



# **KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH**

**Programmgruppe Systemforschung und  
Technologische Entwicklung**

**Aktuelle Beiträge zur Energiediskussion  
Nr. 5**

## **Analyse und Bewertung von Energieprojektionen für die Bundesrepublik Deutschland**

**Band II**

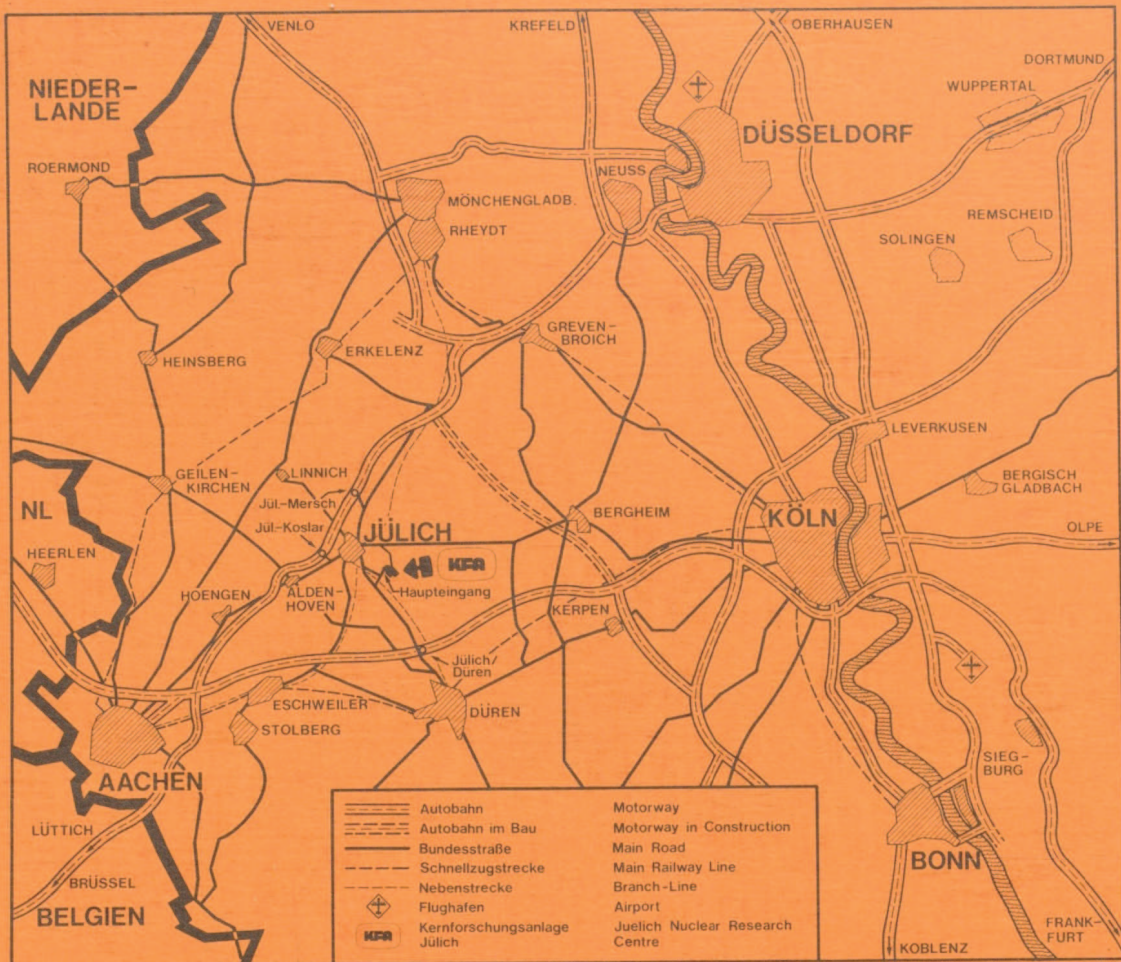
von

K. Schmitz, T. Hildebrandt, H. Kollmann,  
W. Terhorst, A. Voß

**Jül - Spez - 133/Bd. II**

**November 1981**

ISSN 0343-7639



Als Manuskript gedruckt

**Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 133**

Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung Jül - Spez - 133 / Bd. II

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH

Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)

Telefon: 02461/610 · Telex: 833556 kfa d

**Aktuelle Beiträge zur Energiediskussion  
Nr. 5**

**Analyse und Bewertung  
von Energieprojektionen  
für die Bundesrepublik Deutschland**

**Band II**

**Bewertung der methodischen Vorgehensweise  
Systematischer Prämissenvergleich  
Diskussion der wichtigsten Annahmen und  
ihre Wirkung auf den Energieverbrauch  
Internationale Energie-Studien**

Forschungsbericht im Auftrag  
des Bundesministers für Wirtschaft (0902-5241)

von

K. Schmitz, T. Hildebrandt, H. Kollmann,  
W. Terhorst, A. Voß

unter Mitarbeit von U. Birnbaum,  
R. Heckler, W. Jaek und M. Pohlmann

# INHALTSVERZEICHNIS

## Band II

5.	Bewertung der methodischen Vorgehensweise bei der Erstellung von Langfristprojektionen (Prüfpunkte) .....	5
5.1	Methodische Vorgehensweise der Enquete-Kommission bei der Erstellung der vier „energiepolitischen Pfade“ .....	6
5.2	Methodisches Vorgehen des Öko-Instituts bei der Erstellung der Langfristprojektion „Fortschreibung“ .....	12
5.3	Methodische Vorgehensweise der ESSO AG bei der Erstellung ihrer Langfristprojektionen .....	17
5.4	Methodische Vorgehensweise der Deutschen BP AG bei der Erstellung ihrer Prognose .....	20
5.5	Methodische Vorgehensweise der Shell AG bei der Erstellung ihrer Langfristprojektionen .....	23
5.6	Methodisches Vorgehen der VEBA AG bei der Erstellung der „Energieprognose für die Bundesrepublik Deutschland 1980–2000“ .....	28
6.	Determinanten des Energieverbrauchs – Prämissenvergleich der verschiedenen Prognosen in einem systematisierten Beziehungsfeld .....	33
7.	Diskussion wichtiger Annahmen und ihre Wirkung auf den Energieverbrauch .....	53
7.1	Vier „energiepolitische Pfade“ der Enquete-Kommission (EK) .....	53
7.2	Szenario „Fortschreibung“ des Öko-Instituts .....	61
7.3	Die Energieprognose der ESSO AG .....	66
7.4	Wesentliche Annahmen der BP-Studie und deren Wirkungen auf den Energieverbrauch .....	71
7.5	Szenarien „Lethargie“ und „Strukturwandel“ der Deutschen SHELL AG .....	76
7.6	„Energieprognose für die Bundesrepublik Deutschland 1980 – 2000“ der VEBA AG .....	83
8.	Internationale Energiestudien (Weltenergiestudien) – Auswertung für die Bundesrepublik Deutschland .....	87
8.1	Zielsetzung und Form der Auswertung der Weltenergiestudien .....	87
8.1.1	Weltenergiekonferenz (WEK) .....	88
8.1.2	Internationales Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA) .....	89
8.1.3	World Coal Study (WOCOL) .....	89
8.1.4	Global 2000 .....	90
8.2	Vergleichende Ergebnisübersicht .....	91
8.2.1	Energieressourcen und Energiereserven .....	91

8.2.2	Entwicklungsperspektiven der Weltenergienachfrage .....	91
8.2.2.1	Bevölkerungsentwicklung .....	94
8.2.2.2	Weltwirtschaftliche Entwicklung .....	94
8.2.2.3	Energiekosten und Energiepreise .....	95
8.2.2.4	Aussichten zur Energieeinsparung .....	97
8.2.3	Weltenergieangebot .....	97
8.2.4	Kapitalbedarf .....	97
8.2.5	Weltenergiehandel .....	100
8.3	Zusammenfassende Betrachtung und Folgerungen für die Bundesrepublik Deutschland .....	100
	Verzeichnis der Bilder .....	104
	Verzeichnis der Tabellen .....	105
	Verzeichnis verwendeter Abkürzungen .....	108
	Verzeichnis energetischer Umrechnungsfaktoren .....	110
	Literaturverzeichnis .....	111
	ANHANG .....	115
I	Klassifizierung und Eigenschaften von methodischen Ansätzen für die Erstellung von energiewirtschaftlichen Projektionen .....	117
II	Das Computermodell der Enquete-Kommission .....	123

## 5. Bewertung der methodischen Vorgehensweise bei der Erstellung von Langfristprojektionen (Prüfpunkte)

Für die Erarbeitung von energiewirtschaftlichen Langfristprojektionen gibt es keine theoretisch abgeleiteten allgemeingültigen Regeln. In diesem Sinne gibt es auch keine verbindliche Methode für die Problembehandlung und daher auch keinen allgemein anerkannten „methodischen Maßstab“, um energiewirtschaftliche Projektionen vergleichen zu können. Dennoch ist es erforderlich, sich nicht nur mit den Ergebnissen, sondern auch mit den jeweils gewählten Vorgehensweisen auseinanderzusetzen, um den Aussagewert der Ergebnisse beurteilen zu können.

Im folgenden sollen – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – einige Kriterien (Prüfpunkte) benannt werden, anhand derer die Problemerkennung, die Problemdarstellung und die Problemlösung innerhalb von Energielangfriststudien beurteilt werden können. Dabei wird der Methodenbegriff weit gefaßt, um die Aussage – und damit das Bewertungsspektrum – zu vergrößern.

### 1. Prüfpunkt: Sind die Modellvorstellungen problemadäquat?

Der erste Prüfpunkt orientiert sich an der Frage, ob die „Modellvorstellungen“ bei der Anfertigung der Langfristprojektionen problemadäquat sind. Mit dem Begriff „Modell“ soll hier zum Ausdruck kommen, daß jeder Projektion ein vereinfachtes Abbild der tatsächlichen und erwarteten Vorgänge unterlegt wird, und zwar unabhängig von der Art der Abbildung. Es spielt dabei keine Rolle, ob mentale Modelle (intuitive Modelle) oder formale Modelle (mathematische Modelle) konstruiert werden. Die Zielsetzung der jeweiligen Projektion spielt bei dieser Frage die entscheidende Rolle. Auf der einen Seite stehen Projektionen, die gesamtwirtschaftlich-politische Vorstellungen erarbeiten und auf dieser Basis energie- und wirtschaftspolitische Handlungsempfehlungen entwickeln, auf der anderen Seite Projektionen, die mehr darauf ausgerichtet sind, den Rahmen für unternehmensstrategische Überlegungen abzustecken.

