) gehören zur Gruppe des Grundstoff- und Produktionsgüter-Gewerbes. Für die hier durchgeführten Modellrechnungen wird die Aufteilung in die Branchen (1), (2) und (6) beibehalten; die Branchen (3) bis (5) werden der Einfachheit halber zusammengefaßt in einen Teilsektor "Restliche Grundstoffindustrie".

Für jede einzelne Branche wird im Gemeinschaftsgutachten die Entwicklung der Energienachfrage errechnet aus der Entwicklung der Nettoproduktion sowie der Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes (Energieverbrauch/DM Wertschöpfung).

Für die Nachrechnung im Modell wird die Energienachfrage jeder Branche analog zu den Energiepfaden in einen raumwärmebezogenen und einen produktionsbezogenen Anteil aufgeteilt. Die raumwärmebezogene Energienachfrage wird - da im Gemeinschaftsgutachten keine Angaben hierzu gemacht werden - in Anlehnung an Pfad 2 behandelt. Für die produktionsbezogene Energienachfrage ist das Vorgehen bei Pfaden und Varianten gleich.

In Tabelle 42 ist die teilweise sehr unterschiedliche wirtschaftliche Entwicklung in den einzelnen Branchen in Relation zum Bruttosozialprodukt (BSP-Wachstum = 100 %) angegeben.

Tabelle 42: Wachstum einzelner Branchen des Sektors Industrie nach dem Gemeinschaftsgutachten in Relation zum Bruttosozialprodukt

(in %)	Variante		
	A	B	C
Bruttosozialprodukt	100	100	100
Eisenschaffende Industrie	65	33	50
Chemische Industrie	177	188	181
Restliche Grundstoffindustrie	106	70	120
Gesamte Grundstoff-Industrie	140	131	142
Übrige Industrie	123	99	145
Gesamte Industrie	126	107	144

Anmerkung zum Lesen von Tabelle 42: Die Eisenschaffende Industrie wächst z. B. in Variante A 65 % oder 2/3 so stark bzw. in Variante C 50 % oder halb so stark wie BSP; umgekehrt wächst z. B. die Chemische Industrie in Variante A 177 % oder 1,8 mal so stark wie BSP - das gleiche gilt für Variante C.

Tabelle 42 zeigt einen starken Strukturwandel in Richtung zunehmender Grundstoffindustrie, und zwar im wesentlichen im Sektor Chemische Industrie. Aber auch der Bereich der übrigen Industrie wächst (mit Ausnahme der Variante B) im Vergleich zum BSP überproportional.

Die im Gemeinschaftsgutachten angegebenen jeweiligen Verminderungen des spezifischen Energieverbrauchs in den einzelnen Branchen ergeben langfristige "Einsparraten", wie sie in Tabelle 43 ausgewiesen sind.

Tabelle 43: Langfristige Einsparraten in der Industrie nach dem Gemeinschaftsgutachten

(in %)	Variante		
	A	B	C
Eisenschaffende Industrie			
- Kokseinsatz	23	20	17
- Übriger Bereich	50	45	46
Chemische Industrie	40	31	47
Restliche Grundstoff-Industrie	41	40	42
Übrige Industrie	22	23	15

Die in Tabelle 43 ausgewiesenen Verminderungen des Energieeinsatzes lassen erkennen, daß es sich nicht ausschließlich nur um technische Energie-Einsparungen im Sinne der Annahmen der Energiepfade handelt. Vielmehr ist bei der Verminderung des spezifischen Energieeinsatzes auch ein Strukturwandel innerhalb einzelner Branchen enthalten. Wörtlich heißt es dazu im Gemeinschaftsgutachten: Beim Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs ist zu berücksichtigen,

"daß in Zukunft mit einer Verschiebung der Produktpalette zu weniger energieintensiven Produkten zu rechnen ist; zum einen werden die sich verteuernenden energieintensiven Produkte nicht mehr so stark nachgefragt, zum anderen werden diese Produkte vermutlich zunehmend in Ländern produziert, die, wie zum Beispiel die Ölförderländer, über günstigere Bedingungen des Energieeinsatzes verfügen." (Gemeinschaftsgutachten, S. 70).

Hinweise, um die beiden Effekte - Strukturwandel innerhalb einer Branche und technische Einsparungen - zu trennen, sind nicht vorhanden. Damit ist ein Vergleich mit den Energiepfaden zunächst nicht ohne weiteres möglich - dies gilt dann insbesondere auch für die Wachstumsangaben in Tabelle 42.

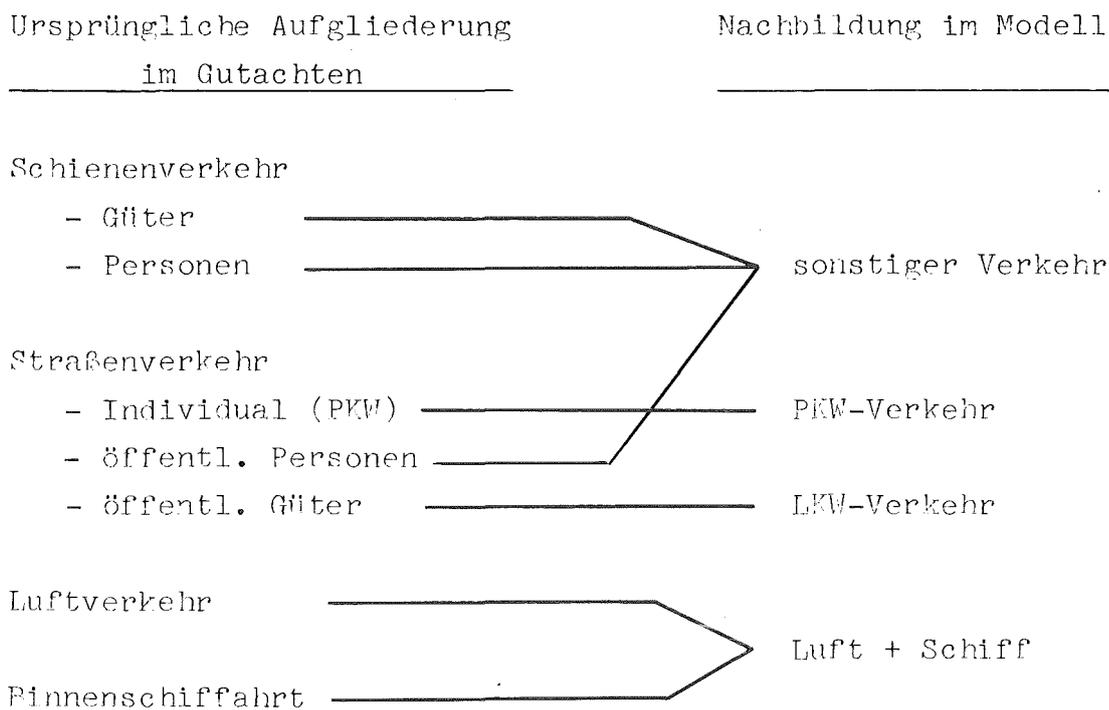
Ein Versuch, die beiden Effekte zu trennen, ist folgende Vergleichsrechnung: Es wird angenommen, daß die Einsparrate im Bereich Übrige Industrie in jeder Variante ausschließlich technische Einsparungen zum Inhalt hat; diese Einsparrate wird jeweils auch bei den Branchen der Grundstoffindustrie als technische Einsparung zugrunde gelegt. Nun werden neue - verminderte - Wachstumsfaktoren in der Weise ermittelt, daß der Energieverbrauch jeweils der gleiche bleibt. Inhaltlich bedeutet dieses Vorgehen: In jeder Branche wird das heutige Spektrum grundstoff-spezifischer Produktion auch für die Zukunft beibehalten, der jeweils nicht-grundstoff-spezifische Zuwachs wird aus der Branche ausgeklammert und kann beispielsweise - wie bei den Energiepfaden - dem Sektor Kleinverbrauch zugeschlagen werden. Auf diese Weise ist ein Vergleich mit den Energiepfaden möglich (siehe Tabelle 44).