Hinzu kommt die weitergehende Fragestellung nach der Brauchbarkeit der Projektionen für energiepolitische Entscheidungen.

Innerhalb dieses Prüfpunktes ergeben sich konkret folgende Fragestellungen:

- a) Sind wichtige problembezogene Größen sowohl im Hinblick auf die eigenen Zielsetzungen als auch mit Blick auf andere Fragestellungen aus dem energiepolitischen Bereich erfaßt?
- b) Ist der gewählte Erklärungsansatz problemadäquat?  
D.h., sind die funktionalen Beziehungen „richtig“ im Sinne der getroffenen Aussagen.
- c) Ist die gewählte „Modellvorstellung“ widerspruchsfrei?
- d) Ist der Detaillierungsgrad des gewählten Modells ausreichend?

### 2. Prüfpunkt: Datenbasis, Datenfehler und Datenverläßlichkeit

Der zweite Prüfpunkt befaßt sich mit der Datensituation jeder Studie. Es wird zunächst untersucht, ob Datenfehler erkennbar sind. Wichtiger jedoch ist es zu prüfen, wie weit der Basis für die Prognose eine detaillierte Datenaufnahme der Vergangenheit und der Ist-Situation zugrunde liegt, und zu beurteilen, ob diese Daten eine ausreichende Verläßlichkeit als Basis für eine Langfristprojektion bie-

ten. Gerade eine gesicherte Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes und die Analyse der historischen Entwicklung sind Voraussetzung dafür, daß nicht, ausgehend von einer Scheinsicherheit des Status quo, schon der erste Schritt in die Zukunft Utopie bleibt. Prognosen sollen Entscheidungshilfe leisten für Entscheidungen, die heute zu treffen sind. Um das leisten zu können, müssen eine exakte Analyse der Vergangenheitsentwicklung und des Ist-Zustandes und eine genaue Beschreibung des Übergangs auf die ersten Schritte der Zukunft wichtiger Bestandteil jeder Prognose sein.

### 3. Prüfpunkt: Transparenz und Nachvollziehbarkeit

Der dritte Prüfpunkt untersucht, inwieweit das gewählte Vorgehen transparent und damit nachvollziehbar ist. Dieser Punkt ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn qualitative Momente in die Modellvorstellungen einfließen.

### 4. Prüfpunkt: Berücksichtigung von Unsicherheit

Im vierten Prüfpunkt soll der Frage nachgegangen werden, in welchem Ausmaße Unsicherheiten in den Annahmen der Langfristprojektionen erfaßt wurden und welche Berücksichtigung sie gefunden haben. Das Maß der Unsicherheiten wird beim Vergleich aller Studien untereinander deutlich, da in den Projektionen die jeweiligen Prämissen und Zielvorstellungen sehr unterschiedlich sind. Diese führen mit zunehmender Reichweite der Projektionen zu einem sich immer breiter öffnenden Spektrum von Entwicklungslinien, das zum Endzeitpunkt der Betrachtungen zu beträchtlich unterschiedlichen Situationen führen kann.

Es wird geprüft, inwieweit ein umfassendes Bild denkbarer und plausibler Alternativentwicklungen als Ausdruck der real gegebenen Unsicherheiten in der Prognose von Zukunftsverläufen dargestellt wird.

## 5.1 Methodische Vorgehensweise der Enquete-Kommission bei der Erstellung der vier „energiepolitischen Pfade“

Die Enquete-Kommission hatte entsprechend dem Einsetzungsbeschluß des Deutschen Bundestage u.a. die Aufgabe, „Möglichkeiten und Konsequenzen eines zukünftigen Verzichts auf Kernenergie darzustellen und zu bewerten“ ([1], S. 4). Die Abschätzung von Energienachfrage, Energieangebot und Struktur der Energieversorgung sollte aufzeigen, inwieweit die Nutzung der Kernenergie „eine Notwendigkeit oder eine Möglichkeit ist, auf deren Nutzung verzichtet werden könnte“ ([1], S. 5). Um die Spannweite der hierzu von einzelnen Kommissionsmitgliedern vertretenen Vorstellungen vergleichbar darstellen zu können, wurden vier energiepolitische Alternativen – hier „Pfade“ genannt – erarbeitet und quantifiziert. Die Kommission bezeichnet diese quantitative Darstellung von denkbaren künftigen Energieversorgungsstrukturen als „ein probeweises Ausleuchten von diskutierten Zukunftsperspektiven“, **die nicht als neue Prognosen mißverstanden werden dürfen**, auch wenn die verwendeten systemanalytischen Methoden der computergestützten Modellberechnung den Eindruck größter Exaktheit vermitteln. Vielmehr ist es zum Verständnis der vier Pfade wichtig zu wissen, daß die Randbedingungen, Vorgaben und Handlungsräume jeweils so formuliert und dem Modellformalismus vorgegeben wurden, daß die Lösungen der Modellrechnungen im Jahre 2030 vier verschiedenen, von einzelnen Kommissionsmitgliedern als wünschbar angesehenen Energiesystemen in der Bundesrepublik Deutschland entsprechen. Diese Vorgehensweise entspricht der Absicht der Kommission, normative Aussagen über die Ausgestaltung alternativer Energieperspektiven zu treffen.

Die Pfade, die Ausdruck der breitgefächerten Meinungsvielfalt, Werthaltungen und Zielvorstellungen in der Kommission sind, zeichnen verschiedene Entwicklungen der zukünftigen Energieversorgung und basieren auf unterschiedlichen Annahmen bezüglich

- des Bruttosozialprodukt-Wachstums,
- der strukturellen Entwicklung der Volkswirtschaft,
- der Nutzung der Kernenergie und
- der Energieeinsparung und des Einsatzes erneuerbarer Energiequellen.

Außerdem wurden zu einigen Pfaden Varianten unter modifizierten Annahmen (z.B. Minimierung des Öleinsatzes) errechnet. Die Enquete-Kommission stützt ihre Aussagen auf Expertenbefragungen, Literaturstudien, Ergebnissen von Computerrechnungen und eigenen Einschätzungen. Letztere sind stark von den Zielvorstellungen der Kommissionsmitglieder geprägt und weisen eine große Bandbreite auf.

Bei der Arbeit der Enquete-Kommission verhalf die systemanalytische Methode der Modellbildung zu hoher Transparenz der Ergebnisstellung, formaler Konsistenz und Vergleichbarkeit durch Quantifizierung der Zielvorstellungen. Gerade die Nutzung des Computer-Codes zwang die Kommissionsmitglieder zu einer einheitlichen Sprache. Durch interaktives Arbeiten war es möglich, veränderte Annahmekonstellationen vorzugeben und in kurzer Zeit Auswirkungen, die aus der Sicherung der formalen Konsistenz durch den Modellformalismus resultieren, zu erkennen. Inhaltliche Konsistenz wurde in der anschließenden Diskussion der Resultate eingehend geprüft und notwendige Veränderungen der Randbedingungen wurden dem Modell erneut vorgegeben.

Bei dem benutzten Computercode handelt es sich um ein mathematisches Modell der linearen Programmierung (LP), das von Energiebedarfswerten ausgehend die zugehörigen Werte der Energieversorgung in sich konsistent errechnet. Als Optimalitätskriterien wurden die Energieeffizienz, die Öl- und Gas-Verbrauchsminimierung und die Maximierung des Wirtschaftswachstums gewählt (Kurzbeschreibung der Arbeitsweise siehe Anhang II).

Bei dem hier benutzten LP-Modell handelt es sich um ein dynamisches Mehrperiodenmodell, das statisch verwendet wird. Es berechnet in einer Momentaufnahme für einen Zeitpunkt (hier das Jahr 2030) den optimalen Zustand des Energiesystems. Damit ist noch nicht, wie bei dynamischen Rechnungen, gewährleistet, daß ein integrales Optimum über den gesamten Betrachtungszeitraum (hier 1980–2030) erzielt wird. Zudem läßt sich keine im Sinne eines integralen Optimums optimale Entscheidungsfolge ableiten. Damit sind die zwischenzeitlichen Maßnahmen nicht erkennbar und für die gewählten Stützpunkte nicht optimal aufeinander abgestimmt. Noch schwerwiegender dürfte die Tatsache sein, daß die dem Modell auferlegten Beschränkungen (Restriktionen im Sinne der Optimierung) dem Algorithmus keinen ausreichenden Lösungsraum, keine echten Allokationsoptionen offen lassen. Durch exogene Vorgabe von Beschränkungen wird die Lösung des Modells nur wenig vom Optimalitätskriterium bestimmt (s. Kap. 7.1). Trotz dieser Kritik bleiben wichtige Vorteile dieses formalisierten Prozesses erhalten, die Transparenz und die Konsistenz.

Obwohl es sich bei der Arbeit der Enquete-Kommission ausdrücklich um keine neue Prognose handelt, werden im folgenden die gleichen methodischen Beurteilungskriterien angelegt wie bei den anderen Energieprojektionen. Der entwickelte „methodische Maßstab“ ist unabhängig von der Fragestellung, ob es sich um eine Energieprognose oder um ein „probeweises Ausleuchten von diskutierten Zukunftsperspektiven“ handelt. Die jeweilige Projektion wird zunächst an ihrem selbstgesetzten Ziel und erst in einem zweiten Schritt an energiepolitischen Fragestellungen gemessen.



## Prüfpunkt 1: Sind die Modellvorstellungen problemadäquat?

### a) Sind wichtige problembezogene Größen erfaßt?

Gemäß Einsetzungsbeschluß des Deutschen Bundestages wurde das Arbeitsziel wie folgt bestimmt:

„Die Kommission hat die Aufgabe, die zukünftigen Entscheidungsmöglichkeiten und Entscheidungsnotwendigkeiten unter ökologischen, ökonomischen, gesellschaftlichen und Sicherheitsgesichtspunkten national wie international darzustellen und Empfehlungen für entsprechende Entscheidungen zu erarbeiten“ [1].