Tabelle 44: Korrigierte wirtschaftliche Entwicklung der Varianten - Vergleich mit den Energiepfaden

(Angaben in %)	Varianten			Pfade	
	A	B	C	1	2
Langfristige technische Einsparung für alle Branchen	22	23	15	10	20
Korrigierte Wachstumsfaktoren relativ zum Bruttosozialprodukt					
Eisenschaffende Industrie	21	10	11		
Chemische Industrie	112	157	67		
Restliche Grundstoff-Industrie	56	40	44		
Gesamte Grundstoff-Industrie	81	100	51	50	50
Übrige Industrie	123	99	145	100	100
Gesamte Industrie	114	99	125	85	85

3.3 Die Entwicklung im Sektor Verkehr

Der Sektor Verkehr ist in den Varianten des Gemeinschaftsgutachtens wesentlich stärker aufgegliedert als bei den Energiepfaden. Für die Modellrechnungen wird folgende Zuordnung gewählt:



Wachstumsfaktoren sowie technische Einsparungen in den einzelnen Bereichen lassen sich größtenteils exakt ermitteln (so insbesondere bei den energiewirtschaftlich wichtigen Bereichen PKW- und LKW-Verkehr), in wenigen Bereichen mußten sie aus teilweise qualitativen Angaben geschätzt werden. Tabelle 45 zeigt die Entwicklung in diesem Sektor.

Tabelle 45: Entwicklung im Sektor Verkehr nach dem Gemeinschaftsgutachten im Vergleich mit den Energiepfaden

	Varianten			Pfade						
	A	B	C	1	2					
<u>Wachstumsfaktoren</u>	1978 - 1995			1980 - 2000						
PKW-Verkehr	1.25	1.30	1.20	1.15	1.15					
LKW-Verkehr	1.20	1.30	1.18	} (nach BSP) 1.94 1.48						
Luft + Schiff	1.40	1.46	1.40							
Sonstiger Verkehr	1.15	1.20	1.15							
<u>Langfristige Einsparungen (in %)</u>										
PKW-Verkehr	32	32	32	25	50					
LKW-Verkehr	}	}	}	}	}					
Luft + Schiff						10	10	10	15	30
Sonstiger Verkehr										

3.4 Die Entwicklung im Sektor Private Haushalte

Der energiewirtschaftlich bedeutsamste Posten in diesem Sektor ist der Raumwärmebedarf; die Entwicklung wird im Gemeinschaftsgutachten sehr ausführlich behandelt und geht teilweise weit mehr in die Details als die Energiepfade, so daß vom Ansatz her für die Modellrechnungen einige Vereinfachungen notwendig sind.

Die Behandlung der übrigen Bereiche in diesem Sektor ist vergleichbar mit den Energiepfaden - lediglich der Bereich "Prozeßwärme" ist funktional besser aufgegliedert in "Warmwasser" und "Kochen".

Tabelle 46 zeigt die wichtigsten Zahlenergebnisse der Nachbildung der Varianten nach dem Gemeinschaftsgutachten im Vergleich mit den Energiepfaden.

Tabelle 46: Entwicklung im Sektor Private Haushalte nach dem Gemeinschaftsgutachten im Vergleich zu den Energiepfaden

	Varianten			Pfade	
	A	B	C	1	2
<u>Wachstumsfaktoren</u>	1978 - 1995			1980 - 2000	
Raumwärme					
Ein/Zweifamilienhäuser	1.50	1.55	1.50	} 1.25	1.25
Mehrfamilienhäuser	1.10	1.15	1.20		
Warmwasser	}	1.10	1.10	1.40	1.40
Kochen					
Licht + Kraft	1.70	1.75	1.75	2.20	2.20
<u>Langfristige Einsparungen (in %)</u>					
Raumwärme*					
Ein/Zweifamilienhäuser	35	38	35	20	40
Mehrfamilienhäuser	25	28	25	10	20
Warmwasser	20	20	18	} ca. 15	ca. 30
Kochen	62	62	58		
Licht + Kraft	22	20	20	10	20
<u>Langfristige Beheizungsstruktur (in %)</u>					
<u>Ein/Zweifamilienhäuser</u>					
Elektrisch	18	18	22	8	7.5
Fernwärme	8	8	8	5	5
Konventionell	34	34	50	62	37.5
El. Wärmepumpe	40	40	20	12.5	25
Solarheizung	-	-	-	12.5	25
<u>Mehrfamilienhäuser</u>					
Elektrisch	15	15	16	8	7.5
Fernwärme	38	38	36	25	25
Konventionell	37	37	38	54.5	42.5
Gas-Wärmepumpe	10	10	10	12.5	25

*Einsparungen beziehen sich auf bauliche Maßnahmen (Wärmedämmung); hinzu kommen in allen Fällen Einsparungen durch heizungstechnische Maßnahmen und durch Änderungen in der Beheizungsstruktur.

3.5 Die Entwicklung im Sektor Kleinverbrauch (einschl. militärische Dienststellen)

Das Gemeinschafts-Gutachten geht - ebenso wie die Energiepfade - in diesem Sektor von einem produkt- und einem raumwärme-spezifischen Anteil des Energiebedarfs aus. Während in den Energiepfaden das Wachstum des produktspezifischen Energieverbrauchs an das BSP-Wachstum gekoppelt ist, ist in den Varianten eine solche Koppelung nicht unmittelbar erkennbar, sie wird aber bei der Modellierung in der gleichen Weise wie bei den Energiepfaden unterstellt. Insgesamt ist die Modellierung in diesem Sektor nur sehr pauschal möglich. Die Entwicklung ist in Tabelle 47 dargestellt.