Gemessen an diesem Auftrag sind die Modellvorstellungen nicht ausreichend, da wesentliche Modellzusammenhänge zur Beurteilung ökonomischer und auch ökologischer Gesichtspunkte alternativer Energiesysteme fehlen. Durch die fehlende Berücksichtigung von Kosten und Preisen ist auch die Verwendbarkeit für andere energiepolitische Probleme sehr begrenzt. Dieser Problematik ist sich die Enquete-Kommission bewußt, und dies wird auch im Bericht angeführt:

„Insbesondere war es nicht möglich, die Auswirkungen von Energiepreissteigerungen anzugeben und eine auf Kosten basierende Analyse vorzunehmen“ ([1], S. 23).

Daraus resultiert eine nicht-wirtschaftlich orientierte Abhandlung des Substitutionsproblems von Energieträgern und Energietechnologien. Anhaltspunkte für den Zeitpunkt der Marktreife und für Marktdurchdringungsprozesse von neuen Technologien lassen sich kaum gewinnen. Hinweise auf unterschiedliche Kostenstrukturen der alternativen Pfade lassen sich nicht quantitativ ableiten; dasselbe gilt auch für die Gesamtkosten, die der Volkswirtschaft jeweils entstehen.

Reduziert man allerdings die Fragestellung auf die in den gemeinsamen Schlußfolgerungen der Mehrheit der Enquete-Kommission formulierte Problemstellung: „... ist die Nutzung der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf mögliche nationale, europäische und weltweite Energiebedarfs- und Angebotsentwicklungen eine Notwendigkeit oder Möglichkeit, auf deren Nutzung verzichtet werden könnte“ ([1], S. 99), dann lassen sich die Aussagen zur Kernenergie im Rahmen des **normativ** gesetzten Datenkranzes der vier energiepolitischen Pfade ableiten und nachvollziehen. Für diese Fragestellung ist die rein mengenmäßige Durchrechnung von vier verschiedenen Pfaden der zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung problemadäquat.

Eine Verwendung der vier Pfade für über diese Fragestellung hinausgehende Antworten in energiepolitischen Problembereichen ist aber nicht möglich.

### b) Ist der gewählte Erklärungsansatz problemadäquat?

Die wesentlichen, die zukünftige Energienachfrage in den vier Pfaden bestimmenden Erklärungsfaktoren sind

- die Bevölkerungsentwicklung,
- das Wachstum des Bruttosozialprodukts,
- die Strukturentwicklung der Wirtschaft und
- die Energieeinsparmaßnahmen,

deren Entwicklungen exogen vorgegeben werden. Energiekosten und Energiepreise finden explizit keine Berücksichtigung. Die Energieversorgungsstruktur in den einzelnen Pfaden wird damit wesentlich bestimmt durch die exogen vorgegebenen Verfügbarkeiten der verschiedenen Primärenergieträger.

Die produktionsabhängige Nachfrage nach Energiedienstleistung ist in der Industrie und in den übrigen Wirtschaftsbereichen proportional zur wirtschaftlichen Aktivität, die durch den Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt ausgedrückt wird. Die komfortabhängige Nachfrage nach Energiedienstleistung (z.B. Raumwärme, private PKW-Nutzung) ist – **unabhängig von der wirtschaftlichen Entwicklung** – durch feste Steigerungsraten vorgegeben. In Pfad 2 wird diese starre Verknüpfung von wirtschaftlicher Aktivität und Energiedienstleistung genutzt zur Ermittlung eines maximal möglichen Wirtschaftswachstums bei vorgegebenen Werten für die Primärenergieträgerverfügbarkeit, Festlegung von mittlerem Strukturwandel und starkem Energiesparen. Diese Verknüpfung von Bruttosozialprodukt, Energieverbrauch und Energieverfügbarkeit ist als belastbarer Erklärungsansatz nicht geeignet, da Substitutionseffekte zwischen Arbeit, Kapital und Energie nicht berücksichtigt werden. Außerdem ist das resultierende Bruttosozialprodukt hinsichtlich der Vorgabe der Energieverfügbarkeit äußerst sensitiv (vgl. Kap. 7.1).

Gewünschte Einsparraten werden von den Kommissionsmitgliedern festgelegt. Zur Absicherung der Einsparraten erfolgen detaillierte einzeltechnologische Betrachtungen, wie beispielsweise die genaue Darstellung von erreichbaren Wärmedämmeffekten im Bereich von Wohngebäuden. Wie jedoch die Extrapolation dieser sicher guten Basisdaten auf die Gesamtsituation erfolgt, bleibt unklar.

Die Modellabbildung zukünftiger Energietechnologien ist gekennzeichnet durch den Istzustand 1980 („alte“ Technologien) und den Endzustand im Jahre 2030 („neue“ Technologien). Diese statische Vorgehensweise vernachlässigt über einen Zeitraum von 50 Jahren den technologischen Übergangsprozeß, so daß die Fragestellung nach dem Primärenergieverbrauch im Jahre 2000 im Prinzip unzulässig ist. Die im Modell betrachteten Technologien und damit auch die Umsetzung des Endenergiebedarfs in Primärenergieeinsatz basieren für das Jahr 2000 auf theoretischen Werten, die nicht interdependent in das Modell eingebettet sind (vgl. Erläuterungen im Anhang II). Der errechnete Zustand des Jahres 2000 resultiert, vereinfacht ausgedrückt, aus einer linearen Interpolation der Randbedingungen der Jahre 1980 und 2030.

Im Umwandlungsbereich der Energiewirtschaft erfolgt die Darstellung der Energieumwandlungsprozesse nicht auf der Basis von Einzeltechnologien, sondern in Form von quasi-technologischen Betrachtungen. Hinter den Modelltechnologien sind keine konkreten Technologien mit ihren charakteristischen Daten zu Energieeinsatz, Energieausstoß und Eigenverbrauch zu identifizieren (an Beispielen ist dies im Anhang II erläutert). Kapazitätsrechnungen werden nur für Kernkraftwerke durchgeführt, die Kapazitätsrechnungen für die gesamte Stromerzeugung und den Raffineriebereich fehlen.

c) Ist der gewählte Erklärungsansatz widerspruchsfrei?

Soweit sich die Analyse auf den formalisierten Teil der Studie bezieht, kann man diese Frage bejahen.

In bezug auf den Prämissenrahmen und die sonstigen nicht formalisierten Vorgehensweisen konnten Inkonsistenzen nicht festgestellt werden. Dennoch bleiben offene Punkte, von deren Klärung die hier vorzunehmende Bewertung abhängt:

1. Warum werden die stärkeren volkswirtschaftlichen Strukturverschiebungen in den Pfaden 3 und 4, die ein niedrigeres Wachstum der Volkswirtschaft aufweisen, für möglich gehalten?
  2. Die Verwendung des regenerativen Energieträgerpotentials bleibt unverständlich. In allen Pfaden werden Obergrenzen für die Verfügbarkeit der regenerativen Energiequellen vorgegeben. Dem Modell bleibt es überlassen, welche regenerativen Energiequellen zum Einsatz kommen. Damit verringert sich z.B. das für Treibstoffe verfügbare Potential regenerativer Energieträger, wenn zunehmend Sonnen- und Windenergie genutzt werden.
- d) Ist der gewählte Detaillierungsgrad des Modells ausreichend?

Die Studie der Enquete-Kommission setzt bei der Ermittlung des Energiebedarfs bei der Energiedienstleistung, d.h. bei der Erfassung der verschiedenen Energienutzungsarten und ihrer Bestimmungsfaktoren an. Diese Vorgehensweise ist fortschrittlich, was die gewünschte Tiefe der Analysen betrifft, da originäre Größen zur Grundlage der Modellvorstellungen gemacht werden. Der Tiefe der Analyse entspricht jedoch nicht in gleichem Maße die Breite und die zeitliche Auflösung.

Zwei wichtige Energieträger, Erdöl und Erdgas, werden als ein Aggregat behandelt, obgleich die anwendungsspezifischen Eigenschaften erheblich divergieren können (Beispiel: Treibstoffe). Die wechselseitige Substitution von Erdöl und Erdgas ist in der Realität nur begrenzt möglich. Wird volle Substituierbarkeit unterstellt, so werden wesentliche Kriterien der Wirtschaftlichkeit und die Randbedingungen, die aus der bestehenden Infrastruktur folgen, verletzt.

Kapazitäts- und Mengenbilanzierung im Umwandlungssektor weisen neben Vereinfachungen in der Abbildung (vgl. die Anmerkungen unter Prüfpunkt 1 b) keine ausreichende Detaillierung auf, um energiewirtschaftliche Aussagen hinreichend begründen zu können. Betroffen sind speziell die Bereiche Fernwärme- und Stromerzeugung (siehe auch Anhang) und der Raffineriebereich. Für Aussagen über eine rein mengenmäßig begründete Notwendigkeit von Kernenergie sind Abbildung und Detaillierung ausreichend.

Die vier Energiepfade der Enquete-Kommission weisen für die Zukunft lediglich zwei Stützpunkte auf, einen rechnerischen Zwischenwert für das Jahr 2000 und die Zielprojektion für das Jahr 2030. Die daraus ableitbaren Informationen dürften unzureichend sein, um die zeitlichen Übergänge auszuleuchten und diesbezügliche Handlungsnotwendigkeiten abzuleiten.

## **Prüfpunkt 2: Datenbasis, Datenfehler und Datensicherheit**

Der Arbeit der Enquete-Kommission fehlt eine ausführliche, historische Analyse des Ist-Zustandes, aus der Indikationen für die Entwicklungsrichtung nachfragebestimmender Faktoren abgeleitet werden können. Diese Indikationen werden im wesentlichen auf Basis des Expertenwissens der Kommissionsmitglieder bzw. durch Befragung von Sachverständigen gewonnen.

Die Wirkungsgrade der Technologien wurden wenig differenziert betrachtet. Die Technologiecharakterisierung ist sehr grob. In wichtigen Bereichen des Umwandlungssektors und beim Nichtenergetischen Verbrauch ist die Datenbasis extrem vereinfacht und läßt damit nur Aussagen auf sehr hoher Aggregationsebene zu. Datenfehler sind in der Arbeit der Enquete-Kommission nicht erkennbar bzw. durch im einzelnen normativ gesetzte Daten ausgeschlossen. Das normative Element wird insbesondere im Übergang von den 78er Werten, die im wesentlichen statistisch begründet sind, auf die 80er Ausgangswerte deutlich. Die Hochrechnung der Energieverbrauchswerte von 1978 auf das Modell-Basisjahr erfolgte **einheitlich** mit dem Faktor 1,075, d.h. mit einer Steigerungsrate von

3,7 %/Jahr. Damit errechnete sich für 1980 ein Primärenergieverbrauch von 418 Mio t SKE gegenüber tatsächlichen 391 Mio t SKE (Abweichung von 7 % im Startjahr der Modellrechnungen).

Die Enquete-Kommission setzt bei der Bestimmung des Energieverbrauchs auf der Ebene der nutzungsorientierten Endenergie an. Diese Vorgehensweise ist als erster Schritt prinzipiell zu begrüßen. Sinnvoller wäre es, unter Einbeziehung von Kosten und Preisen direkt auf der Ebene der Nutzenergie anzusetzen. Dabei darf aber nicht außer acht gelassen werden, daß auf der Ebene der Nutzenergie und auch der nutzungsorientierten Endenergie die Datenunsicherheit außerordentlich groß und der Istzustand noch nicht ausreichend bekannt ist.

### **Prüfpunkt 3: Transparenz und Nachvollziehbarkeit**

Die Ergebnisse und Annahmen der Enquete-Kommission sind ausführlich im Bericht der Enquete-Kommission [1] dokumentiert. Mit den zusätzlichen sehr umfangreichen Informationen, die die Materialbände [2] enthalten, ist die Ermittlung der Resultate für die vier Pfade so transparent dargestellt, daß alle quantitativen Ergebnisse nachvollziehbar sind.

### **Prüfpunkt 4: Berücksichtigung der Unsicherheit**

In vier energiepolitischen Pfaden wird das Spektrum der Meinungen, Werthaltungen und Zielvorstellungen der Kommissionsmitglieder abgebildet. Die alternativen Pfade sind daher vornehmlich Resultate gegenläufiger Zielvorstellungen, die durch die Haltung zur Kernenergie, zum Ausmaß möglicher Energieeinsparung und regenerativen Energieeinsatzes und zum Strukturwandel der Volkswirtschaft geprägt sind, und weniger Ausfluß von unsicheren Parametern.

Wesentliche Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs werden nicht auf ihren Unsicherheitsbereich hin untersucht. Für folgende Parameter werden daher in allen Pfaden gleiche Vorgaben gemacht:

- Bevölkerungsentwicklung
- Steigerung des Konsums der privaten Haushalte an Energiedienstleistungen für
  - Beheizte Wohnfläche
  - Warmwasserbedarf
  - Elektrische Haushaltsgeräte
- Steigerung der Verkehrsleistung der privaten PKW
- Steigerung des Raumwärmebedarfs der Industrie
- Steigerung des Raumwärmebedarfs der Kleinverbraucher

Ansatzweise wird Unsicherheit in den Varianten zu den Pfaden erfaßt. Allerdings ist die Ausgestaltung der Pfade wie auch der Varianten mehr geprägt von alternativen politischen Vorstellungen über die Energiezukunft als von der Absicht, Unsicherheit und ihre Auswirkungen auf Energienachfrage und -versorgung explizit zu erfassen. Von der **Methodik** her kommt die Vorgehensweise insgesamt einer systematischen Analyse möglicher, deutlich voneinander abweichender Zukunftsverläufe nahe. Insoweit handelt es sich um einen fortschrittlichen Ansatz zur Behandlung des Unsicherheitsproblems. Das Potential zur Behandlung dieses Problems ist nicht ausgeschöpft worden.

## 5.2 Methodisches Vorgehen des Öko-Instituts bei der Erstellung der Langfristprojektion „Fortschreibung“

Bei der Langfristprojektion des Öko-Instituts handelt es sich nach eigener Aussage um eine „Wenn-Dann-Prognose“,

„d.h. **wenn** der besseren Energienutzung durch höhere technische Effizienz Priorität so wie im Szenario eingeräumt wird, **dann** ergibt sich die Möglichkeit, den Energiebedarf beim Wirtschaftswachstum drastisch zu senken usw.“ ([4]. S. 1-94).

Auf dieser Basis entwickelt das Öko-Institut **eine** Energiebedarfsschätzung, der grundsätzlich viele andere denkbare Entwicklungswege mit gleicher Berechtigung entgegengestellt werden könnten.

Das **Aussageziel** konzentriert sich auf die Frage, ob es technisch möglich und wirtschaftlich machbar ist, daß sich die Bundesrepublik Deutschland auch in Zukunft bei weiterem Wirtschaftswachstum mit Energie versorgen kann – aber ohne Einsatz von Kernenergie und mit rasch sinkendem Erdöl-einsatz ([3], S. 9).

Das Ergebnis ist aufgrund der dem Szenario übergeordneten Handlungsmaxime „Energieeffizienz“ nicht die Folge autonomer gesellschaftlicher, wirtschaftlicher Prozesse – wie sonst üblicherweise bei Szenariobetrachtungen –, da per Definition das Verhalten der Entscheidungsträger im wesentlichen durch die Priorität für eine bessere Energienutzung bestimmt wird.

Das methodische Vorgehen muß vor diesem begrenzten Aussageziel beurteilt werden. Das Vorgehen des Öko-Instituts läßt sich wie folgt beschreiben:

Ausgehend von **einer** Annahmenkonstellation über die Entwicklung der Bevölkerung, des Brutto-sozialprodukts, der Wirtschaftsstruktur und der Konsumentennachfrage wird unter bestimmten Randbedingungen, z.B. dem Verzicht von Strom für die Wärmebereitstellung und Annahmen über die Energieeinsparung, eine differenzierte Endenergienachfrage prognostiziert. Die Höhe dieser Endenergienachfrage ist wiederum maßgeblich bestimmt durch den jeweiligen Bedarf an Nutzenergie. Das Öko-Institut stützt sich bei diesem Vorgehen auf ausgewählte Literaturstudien und vor allem bei der Entwicklung nach dem Jahr 2000 auf eigene Einschätzungen.

Soweit erkennbar, bewegt sich der methodische Ansatz im Rahmen eines verbal definierten Energiebedarfsmodells. Zum Tragen kommen im wesentlichen intuitive Prognoseverfahren sowie bei der Untersuchung von Teilaggregaten mathematisch formalisierte Wirkungsketten.

Die Vorgehensweise ist weitgehend normativ, entsprechend der gesetzten Handlungsmaxime „Energieeinsparung“. Die vorliegende Projektion des Energiebedarfs durch das Öko-Institut basiert von daher konsequenterweise **nicht** auf der Szenariotechnik, auch wenn dies manchmal durch das Wort Szenario fälschlicherweise impliziert wird, sondern ist aufgrund ihres normativen Charakters eine bedingte Prognose (siehe Anhang I).

Auch bei den Varianten „Kohle und Gas“ bzw. „Sonne und Kohle“ handelt es sich jeweils um bedingte Prognosen, die sich der gleichen Annahmenkonstellation über Bevölkerung und Wirtschaftswachstum etc. wie bei der Variante „Fortschreibung“ bedienen. Variiert wird gegenüber der Variante „Fortschreibung“ lediglich die Energiebedarfsdeckung.

Da nicht die inhaltliche Beurteilung Gegenstand dieses Gutachtens ist und die Varianten im Grundsatz von der gleichen Annahmenkonstellation ausgehen, beschränkt sich die nachfolgende Analyse auf die Variante „Fortschreibung“.

**Prüfpunkt 1:** Sind die Modellvorstellungen problemadäquat?

a) Sind wichtige problembezogene Größen erfaßt?

Bei dem zuvor dargestellten Aussageziel verzichtet das Öko-Institut konsequenterweise auf die Berücksichtigung der Wirkungen des Preismechanismus, weil der Preis nach eigenen Aussagen alleine nicht genügt, um die Energieversorgung an veränderte Bedingungen anzupassen und das Szenario als energiepolitische Handlungsmaxime die Einführung bekannter Techniken zur Effizienzverbesserung enthält.

Wirtschaftswachstum und wirtschaftliche Machbarkeit, die genannten Teilziele des Szenarios, werden aufgrund des fehlenden Preismechanismus zu exogenen Vorgaben. Eine Prüfung der Zielinterdependenzen über eine Rückkopplung der Ergebnisse auf das Wirtschaftswachstum bzw. die jeweilige wirtschaftliche Machbarkeit erfolgt nicht.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bei einzelnen Technologien, die den Nachweis wirtschaftlicher Machbarkeit erbringen sollen, sind statisch, d.h., sie berücksichtigen weder die Entwicklung der Betriebskosten noch die mögliche Entwicklung der relativen Preise für Energie, Kapital und Arbeit. Mit einer derartigen Vorgehensweise kann die wirtschaftliche Machbarkeit nicht belegt werden.

Durch die Handlungsmaxime „Energieeinsparung“ entfallen mehrere wichtige Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs, die sonst in Energieprognosen Berücksichtigung finden. So erübrigt sich z.B. die wirtschaftliche Analyse von Substitutionsprozessen zwischen Energie, Kapital und Arbeit; sie wird durch technologische Substitution von Energie ersetzt, die ausschließlich an der Energieeffizienz orientiert ist. Ansonsten sind in den sektoralen Analysen die wesentlichen Bestimmungsgrößen erfaßt.

Konsequenter Ausfluß der vorgenannten Handlungsmaxime ist auch die weitgehend isolierte Betrachtung der nationalen Entwicklungen, unabhängig von weltweiten wirtschaftlichen Abhängigkeiten. Die Durchführbarkeit des Transfers energieintensiver Technologien und Industrien ins Ausland und deren Substitution durch „human capital“ sind normativ gesetzt.

Die Verwendungsmöglichkeiten für die Ableitung einer allgemeinen Energiepolitik sind beschränkt, da es sich bei der methodischen Vorgehensweise im wesentlichen um eine mengenmäßige Betrachtung handelt.

b) Ist der gewählte Erklärungsansatz problemadäquat?

Bei dem Szenario des Öko-Instituts handelt es sich aufgrund der Vorgehensweise (Wenn-Dann-Prognose) um keine Energieprognose im herkömmlichen Sinne, sondern um einen Denkansatz, der ausloten soll, inwieweit die Energieversorgung auch ohne den Einsatz von Kernenergie sichergestellt werden könnte. Im Vordergrund steht daher die mengenmäßige Analyse zukünftiger Entwicklungstrends.

Dieser Zielsetzung wird folgender Erklärungsansatz weitgehend gerecht: Unter der Annahme eines bestimmten Wirtschaftswachstums und der Senkung des spezifischen Energieverbrauchs ergibt sich ein zukünftiger Energieverbrauch von X.