Tabelle 47: Entwicklung im Sektor Kleinverbrauch nach dem Gemeinschaftsgutachten im Vergleich zu den Energiepfaden

	Varianten			Pfade	
	A	B	C	1	2
<u>Wachstumsfaktoren</u>	1978 - 1995			1980 - 2000	
Raumwärme	1.10	1.10	1.10	1.25	1.25
Prozeßwärme, Licht und Kraft }	1.45	1.72	1.29	2.03	1.53
<u>Langfristige Einsparungen (in %)</u>					
Raumwärme	30	35	28	15	30
Prozeßwärme Licht und Kraft }	15	26	10	5	10

3.6 Die Entwicklung des gesamten Energieverbrauchs

In den Tabellen 48 bis 52 ist die Entwicklung des gesamten Energieverbrauchs für die Varianten des Gemeinschaftsgutachtens dargestellt. Tabelle 48 zeigt wichtige Energieverbrauchswerte von Varianten und Energiepfaden im Vergleich; in den nachfolgenden Tabellen ist für die Varianten der gesamte Energiefluß in Form von Energiebilanzen zu sehen, und zwar

Tabelle 49: Ausgangsbasis 1978 für alle Varianten

Tabelle 50: Variante A 1995,

Tabelle 51: Variante B 1995,

Tabelle 52: Variante C 1995.

Tabelle 48: Vergleich von Varianten und Energiepfaden in der Nachrechnung mit dem Rechenmodell der Energiepfade

(in Mio t SKE)	Varianten 1995			Pfade 2000	
	A	B	C	1	2
Endenergie					
Industrie	109.0	114.7	104.3	139.5	107.6
Private Haushalte	66.5	67.0	70.6	82.4	76.0
Kleinverbrauch	48.5	49.3	47.5	71.1	61.2
Verkehr	57.9	60.5	56.5	72.3	53.0
gesamt	281.9	291.5	278.9	365.3	297.8
Primärenergie					
Stein- und Braunkohle	143.4	149.7	140.8	175.0	145.0
Mineralöl	157.4	169.5	154.0	150.0	100.0
Erdgas	79.2	86.1	79.5	100.0	90.0
Regenerative Energie*	9.4	9.4	9.4	40.0	40.0
Kernenergie	80.2	83.4	77.9	135.0	70.2
gesamt	469.6	498.1	461.6	600.0	445.2
davon zur Strom- erzeugung	192.5	199.7	186.6	241.1	119.0

*Die Nutzung von Solarenergie bzw. Umgebungswärme und sonstiger regenerativer Energien ist bei den Varianten - im Gegensatz zu den Energiepfaden - nicht im Primärenergieverbrauch enthalten; er beläuft sich auf ca. 2 - 3 Mio t SKE.

Tabelle 49: Varianten - Energiebilanz 1978 (Ausgangsbasis)
(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	105.2	201.9	61.8	8.4	11.8				389.7
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	64.3	8.8	21.5	8.4	11.8				114.8
FERNWAERME	2.7	1.7	2.0						6.4
KOHLE-UMWANDLUNG	38.3	1.3	0.9						40.4
HOCHOFEN - GICHTGAS	6.1								6.1
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEN		143.5							143.5
WASSERSTOFF									
GESAMT	111.3	155.3	24.4	8.4	11.8				311.3
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						43.6			43.6
FERNWAERME							6.2		6.2
KOHLE-UMWANDLUNG	32.4		7.8						40.2
HOCHOFEN - GICHTGAS			6.1						6.1
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEN		132.5	12.1						144.5
WASSERSTOFF									
GESAMT	32.4	132.5	26.0			43.6	6.2		240.7
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE									
	1.4	5.5	12.1			7.4	0.8		27.2
NICHTENERGET. VERBRAUCH									
	2.0	23.6	6.3						31.9
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	15.5	27.8	26.4			17.5	1.4		88.6
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	7.4	69.2	18.6			17.5	4.0		116.7
VERKEHR		53.0				1.2			54.2
GESAMT	22.9	150.0	44.9			36.2	5.4		259.5

Tabelle 50: Variante A - Energiebilanz 1995

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	143.4	157.4	79.2	9.4	80.2				469.6
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	87.8	3.1	12.0	9.4	80.2				192.5
FERNWAERME	5.8	0.9	3.8						10.4
KOHLE-UMWANDLUNG	43.8	1.5	1.0						46.3
HOCHOFEN - GICHTGAS	6.0								6.0
KOHLE-VEREDELUNG	6.0								6.0
RAFFINERIEEN		127.0							127.0
WASSERSTOFF									
GESAMT	149.4	132.5	16.8	9.4	80.2				388.2
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						71.0			71.0
FERNWAERME							12.2		12.2
KOHLE-UMWANDLUNG	37.2		8.9						46.1
HOCHOFEN - GICHTGAS			6.0						6.0
KOHLE-VEREDELUNG		1.2	1.8						3.0
RAFFINERIEEN		116.8	10.2						127.0
WASSERSTOFF									
GESAMT	37.2	118.0	26.9			71.0	12.2		265.3
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	1.6	5.1	12.7			9.0	1.3		29.7
NICHTENERGET. VERBRAUCH	1.4	23.5	10.2						35.1
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	24.8	14.9	37.5			29.5	2.3		109.0
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	3.3	43.3	29.0			30.8	8.6		115.0
VERKEHR		56.1				1.7			57.8
GESAMT	28.1	114.4	66.5			62.0	10.9		281.9

Tabelle 51: Variante B - Energiebilanz 1995

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	149.7	169.5	86.1	9.4	83.4				498.1
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	90.7	3.1	13.1	9.4	83.4				199.7
FERNWAERME	5.7	0.9	3.9						10.6
KOHLE-UMWANDLUNG	44.3	1.5	1.0						46.9
HOCHOFEN - GICHTGAS	5.7								5.7
KOHLE-VEREDELUNG	9.0								9.0
RAFFINERIEEN		137.8							137.8
WASSERSTOFF									
GESAMT	155.4	143.4	18.1	9.4	83.4				409.7
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						73.8			73.8
FERNWAERME							12.1		12.1
KOHLE-UMWANDLUNG	37.6		9.0						46.6
HOCHOFEN - GICHTGAS			5.7						5.7
KOHLE-VEREDELUNG		1.2	3.6						4.8
RAFFINERIEEN		126.8	11.0						137.8
WASSERSTOFF									
GESAMT	37.6	128.0	29.4			73.8	12.1		280.9
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	1.6	5.5	13.5			9.3	1.3		31.3
NICHTENERGET. VERBRAUCH	1.9	31.2	13.5						46.6
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	25.4	15.8	40.2			30.9	2.3		114.7
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	3.0	42.9	30.1			31.8	8.5		116.3
VERKEHR		58.7				1.8			60.5
GESAMT	28.4	117.4	70.3			64.5	10.9		291.5

Tabelle 52: Variante C - Energiebilanz 1995

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	140.8	154.0	79.5	9.4	77.9				461.6
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	85.5	2.6	11.2	9.4	77.9				186.6
FERNWAERME	5.8	0.9	3.8						10.5
KOHLE-UMWANDLUNG	43.5	1.5	1.0						46.0
HOCHOFEN - GICHTGAS	5.7								5.7
KOHLE-VEREDELUNG	6.0								6.0
RAFFINERIEN		128.4							128.4
WASSERSTOFF									
GESAMT	146.5	133.4	16.0	9.4	77.9				383.1
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						68.9			68.9
FERNWAERME							12.2		12.2
KOHLE-UMWANDLUNG	36.9		8.9						45.8
HOCHOFEN - GICHTGAS			5.7						5.7
KOHLE-VEREDELUNG		1.2	1.8						3.0
RAFFINERIEN		118.1	10.3						128.4
WASSERSTOFF									
GESAMT	36.9	119.3	26.6			68.9	12.2		263.9
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	1.6	5.1	12.8			8.8	1.3		29.6
NICHTENERGET. VERBRAUCH	1.4	22.7	9.8						33.8
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	24.1	13.5	37.1			27.3	2.3		104.3
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	4.1	43.9	30.4			31.0	8.6		118.1
VERKEHR		54.8				1.7			56.5
GESAMT	28.2	112.2	67.5			60.1	10.9		278.9