Rückkopplungen auf das Wirtschaftswachstum unterbleiben. Die Analyse der wirtschaftlichen Machbarkeit erschöpft sich in Detailbetrachtungen. Ein Erklärungsansatz mit Aussagegewicht für diese beiden Problembereiche ist nicht vorhanden.

Generell ist es kaum möglich, durch Verknüpfung von Basiswerten unterschiedlicher Ausgangsjahre mit den spezifischen Energieeinsparraten unterschiedlichster Publikationen und Einsparpotentialen, die sich häufig nur aufgrund der spezifischen Situation in anderen Industrieländern errechnen, einen stimmigen Erklärungsansatz für die Bundesrepublik zu finden ([4], S. 3-18, S. 4-59ff, S. 4-120).

Des Weiteren ist die Extrapolation von isoliert analysierten Einsparraten in Hinblick auf Aussagen für eine gesamte Volkswirtschaft unzulänglich ([4], S. 3-9ff).

Grundsätzlich ist es im Rahmen einer „Wenn-Dann-Prognose“ erlaubt, Unsicherheitsmomente hinsichtlich einzelner Parameter unberücksichtigt zu lassen; allerdings sollte auch im Rahmen einer solchen Prognose unter der Zielsetzung Energieeinsparung die technische Durchführbarkeit einer ergebnisorientierten Sensitivitätsanalyse unterzogen werden. Nur so lassen sich abgestützte Aussagen über einen Energieverbrauch – ceteris paribus – rechtfertigen.

c) Ist der gewählte Erklärungsansatz widerspruchsfrei?

Das zuvor dargestellte Vorgehen im Rahmen einer Wirkungskette von sektoralen Bezugsgrößen (z.B. Bevölkerung und Wirtschaftswachstum über den jeweiligen spezifischen Energieverbrauch zum Endenergie- und Nutzenergieeinsatz) ist **methodisch** widerspruchsfrei.

Im Rahmen dieser Betrachtungskette lassen sich eindeutig Ergebnisse unter der Handlungsmaxime „Effizienzverbesserung“ ermitteln und nachvollziehen. Diese Vorgehensweise muß jedoch scheitern, wenn es zu Zielkonflikten zwischen Hauptziel und Teilzielen kommt. Da das Problem nicht über die Rückkopplung der Ergebnisse auf die Teilziele, z.B. über den Preismechanismus, ausgeräumt wird, ist die Folge, daß man sich je nach gewünschter Aussage unterschiedlicher Maßstäbe bedient. Mögliche Widersprüche zwischen Haupt- und Teilzielen werden nicht im Rahmen volkswirtschaftlicher Verflechtungen analysiert, sondern es wird versucht, durch Einzelanalysen die Kompatibilität von Haupt- und Teilzielen zu belegen.

Das Konsistenzgebot eines Szenarios wird vor allem immer dann verletzt, wenn Daten unterschiedlicher Prognosen und Veröffentlichungen, die auf abweichenden methodischen Ansätzen und Prämissen beruhen, unter dem Auswahlkriterium „Reduzierung des Energieverbrauchs“, miteinander verwoben werden.

d) Ist der gewählte Detaillierungsgrad ausreichend?

Die Analyse des Öko-Instituts setzt bei der Energiedienstleistung an. Der Detaillierungsgrad ist tiefergehend als bei den meisten z.Z. veröffentlichten Energiestudien. Viele Wirkungsketten sind im Detail und in ihrer Abhängigkeit klar dargestellt. Die zeitliche Auflösung wurde vorgenommen, so daß die zeitabhängige Dimension der Entwicklung des Energiesystems behandelt werden konnte.

Auf eine Analyse des nichtenergetischen Verbrauchs wurde vom Öko-Institut verzichtet; diese Zahlen sind daher nicht im Primärenergieverbrauch berücksichtigt.

Der Umwandlungssektor – mit Ausnahme der Stromerzeugung – wurde nicht oder nur unzulänglich untersucht. Es fehlen insbesondere Kapazitätsrechnungen für Umwandlungstechnologien und eine

problemadäquate Behandlung der Lastprobleme in der Elektrizitäts- und Fernwärmeversorgung. Vereinfachend werden daher Wärme bzw. Kraftstoffe mit konstanten Umwandlungswirkungsgraden in Primärenergie umgerechnet. Hier reicht der Detaillierungsgrad nur ansatzweise aus, um Aussagen über die Höhe des Primärenergiebedarfs zu rechtfertigen.

Ebensowenig reicht der Detaillierungsgrad aus, um die Aufteilung des Primärenergiebedarfs auf die Energieträger Kohle, Mineralöl, Gas und Sonstige zu begründen. Sie werden daher exogen in der Variante „Fortschreibung“ im gleichen Verhältnis zueinander eingesetzt wie heute ([3], S. 154).

#### **Prüfpunkt 2: Datenbasis, Datenfehler und Datensicherheit**

Die Datenbasis beruht im wesentlichen auf Indexreihen, die im Jahr 1973 beginnen. Im einzelnen werden allerdings auch Indexreihen mit anderen Basisjahren verwendet und in der nachfolgenden Analyse behandelt wie Indexreihen des Jahres 1973. Diese Vorgehensweise zieht zwangsläufig analytische Fehler nach sich. Deren Auswirkung ist jedoch nicht nachvollziehbar, da Absolutwerte nur im Ausnahmefall angegeben wurden.

Das Öko-Institut setzt bei der Bestimmung des Energieverbrauchs auf der Ebene der Nutzenergie an. Die Datenbasis ist in wesentlichen Teilbereichen nicht abgesichert und beruht z.T. auf groben Schätzungen. Im Ansatz ist diese Vorgehensweise problemadäquat und zu begrüßen.

#### **Prüfpunkt 3: Transparenz und Nachvollziehbarkeit**

Die methodische Vorgehensweise ist im Rahmen der betrachteten Sachverhalte i.d.R. transparent und nachvollziehbar. Beurteilungsprobleme ergeben sich häufig beim Nachvollziehen der Plausibilität bestimmter Gedankenketten, insbesondere dann, wenn bestimmte Einsparpotentiale mit Basiswerten über Indexreihen verknüpft werden. Des Weiteren sind die Schlußfolgerungen auf Basis angenommener Sachverhalte oftmals nicht transparent.

Grundsätzlich ist anzumerken, daß die Darstellungsweise ein Nachvollziehen der Ergebnisse häufig verhindert und daß eine Anzahl sich widersprechender Zahlenangaben gemacht werden, so z.B. über den Primärenergieverbrauch und die wirtschaftliche Entwicklung.

Die Nachrechnung der Energiebedarfszahlen, soweit möglich, führt in den verschiedenen Sektoren auf Basis der in den Kapiteln gemachten Angaben zu teilweise beträchtlich abweichenden Werten für den Energiebedarf.

#### **Prüfpunkt 4: Unsicherheit**

Die Fixierung auf eine einzige Entwicklungslinie (single line projection) des Energiebedarfs bedeutet in Anbetracht der vorhandenen Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Entwicklung ein übergroßes Risiko für energiepolitische Entscheidungen.

Diesen Anspruch will aber eine „Wenn-Dann-Prognose“ nicht erheben. Sie fixiert vielmehr die exogenen Daten, um die Auswirkungen bestimmter Entwicklungstendenzen oder geänderter Zielvorgaben abschätzen zu können.

Im Rahmen dieses Gedankenmodells existiert somit der Faktor Unsicherheit zunächst nicht. Um allerdings energiewirtschaftlich sinnvolle Aussagen zu ermöglichen, wäre es in einem zweiten Analyseschritt notwendig, bestimmte exogene Daten zu variieren, um die Sensitivität des Ergebnisses zu testen.



## Wohlstandswachstum, bessere Energienutzung und Endenergiebedarf 1973 und 2030

Sektor	Endenergie- verbrauch '73 Mio t SKE	Energiedienst- leistung (EDL)	Veränderung EDL Index 2030		spezifisch. Verbrauch Index 2030 (1973 = 1.0)	Endenergiebedarf 2030 (Mio t SKE)		
			absolut (1973 = 1.0)	pro Kopf 3b		nur bessere Nutzung	nur Zuwachs	Zuwachs u. bessere Nutzung
Spalte	1	2	3a	3b	4	1 x 4	1 x 3a	1 x 3a x 4
Priv. Haushalte gesamt	65					21	87	30
Raumheizung	54	Wohnfläche	1.3	1.7	0.3	16	70	21
Warmwasser	4	Liter Warmw.	1.3	1.8	1.0	4	5	5
Strom f. elektr. Geräte	4	verschiedene	3.0	4.0	0.3	1	12	4
Strom f. Heizung und Warmw. (Bad)	3	-	0.0	0.0	-	-	-	-
Kleinverbraucher gesamt	47					20	64	26
Raumheizung	32	Nutzfläche	1.3	1.8	0.3	10	42	12
Prozeßwärme nicht elektr.	5	verschiedene	1.8	2.5	0.6	3	9	5
elektrisch	3		1.0	1.4	1.0	3	3	3
Licht u. Kraft	3	verschiedene	2.0	2.7	0.7	2	6	4
Militär	4	verschiedene	1.0	1.4	0.6	2	4	2
Verkehr gesamt	46					24	a) 59 b) 60	a) 31 b) 33
PKW u. Kombi	27	Fahrzeug-km	1.2	1.5	0.4	11	32	13
LKW	9	Tonnen-km	a) 1.5 b) 1.7	2.1 2.3	0.7 0.7	6	a) 14 b) 15	a) 9 b) 11
Elektr. Bahnen	1	Verkehrsleist.	1.2	1.6	0.9	1	1	1
Bus, Luft, Schiff, sonst.	9	Verkehrsleist.	1.3	1.8	0.7	6	12	8
Industrie gesamt	96	Produktions- wert	1.7	2.3	a) 0.39* b) 0.54*	68	a) 89 b) 124	a) 63 b) 88
Grundstoff- industrie	70	Tonnen- produktion	a) 0.7 b) 1.2	1.0 1.6	0.7 0.7	49	a) 49 b) 84	a) 34 b) 59
Investitions- güterind.	11	Produktions- wert	2.3	3.2	0.7	8	25	18
Verbrauchsgüter Ind.	15	Produktions- wert	1.0	1.4	0.7	11	15	11
Endenergie gesamt	254	Bruttoinlands- produkt	2.3	3.2	a) 0.26* b) 0.30*	133	a) 299 b) 335	a) 150 b) 177
davon Strom	31						a) 40 b) 47	a) 26 b) 31

\* kombinierter Wert für bessere Nutzung und Strukturwandel

Anmerkungen: Rundungsungenauigkeiten

Die Tabelle gibt ein stark vereinfachtes Bild des Zusammenspiels von Wachstum und besserer Energienutzung im Szenario.

Die energieintensiv und die technologieintensive Variante der Industrieentwicklung sind mit a) und b) gekennzeichnet. Sie unterscheiden sich etwas in der Güterverkehrsleistung.

Bei dem Warmwasserverbrauch der privaten Haushalte ist der spezifische Verbrauchsindex gleich 1,0, weil die bisherige elektrische Warmwasserbereitung in Spül- und Waschmaschinen dann berücksichtigt wurde.

Quelle: Energiewende [3]

Tabelle II.1: Darstellung der Wirkungsketten in der Analyse des Öko-Institutes

### 5.3 Methodische Vorgehensweise der ESSO AG bei der Erstellung ihrer Langfristprojektionen<sup>1)</sup>

Die ESSO-Prognose ist eine Energie- und Mineralölbedarfsprognose, wobei der Schwerpunkt deutlich auf den Mineralölbereich gesetzt wird; sie kommt im Planungsprozeß der ESSO AG und der EXXON zum Einsatz. Die Prognose soll ein Hilfsmittel sein, um die Randbedingungen abzubilden, die als Vorgabe für Absatz-, Kapazitäts- und Investitionsplanung zu gelten haben. Insofern wird durch das Szenarium der Problemrahmen der Planung abgesteckt.

Die Absatzplanung ist die Grundlage jeder Unternehmensplanung. Daher kommt der Bestimmung von Marktanteilen eine besondere Bedeutung zu. Folgerichtig ist die Abbildung der gesamten Marktentwicklung ein Ausgangspunkt für planerische Überlegungen. Die ESSO AG hat sich dieser Aufgabe von zwei Seiten genähert: von der Nachfrageseite und von der Angebotsseite. Die Märkte werden – und das ist besonders zu erwähnen – regional differenziert betrachtet, da bei der Planung einer zukünftigen Raffinerie- und Absatzstruktur eine Gesamtmarktanalyse unzureichend ist. Die ESSO-Prognose betrachtet den Energiesektor in seinem wirtschaftlichen Umfeld und dieses wiederum im Systemzusammenhang mit dem gesamten Gesellschaftssystem. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, auch nicht-quantifizierbare Überlegungen einzubeziehen und so ein Gesamtbild der zukünftigen Entwicklung zu zeichnen. An einigen Stellen der Dokumentation fehlen allerdings Verknüpfungen, die deutlich machen würden, wie sich Wirkungsketten vom gesellschaftlichen Niveau bis auf den Energiemarkt fortpflanzen. So wird zum Beispiel für die Potentialabschätzung der Solar Kollektoren ein 25 %iger Steuernachlaß unterstellt, der in seiner Wirkung auf den Beitrag der Sonnenenergie ebensowenig quantifizierbar ist wie die Absenkung der Raumtemperatur um 2° Celsius auf die Energieeinsparung im Haushalt.

Die ESSO AG hat eine ‚single-line‘ Projektion entwickelt, die unter dem Gesichtspunkt der Unterstützung der Unternehmensplanung gesehen werden muß. So wählt die ESSO AG einen Referenzfall, der jährlich aktualisiert wird und gibt in Teilbereichen, die als sensitiv identifiziert werden, Alternativwerte im Rahmen einer ‚what if‘-Betrachtung an, um einen Anhaltspunkt oder mehr ein Gefühl für die Größe möglicher Abweichungen zu vermitteln. Dieser ‚Sensitivity-Case‘ ist nicht als eigenständiges konsistentes Szenarium aufgebaut.

**Prüfpunkt 1:** Sind die Modellvorstellungen problemadäquat?

a) Sind wichtige problembezogene Größen erfaßt?

Auch nach intensiver Analyse vermißt man keine Informationen, die von essentieller Notwendigkeit für die betriebliche Planung sind.

Für die volkswirtschaftliche Analyse des Energiesystems fehlen insbesondere Angaben zu den Preisrelationen zwischen Kapital, Arbeit und Energie und den unterstellten Reaktionen der Nachfrager auf die Änderungen der Preisstruktur. Ebenso fehlen Angaben zur Preiselastizität oder Einkommenselastizität der Energienachfrage. Die Reaktion der Verbraucher auf Preisänderung wird auf qualitativem Niveau betrachtet. Die Strukturentwicklung der industriellen Nettoproduktion ist vor allem langfristig wesentlich für die Entwicklung der Energienachfrage in diesem Sektor. Die ESSO AG wählt hier das relativ verbreitete Konzept der Extrapolation sektorspezifischer Energieverbräuche.

<sup>1)</sup> Wesentliche Teile der nachfolgenden Analysen beruhen auf Materialien und Informationen, die der Öffentlichkeit nicht zugänglich sind.

b) Ist der gewählte Erklärungsansatz problemadäquat?

Der Erklärungsansatz ist als ein pragmatisches Konzept zu werten. Die Aufgabe der Prognose ist die Erstellung eines zum Teil technisch, zum Teil ökonomisch und von Verhaltensweisen bestimmten Szenariums. Ein fortschrittlicher Erklärungsansatz wäre die Verknüpfung auf der Nutzenergieebene.

Da dieser Erklärungsansatz sich aber nicht mit abgesicherten Daten füllen läßt, hat die ESSO AG die Endenergiebasis betrachtet. Das Defizit wurde ansatzweise durch eine in Auftrag gegebene Studie (Befragung) ausgeglichen, in der das Verbraucherverhalten zur Energieeinsparung erkundet werden sollte. Ein direkter Zusammenhang zwischen den Studienergebnissen und der Prognose ist nicht erkennbar.

Die Prognose der ESSO AG ist ein rein auf die Erfordernisse des Unternehmens abgestelltes Planungsinstrument mit dem Schwerpunkt Mineralölbereich. Für energiepolitische Fragestellungen ist dieser Ansatz (u.a. durch die unzureichende Behandlung des Unsicherheitsproblems) zu begrenzt.

c) Ist die gewählte „Modellvorstellung“ widerspruchsfrei?

Die von der ESSO AG schematisch dargestellten Wirkungszusammenhänge erlauben es, den Istzustand zu erfassen. Beispielhaft soll dies am Haushaltssektor aufgezeigt werden (siehe Bild II.1).

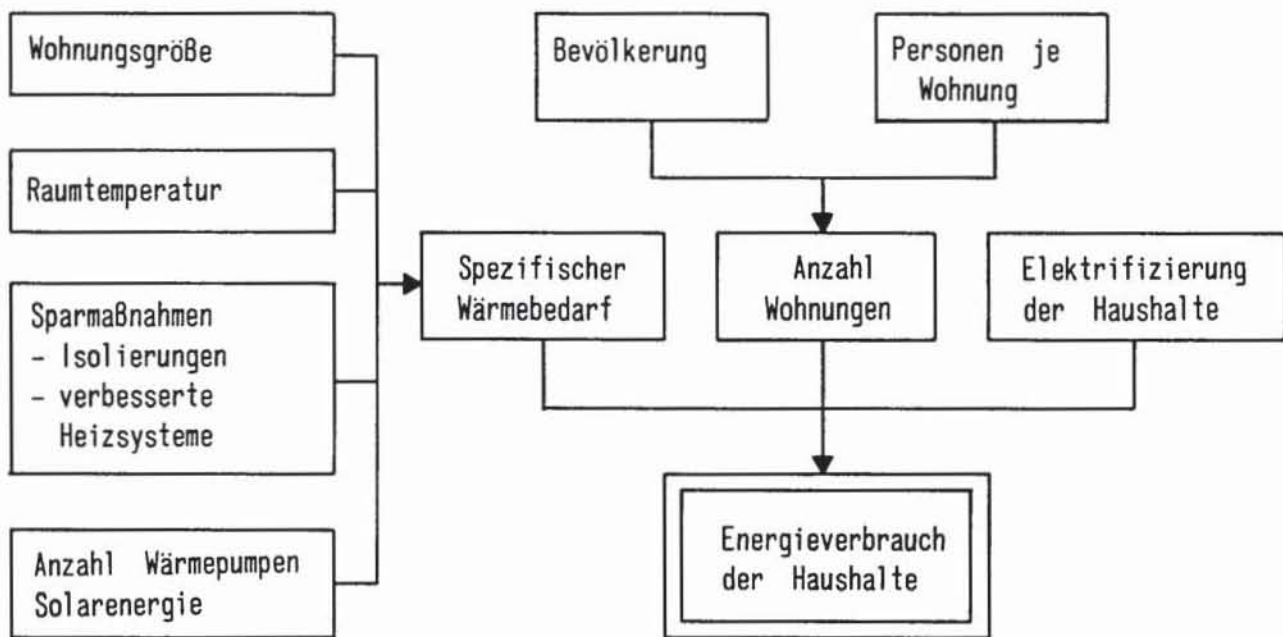


Bild II.1: Determinanten des Energieverbrauchs der Haushalte nach ESSO AG

Dieser Ablauf wird für die Prognose eingehalten. Der „Sensitivity Case“ betrachtet einen Fall, in dem von der Regierung verschärfte Einsparziele gesetzt werden, die den Ölverbrauch um 13 % unter den des Referenzfalls senken sollen. Auswirkungen dieser Politik werden von der ESSO AG nur im Öl- und Gasbereich erwartet. Andere Energieträger werden nicht betroffen; sie ändern ihren Wert im Vergleich zum Referenzfall nicht. Es gibt ebenfalls keine Rückkopplungen zu den Basisdaten, wie Wirtschaftsentwicklung oder Fahrzeugbestand. Dies wird von der ESSO AG damit

begründet, daß die mit der erhöhten Energieeinsparung einhergehenden Wachstumsimpulse die dämpfenden Momente auf anderen Sektoren kompensieren könnten. Die Untersuchung bleibt hier in zu engen Grenzen.

d) Ist der Detaillierungsgrad ausreichend?

Der Detaillierungsgrad ist ausreichend, betrachtet unter dem Aspekt, daß Planungsdaten für das Unternehmen erarbeitet werden sollen. Der Mineralölbereich wird differenziert dargestellt und liefert umfangreiches Zahlenmaterial für die Absatz- und Kapazitätsplanung. Der Raffineriebereich wird detailliert abgebildet und in diesem Detaillierungsgrad an die Muttergesellschaft weitergeleitet und damit in die weltweite Planung eingebunden. Im Vergleich zu dieser funktionalen Feingliederung werden die anderen Energieträger relativ grob behandelt.