3.7 Zusammenfassende Bewertung

Ein Vergleich der drei Varianten des Gemeinschafts-Gutachtens mit den Energie-Pfaden 1 und 2 zeigt, daß es nicht möglich ist, die Varianten eindeutig einem der beiden Pfade zuzuordnen; hierbei sind die Einzelannahmen teilweise zu unterschiedlich. Ganz allgemein kann jedoch gesagt werden, daß sich die Varianten im Umfeld der beiden Pfade bewegen, jedoch näher an Pfad 2 herankommen. Dies gilt insbesondere für die Variante C; was Energie-Einsparungen angeht, jedoch für alle drei Varianten.

Hinsichtlich des gesamten Wirtschaftswachstums entspricht Variante B etwa Pfad 1, Variante C etwa Pfad 2, die Variante A liegt dazwischen.

Mit Blick auf den wirtschaftlichen Strukturwandel ist bei den Varianten A und C der überproportionale Zuwachs im Bereich übrige Industrie festzuhalten. Dies ist nicht im Einklang mit den Annahmen der Energiepfade, die in diesem Bereich von keinem Strukturwandel ausgegangen sind. Umgekehrt ist der Strukturwandel im Bereich der Grundstoffindustrie bei der Variante A in der Tendenz gleich, bei der Variante C sogar quantitativ gleich wie bei den Pfaden 1 und 2. Dies ist um so wesentlicher, als die Grundstoffindustrie ja der weitaus energieintensivere Bereich des Sektors Industrie darstellt. Der unterschiedliche Strukturwandel - Varianten vs. Pfade - im Bereich übrige Industrie fällt mit Blick auf den Energieverbrauch demgegenüber weniger ins Gewicht. Auffallend ist schließlich auch, daß die Variante B mit dem höchsten Wirtschaftswachstum bei der Betrachtung: Gesamte Grundstoffindustrie - übrige Industrie - Gesamte Industrie keinen Strukturwandel enthält (wohl aber innerhalb der Grundstoffindustrie).

Die Einsparungen liegen bei der Variante C zwischen Pfad 1 und Pfad 2, bei den Varianten A und B leicht über Pfad 2.

Im Sektor Verkehr ist bei den Varianten im Bereich PKW-Verkehr eine stärkere, in allen übrigen Bereichen eine wesentlich schwächere Zunahme der wirtschaftlichen Aktivitäten zu verzeichnen als bei den Pfaden. Letztgenanntes wird durch geringere Energie-Einsparungen teilweise wieder kompensiert. Cum grano salis ist der Sektor Verkehr dem Pfad 2 wesentlich näher als dem Pfad 1.

Die gleiche Aussage gilt auch für den Sektor Private Haushalte und Kleinverbrauch.

Für den Endenergieverbrauch bleibt insgesamt festzuhalten, daß in den energieverbrauchs-relevanten Bereichen viele der in den Pfaden 1 und 2 getroffenen Annahmen von den Varianten des Gemeinschaftsgutachtens bestätigt werden.

Beim Primärenergieverbrauch ist ein zahlenmäßiger Vergleich von Varianten und Energiepfaden nur mit einigen Einschränkungen möglich: So wird die Nutzung von Solarenergie bzw. Umgebungswärme mit Hilfe von Wärmepumpen beim Energieverbrauch nicht mitgezählt; außerdem ergibt sich durch einen anderen Wirkungsgrad bei der Kohle-Verstromung sowie durch einen anderen Auslastungsgrad von Kernkraftwerken ein geänderter Umrechnungsfaktor von GWe in Mio t SKE bei der Kernenergie. So entsprechen z. B. 40 GWe bei den Energiepfaden 70 Mio t SKE und bei den Varianten 85 Mio t SKE.

Insgesamt liegt der Primärenergieverbrauch der Varianten A und C nahe bei Pfad 2, der der Variante B zwischen Pfad 1 und 2, jedoch näher an Pfad 2. Im Vergleich von Varianten A und C mit Pfad 2 ist der hohe Anteil an Verstromung festzuhalten (ca. 40 % des Primärenergieverbrauchs), bei der neben der Kernenergie ein hoher Anteil von Kohle gebunden ist. Die

Kohleveredelung hat bei allen Varianten keinen relevanten Anteil an der Energieversorgung. Außerdem werden in den Varianten keine zusätzlichen regenerativen Energieträger (z. B. Biomassen im Verkehr) eingesetzt, die bei den Energiepfaden für eine spürbare Entlastung der Mineralölbilanz sorgen.

3.8 Projektionen des Energieverbrauchs bis 2030

Wie bereits angedeutet, eröffnet die Nachrechnung der Varianten des Gemeinschaftsgutachtens mit dem Rechenmodell der Energiepfade die Möglichkeit, die Varianten zeitlich zu "verlängern". Damit kann die in den Varianten vorgezeichnete zukünftige Entwicklung in einen längerfristigen Zusammenhang gestellt werden.

Im folgenden wird eine solche Verlängerung beispielhaft für die Variante C bis zum Jahre 2030 beschrieben. Hierzu sind zusätzliche Annahmen über das Wachstum nach 1995 notwendig. In Anlehnung an die Energiepfade wird angenommen, daß

- die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des BSP nach 1995 halb so groß ist wie vorher (1,1 % p. a. gegenüber 2,2 % p. a.),
- das Wachstum aller übrigen energienachfragenden Aktivitäten in der Periode nach 1995 (35 Jahre) ebenso groß ist wie in der Periode vor 1995 (17 Jahre).

Damit soll die Entwicklung wie bei den Energiepfaden nach 2030 einen Sättigungszustand erreicht haben.

Durch den Modellformalismus wird erreicht, daß strukturelle Entwicklungen bzw. Änderungen im Endenergieverbrauch, wie sie sich auf Grund der Entwicklung bis 1995 ergeben, sinngemäß fortgesetzt werden. In der Sprache der Modellbildung: Der Energieverbrauch, der 1995 noch durch einen Mix von "alten" und "neuen" Technologien zustandekommt, wird 2030 vollständig mit "neuen" Technologien erreicht. Dies führt zu einer Entwicklung des Energieverbrauchs, wie sie in den Tabellen 53 und 54 dargestellt ist.

Der Endenergieverbrauch ist in beiden Tabellen der gleiche und steigt von 279 Mio t SKE (1995) auf 309 Mio t SKE (2030). Die Zunahme erfolgt ausschließlich im Sektor Industrie; in den übrigen Sektoren bleibt der Energieverbrauch nahezu konstant. Die bis 1995 vorgezeichnete Entwicklung eines überproportionalen Stromwachstums setzt sich bis 2030 fort - der Anteil von elektrischem Strom am Endenergieverbrauch steigt von 14 % (1978) über 22 % (1995) auf 30 % (2030).

Dies wirkt sich naturgemäß auch auf die Primärenergiebilanz aus: Im Jahre 2030 werden ca. 50 % der eingesetzten Primärenergie zur Stromerzeugung verwendet.

Die beiden Tabellen 53 und 54 unterscheiden sich hinsichtlich ihres Primärenergieangebots. In Tabelle 53 ist die Entwicklung bis 1995 im Primärenergieverbrauch sinngemäß bis 2030 fortgeschrieben. Im einzelnen heißt dies: ein weiterer Anstieg des Kohleverbrauchs von 140 Mio t SKE (1995) auf 170 Mio t SKE, eine weitere Reduktion des Mineralöls von 154 auf etwas über 100 Mio t SKE, eine leichte Zunahme des Gasverbrauchs von 80 auf 90 Mio t SKE; ein Anstieg der Kernenergie von knapp 40 auf 85 GWe. Trotz des hohen Verstromungsanteils entspricht der Primärenergieverbrauch insgesamt einem Wert, der etwa 20 Mio t SKE niedriger ist als bei Pfad 2. Dies erklärt sich daraus, daß im Gegensatz zu Pfad 2

fortgeschrittene Techniken der Kohleveredelung (mit und ohne Kernenergie) nicht nennenswert eingesetzt werden. Auf der anderen Seite ist der Mineralöl- und Gas-Verbrauch mit nahezu 200 Mio t SKE erheblich höher als bei Pfad 2 - auch dann noch, wenn man die Treibstoffe aus Biomassen bei Pfad 2 dem Mineralöl zuschlägt.

Tabelle 54 zeigt demgegenüber ein Spektrum des Primärenergieangebots entsprechend Pfad 2: Mit 120 GWe Kernkraftwerkskapazität und einem Kohleeinsatz von 175 t Mio t SKE läßt sich der Mineralöl- und Gasverbrauch auf 160 Mio t SKE reduzieren. Dazu ist allerdings in erheblichem Maße Kohleveredelung notwendig. Dabei steigt der gesamte Primärenergieverbrauch auf etwa 600 Mio t SKE - dies entspricht wertmäßig etwa dem von Pfad 2 (120 GWe Kernkraftwerkskapazität $\hat{=}$ 210 Mio t SKE in Pfad 2 und 255 Mio t SKE in Variante C).

Tabelle 53: Variante C - Energiebilanz 2030 (Referenzfall)

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	169.2	106.1	90.0	12.0	180.9				558.2
UMWANLUNGSEINSATZ									
STROMERZUGUNG	65.1		27.2	12.0	180.9				285.2
FERNWAERME	13.2		3.0						16.3
KOHLF-UMWANDLUNG	64.9	2.2	1.5						68.6
HOCHOFEN - GICHTGAS	6.7								6.7
KOHLF-VEREDELUNG	6.0								6.0
RAFFINERIEN		88.4							88.4
WASSERSTOFF									
GESAMT	155.9	90.6	31.8	12.0	180.9				471.1
UMWANLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						105.2			105.2
FERNWAERME							18.9		18.9
KOHLF-UMWANDLUNG	55.0		13.2						68.2
HOCHOFEN - GICHTGAS			6.7						6.7
KOHLF-VEREDELUNG		1.2	1.8						3.0
RAFFINERIEN		81.3	7.1						88.4
WASSERSTOFF									
GESAMT	55.0	82.5	28.8			105.2	18.9		290.5
UMWANLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.4	3.5	12.4			12.9	2.0		33.2
NICHTENERGET. VERBRAUCH	1.4	23.9	10.4						35.7
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	64.5	3.6	19.4			42.3	3.7		133.3
HAUSHALTE/KLEINVERBR.		10.5	45.0			47.8	13.3		116.6
VERKEHR		56.5				2.2			58.7
GESAMT	64.5	70.5	64.4			92.3	17.0		308.6

Tabelle 54: Variante C - Energiebilanz 2030 (Alternative 1)

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	175.0	76.4	83.6	12.0	255.3				602.3
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	20.0		27.2	12.0	245.5				304.6
FERNWAERME	8.2		3.0		5.0				16.3
KOHLE-UMWANDLUNG	64.9	2.2	1.5						68.6
HOCHOFEN - GICHTGAS	6.7								6.7
KOHLE-VEREDELUNG	61.9				4.9			6.6	73.3
RAFFINERIEEN		63.6							63.6
WASSERSTOFF						7.3			7.3
GESAMT	161.7	65.8	31.7	12.0	255.3	7.3		6.5	540.4
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						112.4			112.4
FERNWAERME							18.9		18.9
KOHLE-UMWANDLUNG	55.0		13.2						68.2
HOCHOFEN - GICHTGAS			6.7						6.7
KOHLE-VEREDELUNG		27.9	8.6						36.6
RAFFINERIEEN		58.5	5.1						63.6
WASSERSTOFF								6.5	6.6
GESAMT	55.0	86.5	33.7			112.4	18.9	6.6	313.0
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.4	2.5	10.9			12.8	2.0		30.6
NICHTENERGET. VERBRAUCH	1.4	23.9	10.4						35.7
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	64.5	3.6	19.4			42.3	3.7		133.3
HAUSHALTE/KLEINVERBR.		10.5	45.0			47.8	13.3		116.6
VERKEHR		56.5				2.2			58.7
GESAMT	64.5	70.5	64.4			92.3	17.0		308.6

4. Zur Aktualisierung der Energiepfade

4.1 Die Energiepfade in der öffentlichen Kritik

Im Sommer 1980 beendet die Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik" des 8. Deutschen Bundestags ihre Arbeit mit der Herausgabe eines Zwischenberichts /5/. Neben den grundsätzlichen Aussagen über die längerfristige energiepolitische Bewertung der Kernenergie durch die Kommission werden daraufhin insbesondere auch die Energiepfade zum Gegenstand der öffentlichen Diskussion und Kritik.

So wird z. B. die fehlende Kategorie Kosten bzw. Wirtschaftlichkeit immer wieder genannt. Dieser Punkt der Kritik ist sicher berechtigt, allerdings auch nicht in einer absoluten Aussage, denn die Entwicklung von Energiewirtschaft ist heute in weiten Bereichen keine Funktion des Marktes mehr (Beispiel: deutsche Steinkohle). Die Kommission ist sich dieser Problematik bewußt gewesen und hat insbesondere auch im Hinblick auf den gewählten Zeithorizont von 50 Jahren quantitative Kostenanalysen bewußt ausgeklammert.

Viele der kritischen Einwände beziehen sich auf konkrete Einzelannahmen, z. B. zu Wachstum und Konsum, zum Strukturwandel, zu Energieeinsparungen, betreffen also die inhaltliche Seite einzelner Pfade. Dieser Teil der Kritik ist nicht überraschend. Die Energiepfade sind der Versuch, das Spektrum energiepolitischer Meinungsverschiedenheiten, das zur Zeit in der Bundesrepublik Deutschland vorherrscht, quantitativ zu beschreiben. Wenn die allgemeine energiepolitische Auseinandersetzung auch die Pfade mit einbezieht - auf der einen wie auf der anderen Seite - so zeigt dies nur, daß der Versuch mit den Pfaden erfolgreich gewesen ist.