Eine ähnliche Differenzierung nimmt die ESSO AG in der zeitlichen Detaillierung vor. Während für die kurzfristige Betrachtung (bis 1985, zum Teil bis 1981) eine Fülle von Datenmaterial für die Ausgangsdaten geliefert wird, sind die Angaben im Langfristbereich (bis 2000) eher spärlich. So sind Daten über die Wirtschaftsentwicklung zum Teil quartalsweise bis 1981 verfügbar. Das Sozialprodukt wird kurzfristig sowohl entstehungs- als auch verwendungsseitig detailliert nach Sektoren aufgeschlüsselt. Langfristig sind dazu keine Zeitreihen verfügbar. Strukturverschiebungen werden verbal formuliert. Besonders zu erwähnen ist die Behandlung der Kohleveredelungstechnologien. Hier wird jedes im Bau befindliche und geplante Projekt namentlich und mit seinen technischen Daten aufgeführt. Eine weitere zeitliche und/oder funktionale Differenzierung kann von der Studie nicht erwartet werden, da der Aussagebereich sich nicht auf spezielle energiepolitische Empfehlungen erstreckt.

**Prüfpunkt 2: Datenbasis, Datenfehler und Datensicherheit**

Die Erhebung des Istzustandes wurde dem Detaillierungsgrad der Prognoseaussagen entsprechend ohne erkennbare Datenfehler vorgenommen. Die Aufbereitung der Ergebnisdaten entspricht aber wegen der Notwendigkeit der konzernspezifischen Darstellung in einigen Fällen nicht den Konventionen der Energiebilanz.

**Prüfpunkt 3: Transparenz und Nachvollziehbarkeit**

Die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse sind wegen einer Vielzahl qualitativer Größen und des intuitiven Verarbeitungsprozesses in weiten Teilen nicht gegeben. Die funktionalen Zusammenhänge sind zwar, wie in Bild II. 1 beispielhaft dargestellt, an Schaubildern erläutert, die auch den prinzipiellen Ablauf widerspruchsfrei darstellen, aber die entsprechenden Werte zu den verschiedenen Parametern sind aus den Unterlagen nicht in jedem Fall zu entnehmen.

**Prüfpunkt 4: Unsicherheit**

Unsicherheiten über die zukünftige Entwicklung sind nur insofern berücksichtigt, als der „Sensitivity Case“ Teile des zukünftigen Energiemarktes von der Nachfrageseite her problematisiert. Hier wird jedoch kein vollständiges Szenarium geschrieben und auch keine Sensitivitätsanalyse im klassischen Sinne betrieben. Unsichere Entwicklungen von wichtigen Bestimmungsgrößen werden punktuell abgeschätzt; ansonsten reduziert die ESSO AG unsichere Zukunftserwartungen mittels häufiger Aktualisierung der Prognosewerte. Durch eine geringe EDV-mäßige Unterstützung nimmt die ESSO AG sich die Möglichkeit, mit relativ geringem zeitlichen Aufwand eine größere Anzahl von Szenarien auszuloten, um ein besseres Gefühl für Schwankungsbreiten in den Parametern zu ent-

wickeln. Die Starrheit der fixierten funktionalen Beziehungen wächst bei nur einmaliger „von Hand-Rechnung“ zum Nachteil der Inflexibilität heran.

Ob die Behandlung des Unsicherheitsproblems für die unternehmenseigene Planung ausreicht, ist letztlich eine unternehmenspolitische Entscheidung. Für energiepolitische Fragestellungen ist die Unsicherheit unzureichend erfaßt.

#### **5.4 Methodische Vorgehensweise der Deutschen BP AG bei der Erstellung ihrer Prognose<sup>1)</sup>**

Die BP-Prognose verfolgt im wesentlichen zwei Zielsetzungen: Erstens sollen schwerpunktmäßig Rahmendaten für die strategische Unternehmensplanung gesetzt werden. Diese Rahmendaten werden sowohl inhaltlich als auch zeitlich differenziert und gehen in die konkreten Teilplanungen der Unternehmensbereiche ein. Zweitens wird die Einbringung der eigenen energiepolitischen Vorstellungen in die politische Diskussion genannt. Aus den Untersuchungen werden die kurz- und mittelfristigen Absatzmöglichkeiten abgeleitet, wobei der Schwerpunkt der BP-Prognose auf der Bedarfsentwicklung für Mineralöl und Gas liegt. Die Darstellung möglicher Entwicklungen der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland vollzieht sich in zwei konsistenten, gleichwahrscheinlichen Szenarien. Aus exogen vorgegebenen Wirtschaftswachstumsraten errechnet sich über einen Elastizitätskoeffizienten, der den Grad der Entkopplung widerspiegelt, das Wachstum des Primärenergieverbrauchs. Parallel dazu legen Einzelstudien die Entwicklung nach Energieträgern fest. Eine Konsistenz der Aggregation dieser Einzelstudien mit den global errechneten Größen wird über einen iterativen Prozeß hergestellt.

Für die Prognosedaten und Randbedingungen zur Weltentwicklung werden von der BP-Muttergesellschaft in London Richtwerte gesetzt (Business Environment Survey). Diese resultieren aus einer detaillierten Betrachtung des Weltgeschehens, die eine Reihe von qualitativen, aber auch quantifizierten Daten zur Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung, zu Energieverbrauch und Reserven bis hin zur Schätzung von Preisrelationen für Energieträger, hervorbringt. Die Preisvorgaben der Weltszenarien gehen im wesentlichen in die Szenarien für die Bundesrepublik Deutschland ein. Eigene Preisszenarien werden nicht erarbeitet. Bei der Analyse der Projektion ist deutlich zwischen den Hintergrunduntersuchungen und den veröffentlichten Papieren zu unterscheiden. Während erstere relativ detailliert in zwei Szenarien je Energieträger erarbeitet werden, beschränkt sich die veröffentlichte Form auf eine einzige Zukunftslinie, die nur mit wenigen aussagefähigen Daten charakterisiert wird. Nach Aussage der BP AG existiert zu der veröffentlichten 81er Perspektive im Hause ein zweites Szenario, das pessimistischere Annahmen und Ergebnisse beinhaltet.

Ein Feedback der deutschen Planungsüberlegungen und -daten zur Muttergesellschaft wird in den Unterlagen nicht erwähnt; es finden jedoch gemeinsame Besprechungen statt, in denen die Basisannahmen diskutiert werden.

Die für die Bundesrepublik Deutschland gezeichnete Entwicklung unterteilt die deutsche BP AG wie im Business Environment Survey in zwei Szenarien, „ordered scenario“ und „discontinuous scenario“.

---

<sup>1)</sup> Wesentliche Teile der nachfolgenden Analyse beruhen auf Materialien und Informationen, die der Öffentlichkeit nicht zugänglich gemacht werden.

Eine Mengenbeschränkung der Ölversorgung wird in beiden Szenarien nicht unterstellt. Beide Szenarien stellen eine Entwicklung vor dem Hintergrund einer stabilen Gesellschafts- und Wirtschaftsordnung dar. Das „ordered scenario“ ist durch Produktivitätszuwächse und moderate Ölpreispolitik gekennzeichnet, während das „discontinuous scenario“ wirtschaftliche Krisen, Ölpreisschübe und Instabilitäten unterstellt.

Für einzelne Energieträger existieren ausführliche Einzelstudien. Es ist jedoch keine formalisierte Methodik erkennbar, wie die Einzelstudien zu den Gesamtszenarien aggregiert werden. Wir gehen davon aus, daß zur Aggregation ein intuitives Verfahren gewählt wurde. Ebenso intuitiv wird die Umsetzung der qualitativen Annahmen auf die Datenebene vorgenommen. Die Energieträgermärkte werden von der Bedarfs- und der Angebotsseite betrachtet, und zwar sowohl auf Endenergie- als auch auf Primärenergiebasis.

**Prüfpunkt 1:** Sind die Modellvorstellungen problemadäquat?

a) Sind wichtige problembezogene Größen erfaßt?

Wesentliche Größen sind, bezogen auf das Problem der Unternehmensplanung, erfaßt. Eine relativ große Anzahl von Detailstudien, die sich zum großen Teil mit Produkten aus dem Spektrum der Mineralölwirtschaft befassen, gibt einzelnen Unternehmensbereichen wichtige Planungsinformationen. Bezogen auf die Darstellung der Energiewirtschaft als Teil der Gesamtwirtschaft, fehlen Größen, die für den Gesamtkontext und damit mittelbar für die Unternehmensplanung wesentlich wären. Dies sind zum Beispiel Angaben zum Beschäftigungsgrad, zur industriellen Strukturentwicklung, zur Zahlungsbilanz und zu anderen volkswirtschaftlichen Gesamtdaten, wie z.B. Einkommenselastizitäten, sowie Technologiebetrachtungen neuer Energieumwandlungssysteme.

b) Ist der gewählte Erklärungsansatz problemadäquat?

In der BP-Prognose wird sowohl die Endenergie- als auch die Primärenergienachfrage betrachtet. Der Bedarf an Nutzenergie wird nicht analysiert. In Einzelstudien der Energieträgermärkte für Heizöl, Dieselkraftstoff und Motorenbenzin werden die Produktmärkte untersucht, die für die Absatzprognosen des Unternehmens besonderes Gewicht haben. Die Szenarien unterstellen, daß eine Ölversorgungskatastrophe nicht eintritt. Vor diesem Hintergrund erscheint es nicht notwendig, die Angebotsseite der Produktmärkte zu problematisieren. Mengenbeschränkungen und ihre Wirkung auf die Marktprozesse liegen außerhalb der Szenariendefinition. Die Einflüsse von Preisentwicklungen der Energieträger und der Energiepreisrelationen finden keine formalisierte Berücksichtigung, sie gehen jedoch als qualitative Komponenten in die Einzelprojektionen ein. Rückkopplungen der Art, daß der Energiepreis etwa ein limitierender Faktor für das Wirtschaftswachstum sein könnte oder daß Umwandlungskapazitäten den Energiepreis determinieren können, sind offenbar nicht berücksichtigt. Die Frage, inwieweit Ergebnisse in den Einzelstudien durch die Vorgabe der globalen und nach Energieträgern differenzierten Primärenergiedaten direkt oder indirekt prädestiniert sind, kann nicht beantwortet werden. Von ihrer Klärung hängt die Beurteilung der Problemadäquanzen des Erklärungsansatzes entscheidend ab.

c) Ist die gewählte Modellvorstellung widerspruchsfrei?