Ein weiteres kommt hinzu: Für den Außenstehenden sind Zahlenangaben der Pfade das einzige erkennbare Ergebnis. Nun sind die Pfade aber nicht in einem einzigen Durchgang - quasi in einem Geniestreich über Nacht - entstanden; sie sind vielmehr das Ergebnis eines längerwährenden und teilweise mühevollen Diskussionsprozesses innerhalb der Kommission. Dieser Prozess läßt sich so beschreiben:

- Individuelle Vorstellungen einer energiewirtschaftlichen Zukunft werden je für sich artikuliert, quantifiziert, auf Konsistenz geprüft und im Hinblick auf technische und politische Realisierbarkeit diskutiert.
- Verschiedenartige Vorstellungen werden untereinander analysiert und aufeinander abgestimmt.
- Kontroverse Probleme werden im Detail behandelt, Experten-Meinungen werden eingeholt und verarbeitet. Gemeinsamkeiten und Unterschiede werden herausgestellt.
- Auf diese Weise entstehen am Ende des Diskussionsprozesses vier verschiedene quantifizierte und konsistente Wunschvorstellungen von Energiezukunft.

Im Laufe des Jahres 1981 werden die Energieprojektionen des Gemeinschaftsgutachtens bekannt (siehe Kapitel 3). Damit steht eine andere, unabhängige Quelle zur Verfügung, um Einzelannahmen der Energiepfade zu messen. Da bei den Energieprojektionen des Gemeinschaftsgutachtens die Kosten/Wirtschaftlichkeits-Kategorie mit einbezogen ist, wiegt dieser Vergleich um so mehr.

Und schließlich: Die wirtschaftliche und die energiewirtschaftliche Wirklichkeit nach 1979 entwickelt sich anders als erwartet bzw. gewünscht. Der Primärenergieverbrauch nimmt in der Bundesrepublik nach 1979 kontinuierlich ab (s. Abb.3).

Dies alles führt dazu, daß die Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik" des 9. Deutschen Bundestags, die ihre Arbeit in der 2. Hälfte 1981 aufnimmt, die Frage der Aktualisierung und gegebenenfalls Modifizierung der Energiepfade aufgreift. Hierbei wird den Pfaden 2 und 3 eine höhere Priorität zugebilligt als den Pfaden 1 und 4. Außerdem hat die neue Kommission die Untersuchung der volkswirtschaftlichen Konsequenzen verschiedener Energieversorgungsstrukturen an Hand der Energiepfade als neues Thema in ihren Aufgabekatalog übernommen. Beide Fragestellungen können wegen des vorzeitigen Endes der Kommissionsarbeit infolge vorgezogener Neuwahlen nicht erschöpfend behandelt werden. Im folgenden Abschnitt sind die bisher diskutierten Modifizierungen bei den Energiepfaden 2 und 3 zusammengestellt, vom Verfasser ergänzt und zu neuen Rechenläufen verarbeitet. Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß diese aktualisierten Pfade noch keinen offiziellen Charakter haben.

4.2 Neufassung der Energiepfade 2 und 3

Folgende Änderungen gegenüber der ursprünglichen Version werden für eine Aktualisierung der Energiepfade 2 und 3 vorgenommen:

Ausgangsbasis: Als Ausgangsbasis dient der effektive Energieverbrauch des Jahres 1980 (bisher 1978, auf 1980 hochgerechnet).

Strukturwandel in der Wirtschaft: In Anlehnung an die Varianten des Gemeinschaftsgutachtens wird das Wachstum der einzelnen Sektoren wie folgt angenommen (Werte in Klammern $\hat{=}$ ursprüngliche Version):

(in % des BSP)	<u>Pfad 2</u>	<u>Pfad 3</u>
Grundstoffindustrie	75 (50)	25 (0)
Übrige Industrie	125 (100)	100 (100)
Kleinverbrauch	83 (110)	115 (120)
Nichtenergetischer Verbrauch	37,5 (50)	12,5 (0)

Wachstum im Konsumbereich: geänderte Wachstumsfaktoren im Bereich Raumwärme der Privaten Haushalte:

Ein/Zweifamilienhäuser	F = 1.7 (bisher 1.4)
<u>Mehrfamilienhäuser</u>	<u>F = 1.25 (bisher 1.4)</u>
gewichteter Mittelwert	F = 1.5 (bisher 1.4)

Da in Zukunft ein Großteil des Warmwasserbedarfs der Privaten Haushalte vom Heizungssystem direkt bereitgestellt werden soll, ist auch hier eine entsprechende Änderung in der Aufteilung notwendig:

Prozesswärme Ein/Zweifamilienhäuser	F = 1.8 (bisher 1.7)
<u>Prozesswärme Mehrfamilienhäuser</u>	<u>F = 1.4 (bisher 1.7)</u>
gewichteter Mittelwert	F = 1.7 (bisher 1.7)

Im Bereich PKW-Verkehr wird der Wachstumsfaktor ebenfalls in Anlehnung an das Gemeinschaftsgutachten von F = 1.25 auf F = 1.4 angehoben.

Energieeinsparungen: Eine Neu-Diskussion der gesamten Energieeinsparraten erscheint zur Zeit nicht sinnvoll. Die ursprünglichen Annahmen werden - mit einer Ausnahme - beibehalten. Diese Ausnahme betrifft den Sektor Verkehr; hier ist es vernünftig, auch zwischen Pfad 2 und Pfad 3 unterschiedliche Annahmen zu treffen:

	<u>Pfad 2</u>	<u>Pfad 3</u>
PKW-Verkehr	30 %	50 %
übriger Verkehr	20 %	30 %

Da 1980 gegenüber 1978 bereits Energieeinsparungen verwirklicht sind, bedeutet dies, daß die (gleich gebliebenen) Einsparungen mit der (realen) Ausgangsbasis 1980 jetzt weitergehend sind als mit der ursprünglichen (realen) Ausgangsbasis 1978.

Energie-Umwandlung: Die angenommene Wirkungsgradverbesserung bei der Stromerzeugung aus Kohle auf brutto 42 % erscheint angesichts der zunehmenden Umweltauflagen zu hoch. In Anlehnung an das Gemeinschaftsgutachten wird der Ausgangswert von 38 % beibehalten.

Da Wasserkraft und Kernenergie in der Energiebilanz nach der Substitutionstheorie behandelt werden, wirkt sich die Wirkungsgradänderung auch in diesen Bereichen aus.

Alle übrigen Umwandlungs-Technologien bleiben unverändert.

Die Ergebnisse der Neuberechnung der Pfade 2 und 3 sind in den Tabellen 55 bis 61 dargestellt, und zwar

Tabelle 55: Endenergieverbrauch Pfad 2,

Tabelle 56: Endenergieverbrauch Pfad 3,
jeweils aufgeschlüsselt nach Sektoren und
Nutzungsarten,

Tabelle 57: Primärenergiebilanz, neue Ausgangsbasis
1980,

Tabelle 58: Pfad 2 (neu) - Primärenergiebilanz 2000,

Tabelle 59: Pfad 2 (neu) - Primärenergiebilanz 2030,

Tabelle 60: Pfad 3 (neu) - Primärenergiebilanz 2000,

Tabelle 61: Pfad 3 (neu) - Primärenergiebilanz 2030.

Tabelle 55: Energiepfad 2 (neu) - Entwicklung des Endenergieverbrauchs

(in Mio t SKE)	2000					2030				
	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt
<u>Industrie</u>										
Grundstoffindustrie										
Prozeßwärme	54.3		6.8		61.1	66.2		8.9		75.1
Übrige Industrie										
Prozeßwärme	17.9				17.9	24.3				24.3
Licht und Kraft			18.0		18.0			24.3		24.3
Raumwärme (ges. Industrie)		8.9		1.7	10.6		8.2		2.0	10.2
Insgesamt	72.2	8.9	24.8	1.7	107.6	90.5	8.2	33.2	2.0	133.9
<u>Verkehr</u>	TR		ELE		gesamt	TR		ELE		gesamt
Individualverkehr	34.5				34.5	34.0				34.0
Übriger Verkehr	28.3		1.8		30.1	38.3		2.4		40.7
Insgesamt	62.8		1.8		64.6	72.3		2.4		74.7
<u>Private Haushalte</u>	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt
Raumwärme	3.2	40.9	3.5	3.2	50.8	6.9	26.7	3.9	5.2	42.7
Prozeßwärme	2.2	9.3	4.7	1.0	17.2	3.6	10.3	4.2	1.6	19.7
Licht und Kraft			6.4		6.4			8.4		8.4
Insgesamt	5.4	50.2	14.6	4.2	74.4	10.5		16.5	6.8	70.8
<u>Kleinverbrauch</u>										
Raumwärme	0.9	24.8	1.3	4.3	31.3	2.0	17.7	1.8	6.6	28.1
Prozeßwärme	0.4	9.6	1.2	1.3	12.5	0.7	13.5	0.5	1.9	16.6
Licht und Kraft			4.7		4.7			6.0		6.0
Insgesamt	1.3	34.4	7.2	5.6	48.5	2.7		8.3	8.5	50.7
<u>Endenergie insgesamt</u>					295.1					330.1

Tabelle 56: Energiepfad 3 (neu) - Entwicklung des Endenergieverbrauchs

(in Mio t SKE)	2000					2030				
	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt	HEIS	WARM	ELE	FERN	gesamt
<u>Industrie</u>										
Grundstoffindustrie										
Prozeßwärme	41.0		5.6		46.6	39.3		6.3		45.6
Übrige Industrie										
Prozeßwärme	14.9				14.9	18.1				18.1
Licht und Kraft			14.8		14.8			18.0		18.0
Raumwärme (ges. Industrie)		7.8		1.7	9.5		5.6		2.0	7.6
Insgesamt	55.9	7.8	20.4	1.7	85.8	57.4	5.6	24.3	2.0	89.3
<u>Verkehr</u>	TR		ELE		gesamt	TR		ELE		gesamt
Individualverkehr	28.6				28.6	24.3				24.3
Übriger Verkehr	24.1		1.5		25.6	29.6		1.9		31.5
Insgesamt	52.7		1.5		54.2	53.9		1.9		55.8
<u>Private Haushalte</u>	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt	SUN	WARM	ELE	FERN	gesamt
Raumwärme	3.5	35.0	2.3	3.0	44.3	7.5	15.3	1.4	4.5	28.7
Prozeßwärme	3.4	7.9	4.2	1.2	16.7	5.6	8.0	3.4	1.8	18.8
Licht und Kraft			5.2		5.2			6.3		6.3
Insgesamt	6.9	42.9	11.7	4.2	66.2	13.1	23.3	11.1	6.3	53.8
<u>Kleinverbrauch</u>										
Raumwärme	1.5	21.8	0.5	4.0	27.8	3.2	11.4	-	5.9	20.5
Prozeßwärme	0.9	9.8	0.9	1.6	13.2	1.8	13.9	-	2.8	18.5
Licht und Kraft			4.6		4.6			5.8		5.8
Insgesamt	2.4	31.6	6.0	5.6	45.6	5.0	25.3	5.8	8.7	44.8
<u>Endenergie insgesamt</u>					251.8					243.7

Tabelle 57: Energiepfade (neu) - Energiebilanz 1980 (neue Ausgangsbasis)
(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAERENERGIEVERBRAUCH	116.4	185.8	64.3	9.5	14.3				390.4
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	68.8	7.2	21.1	9.5	14.3				120.9
FERNWAERME	3.0	1.5	2.3						6.8
KOHLE-UMWANDLUNG	44.6	1.0	0.8						46.4
HOCHOFEN - GICHTGAS	6.8								6.8
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		147.9							147.9
WASSERSTOFF									
GESAMT	123.2	157.6	24.2	9.5	14.3				328.9
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						45.9			45.9
FERNWAERME							6.6		6.6
KOHLE-UMWANDLUNG	36.3		8.5						44.9
HOCHOFEN - GICHTGAS			6.8						6.8
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		136.7	10.7						147.3
WASSERSTOFF									
GESAMT	36.3	136.7	26.0			45.9	6.6		251.5
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE									
	0.4	5.3	14.0			7.9	1.0		28.6
NICHTENERGET. VERBRAUCH									
	2.0	22.2	3.2						27.4
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	18.7	22.6	27.3			18.2	1.3		88.1
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	8.4	59.2	21.6			18.5	4.3		112.0
VERKEHR		55.5				1.3			56.8
GESAMT	27.1	137.3	48.9			38.0	5.6		256.9

Tabelle 58: Energiepfad 2 (neu) - Energiebilanz 2000

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	147.6	112.1	77.9	30.0	78.4				446.0
UMWANLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	35.9		11.6	10.0	78.4				135.9
FERNWAERME	13.1								13.1
KOHLE-UMWANLUNG	61.4								61.4
HOCHOFEN - GICHTGAS	7.9								7.9
KOHLE-VEREDELUNG	24.2								24.2
RAFFINERIEEN		79.7							79.7
WASSERSTOFF									
GESAMT	142.5	79.7	11.6	10.0	78.4				322.2
UMWANLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						54.5			54.5
FERNWAERME							12.1		12.1
KOHLE-UMWANLUNG	49.1		12.3						61.4
HOCHOFEN - GICHTGAS			7.9						7.9
KOHLE-VEREDELUNG			14.5						14.5
RAFFINERIEEN		73.6	6.7						80.2
WASSERSTOFF									
GESAMT	49.1	73.6	41.5			54.5	12.1		230.6
UMWANLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	2.5	3.2	13.3	1.3		6.1	0.6		26.9
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.3		30.1						32.4
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	44.7	12.8	23.7			24.8	1.7		107.6
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	4.7	33.2	40.7	12.7		21.8	9.8		122.9
VERKEHR		56.8		6.0		1.8			64.6
GESAMT	49.4	102.8	64.4	18.7		48.3	11.5		295.1

Tabelle 59: Energiepfad 2 (neu) - Energiebilanz 2030

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAENERGIEVERBRAUCH	163.3	67.9	62.1	50.0	235.3				578.6
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	22.3		14.7	12.0	223.5				272.4
FERNWAERME	14.5				5.2				19.7
KOHLE-UMWANDLUNG	84.4								84.4
HOCHOFEN - GICHTGAS	9.7								9.7
KOHLE-VEREDELUNG	22.2				6.6			26.6	55.4
RAFFINERIEEN		48.3							48.3
WASSERSTOFF						38.7			38.7
GESAMT	153.0	48.3	14.7	12.0	235.3	38.7		26.6	528.6
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						107.0			107.0
FERNWAERME							18.2		18.2
KOHLE-UMWANDLUNG	67.5		16.9						84.4
HOCHOFEN - GICHTGAS			9.7						9.7
KOHLE-VEREDELUNG			44.3						44.3
RAFFINERIEEN		44.6	4.1						48.6
WASSERSTOFF								34.9	34.9
GESAMT	67.5	44.6	74.9			107.0	18.2	34.9	347.0
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	3.4	1.9	12.3	2.5		7.8	0.9		28.8
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.7		35.6						38.2
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	71.8		18.6			33.2	2.0	8.3	133.9
HAUSHALTE/KLEINVERBR.			55.9	25.5		24.8	15.3		121.5
VERKEHR		62.3		10.0		2.4			74.7
GESAMT	71.8	62.3	74.5	35.5		60.4	17.3	8.3	330.1

Tabelle 60: Energiepfad 3 (neu) - Energiebilanz 2000

(in Mio t SKE)

	KOHLN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAERENERGIEVERBRAUCH	145.0	101.5	87.8	30.0					364.3
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	85.4		8.0	10.0					103.4
FERNWAERME	13.0								13.0
KOHLE-UMWANDLUNG	46.6								46.6
HOCHOFEN - GICHTGAS	6.0								6.0
KOHLE-VEREDELUNG		72.1							72.1
RAFFINERIEN									
WASSERSTOFF									
GESAMT	151.0	72.1	8.0	10.0					241.1
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						44.1			44.1
FERNWAERME							12.0		12.0
KOHLE-UMWANDLUNG	37.2		9.3						46.6
HOCHOFEN - GICHTGAS			6.0						6.0
KOHLE-VEREDELUNG		66.6	6.1						72.6
RAFFINERIEN									
WASSERSTOFF									
GESAMT	37.2	66.6	21.4			44.1	12.0		181.3
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE	1.9	2.9	12.6	1.3		4.5	0.6		23.7
NICHTENERGET. VERBRAUCH	2.0		26.9						29.0
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	22.7	16.5	24.5			20.4	1.7		85.8
HAUSHALTE/KLEINVERBR.	4.7	33.2	37.2	9.3		17.7	9.8		111.8
VERKEHR		43.3		9.4		1.5			54.2
GESAMT	27.4	93.0	61.7	18.7		39.6	11.4		251.8

Tabelle 61: Energiepfad 3 (neu) - Energiebilanz 2030

(in Mio t SKE)

	KOHLEN	FLUESS. BRENNST.	GASFOER. BRENNST.	REGEN. ENERGIE	KERN- ENERGIE	STROM	FERN- WAERME	WASSER- STOFF	GESAMT
PRIMAERENERGIEVERBRAUCH	160.0	52.7	77.3	72.5					362.5
UMWANDLUNGSEINSATZ									
STROMERZEUGUNG	88.7		8.0	15.0					111.7
FERNWAERME	19.4								19.4
KOHLE-UMWANDLUNG	46.9								46.9
HOCHOFEN - GICHTGAS	5.7								5.7
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		37.5							37.5
WASSERSTOFF									
GESAMT	160.7	37.5	8.0	15.0					221.3
UMWANDLUNGS-AUSSTOSS									
STROMERZEUGUNG						48.0			48.0
FERNWAERME							17.9		17.9
KOHLE-UMWANDLUNG	37.5		9.4						46.9
HOCHOFEN - GICHTGAS			5.7						5.7
KOHLE-VEREDELUNG									
RAFFINERIEEN		34.6	3.1						37.7
WASSERSTOFF									
GESAMT	37.5	34.6	18.3			48.0	17.9		156.3
UMWANDLUNGS-VERBRAUCH UND VERTEILUNGSVERLUSTE									
	1.9	1.5	10.2	3.8		4.9	0.9		23.1
NICHTENERGET. VERBRAUCH									
	2.2		28.7						30.8
ENDENERGIEVERBRAUCH									
INDUSTRIE	32.7	9.4	20.8			24.3	2.0		89.3
HAUSHALTE/KLEINVERBR.			27.9	38.8		16.9	15.0		98.6
VERKEHR		39.0		15.0		1.9			55.8
GESAMT	32.7	48.4	48.6	53.8		43.1	17.0		243.7

Literatur

- /1/ Die Energiepolitik der Bundesregierung
Deutscher Bundestag
Drucksache 7/1057, Bonn, 26. September 1973

- /2/ R. Stobaugh, D. Yergin
Energie-Report der Harvard Business School
C. Bertelsman Verlag, München, 1980

- /3/ Erste Fortschreibung des Energieprogramms der Bundes-
regierung
Deutscher Bundestag
Drucksache 7/2713, Bonn, 30. Oktober 1974

- /4/ Energieprogramm der Bundesregierung - Zweite Fort-
schreibung vom 14. Dezember 1977
Bundesministerium für Wirtschaft, Bonn, 1977

- /5/ Zukünftige Kernenergie-Politik
Kriterien - Möglichkeiten - Empfehlungen
Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages,
Teil I
Zur Sache 1/80. Deutscher Bundestag, Bonn, 1980

- /6/ F. Krause et. al
Energiewende - Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran
S. Fischer Verlag, Frankfurt, 1980

- /7/ Energieprogramm der Bundesregierung - Dritte Fortschrei-
bung vom 4. November 1981
Bundesministerium für Wirtschaft, Bonn, 1981

/8/ P. Klumpp

Die Bedeutung von Leichtwasserreaktor-Hochkonvertern
für den Natururanbedarf der Bundesrepublik Deutschland
- Analyse möglicher Strategien des Übergangs von Leicht-
wasserreaktoren zu Schnellen Brütern
Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung
der Universität Karlsruhe, Diplomarbeit, 1979

/9/ D. Faude, P. Jansen, P. Klumpp

Das Energiemodell SOPKA-E - Modellbeschreibung und Computer-
Ausdrucke der Energiepfad-Berechnungen
In: Materialband 1 zum Bericht der Enquete-Kommission "Zu-
künftige Kernenergie-Politik" über den Stand der Arbeiten
und die Ergebnisse.
Deutscher Bundestag, Drucksache 8/4341, 1980

/10/ E. Casser, H. W. Schmidt, D. Schmitt

Der Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland
und seine Deckung bis zum Jahre 1995
DIW Berlin, EWI Köln, RWI Essen
Verlag Glückauf, Essen, 1981