Die BP AG erstellt keine Flußbilder, in denen die Wirkungs- und Berechnungszusammenhänge schematisch dargestellt werden. Soweit die Beziehungen aus dem vorhandenen Material rekonstruiert werden konnten, ließen sich keine widersprüchlichen Abläufe oder Annahmen feststellen. Die zum Teil sehr detaillierten Einzeluntersuchungen werden nicht formalisiert zu einer Gesamt-

prognose vereinigt. Eine Darstellung der Ergebnisse beginnt stets mit den Annahmen zum Wirtschafts- und Primärenergieverbrauchswachstum. Neben den Wachstumsraten wird der Elastizitätskoeffizient aus den beiden Datenreihen dargestellt. Wie die aggregierten Werte aus den Detailuntersuchungen ermittelt werden und wie eine Abstimmung zwischen „top-down“ und „bottom-up“-Ansatz realisiert wird, war aus den zugänglichen Materialien nicht ersichtlich. Die Charakteristika der Szenarien sind, soweit sie ökonomisch-energiewirtschaftliche Zusammenhänge betreffen, in ihrer Wirkungskette konsistent. Preissprünge, Arbeitslosigkeit und periodische Ölkrisen begrenzen das Wirtschaftswachstum und dieses Wirtschaftswachstum wiederum den Energieverbrauch. Eine Rückkopplung der Ergebnisse der Szenarien auf die Annahmen (z.B. Wirkung einer Deckungslücke auf den Energiepreis oder eines Ausbaus der Kohleveredlungskapazität auf das Wirtschaftswachstum) ist nicht erkennbar.

d) Ist der Detaillierungsgrad des Modells ausreichend?

Die BP AG stellt ihre Szenarien sowohl nach Produkten als auch nach Sektoren differenziert dar. Die Märkte für Mineralölprodukte, Gas und Kohle werden detailliert analysiert und prognostiziert. Zum Teil wird regional disaggregiert. Die sektorale Disaggregation wird hingegen nicht für jeden Bereich durchgeführt. Während Haushalte und Verkehr eine tief gestaffelte Betrachtung erfahren, werden der Sektor Industrie und der Umwandlungsbereich weniger detailliert dargestellt. Die internen Detailuntersuchungen finden keine Erwähnung in der publizierten Form.

Die BP AG leitet aus den Ergebnissen des Planungszyklus '81 energiepolitische Erfordernisse ab. Diese Empfehlungen sind zum Teil allgemeiner Natur und von daher mit dem Detaillierungsgrad der Szenarien vereinbar; zum Teil könnten sie auch ohne Energieprognosen im Hintergrund aufgestellt werden. Aussagen zum Ausmaß des Sparpotentials sind aus den uns zur Verfügung gestellten Materialien aber nicht für alle Sektoren ableitbar, da detaillierte Technologiebetrachtungen zur Ableitung des technischen Potentials oder Preissubstitutionsprozesse zur Ableitung des wirtschaftlichen Einsparpotentials zumindest im Industriebereich fehlen.

## **Prüfpunkt 2: Datenbasis, Datenfehler, Datensicherheit**

Die Datenbasis besteht aus Statistiken, Analysen von Wirtschaftsverbänden und Markterhebungen. Im Industriesektor wurde die Entwicklung in Anlehnung an die vom PROGNOSE-Institut veröffentlichten Werte vorausgeschätzt. Vergangenheitsdaten werden konsistent mit den qualitativen Aussagen fortgeschrieben.

## **Prüfpunkt 3: Ist das gewählte Vorgehen transparent und nachvollziehbar?**

Bei dieser Fragestellung muß zwischen den Einzelstudien und der Gesamtprojektion differenziert werden. Die Einzelstudien sind in ihrer Vorgehensweise nachvollziehbar, wenn auch die quantitativ-funktionalen Verknüpfungen zur Entwicklung der Einflußgrößen (z.B. Wirtschaftsentwicklung, PKW-Dichte) nicht aus den Unterlagen zu entnehmen sind.

Nach Auskunft der BP AG wird die Prognose nicht allein durch eine einfache nachvollziehbare Vorwärtsrechnung – Wirtschaftswachstum bestimmt sektoralen Primärenergieverbrauch – erstellt. Die Ergebnisse der einzelnen Energieträgerprojektionen werden parallel dazu erarbeitet und zu einem gesamten Verbrauch aggregiert und abgestimmt. Anhand des vorliegenden Materials war die letztere Verfahrensrichtung nicht nachprüfbar.

#### **Prüfpunkt 4:** Wie weit sind Unsicherheiten in der Zeichnung der Langfristprojektion berücksichtigt?

Die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten werden in zwei Szenarien abgebildet. In der aktuellen Energieprognose der BP AG ist nur eine Linie der erwarteten Entwicklung veröffentlicht. Von beiden im Haus erstellten Szenarien wurde die in den Energieverbräuchen höhere Entwicklungslinie ausgewählt, da sie im Vergleich zu einer pessimistischeren Variante besser geeignet ist, die eigenen energiepolitischen Vorstellungen darzulegen. Es werden zwar alternative Entwicklungen dort aufgezeigt und untersucht, wo sie mit geringem Rechenaufwand bearbeitbar sind (z.B. spezifische Energieverbräuche, durchschnittliche Fahrleistungen, etc.). Basisdaten, wie Bevölkerungsstruktur, Wirtschaftsstruktur, Energieversorgungsstruktur usw., werden jedoch nicht variiert. Diese rechenaufwendigen Untersuchungen haben aber einen erheblichen Einfluß auf die Höhe und Struktur der Energienachfrage. Hier wurden sensitive Parameter – wahrscheinlich aus pragmatischen Überlegungen – aus der Untersuchung ausgeklammert.

In dem behandelten Rahmen, d.h. unter Konzentration auf zwei in sich konsistente Szenarien, ist der Unsicherheitsaspekt aus Sicht des Unternehmens befriedigend abgebildet. Dies wird damit begründet, daß eine Revision der Prognose im Rahmen des jährlichen Planungszyklus erfolgt.

Die Ableitung energiepolitischer Empfehlungen aus den Szenarien muß jedoch unter dem Aspekt der Unsicherheitsbetrachtung kritisch beurteilt werden. Gesamtgesellschaftliche oder gesamtwirtschaftliche Unstetigkeiten sind im Sinne des Abgreifens einer Bandbreite möglicher Entwicklungen weitgehend unberücksichtigt geblieben. Zur Verdeutlichung einige Beispiele:

- Bei liberalem Welthandel ist es nicht unwahrscheinlich, daß in Anbetracht der immensen Investitionsanstrengungen der Ölproduzenten in die chemische Grundstoffindustrie deren Produkte inländische Grundchemikalien vom Markt verdrängen. Eine deutliche Verschiebung in der Wirtschaftsstruktur oder zumindest in Höhe und Struktur der Energienachfrage wäre die Folge.
- Bei inländischem Wirtschafts- und Wohlstandswachstum und Erweiterung der Europäischen Gemeinschaft könnte die Bevölkerung in Fortsetzung des heutigen Einwanderungsüberschusses in 30 Jahren um 6-8 Mio höher sein als angenommen; dies hätte entsprechende Folgen auf die Energienachfrage.

Unsicherheiten dieser und ähnlicher Problemkategorien wurden in der BP-Studie nicht bearbeitet. Die Untersuchung bleibt aus Sicht der Energiepolitik in zu engen Unsicherheitsgrenzen.

#### **5.5 Methodische Vorgehensweise der Shell AG bei der Erstellung ihrer Langfristprojektionen<sup>1)</sup>**

Bezugsrahmen für die Erstellung der Langfristprojektionen der Shell AG für die Bundesrepublik ist eine detaillierte Analyse der Entwicklungsmöglichkeiten der Weltwirtschaft nach 4 Regionen. Aus einer Vielzahl von Entwicklungslinien werden zwei als gleichwahrscheinlich angesehene Szenarien ausgewählt. Sie verfolgen sowohl weltweit als auch für den Bereich der Bundesrepublik das Ziel, bis zum Jahre 2000 das Spektrum unternehmenspolitischer Handlungsmöglichkeiten auf dem Energiemarkt im Wechselspiel steigender Energiepreise und zunehmender Anstrengungen zur Reduzierung des spezifischen Energieeinsatzes auszuloten.

<sup>1)</sup> Wesentliche Teile der nachfolgenden Analysen beruhen auf Materialien und Informationen, die der Öffentlichkeit nicht zugänglich sind.



Die für die Bundesrepublik erstellten Langfristprojektionen lassen sich inhaltlich folgendermaßen skizzieren:

Das Szenario „Strukturwandel“ wird gekennzeichnet durch einen der Bundesrepublik Deutschland aufgezwungenen energiewirtschaftlichen Strukturwandel aufgrund ständig steigender realer Rohölpreise, durch die die Belastungsgrenze der Verbrauchergruppen erreicht ist. Darauf reagiert die „... Mehrzahl der Verbraucher kurzfristig durch rationellere Nutzung der Energie; langfristig durch Investitionen zur Reduzierung des spezifischen Verbrauchs. Dies wird möglich durch neue Verhaltensmuster, hohe Innovationsraten zur Umstrukturierung, Humanisierung der Arbeit und Arbeitsteilung in der Weltwirtschaft“.

Im Szenario „Lethargie“ wird dagegen mit nominal steigenden, jedoch real gleichbleibenden OPEC-Rohölpreisen gerechnet. Dies hat zur Folge, daß die Mehrzahl der Verbraucher „... dann keinen besonderen Anlaß zur rationelleren Energienutzung oder zu Investitionen zur Reduzierung des spezifischen Verbrauchs sieht, weil die zusätzlichen Ausgaben für Energie nicht als drückend empfunden werden. Entsprechend sind die Verhaltensmuster unflexibel, die Innovationsrate zur Umstrukturierung ist niedrig, soziale Probleme sollen durch die Verkürzung der Arbeitszeit gelöst werden, außenwirtschaftliche Probleme durch Aufbau von Handelshemmnissen vermieden werden“. Die grundsätzlichen Kausalzusammenhänge, welche die Shell AG betrachtet, sind in dem Flußdiagramm in Bild II.2 dargestellt.

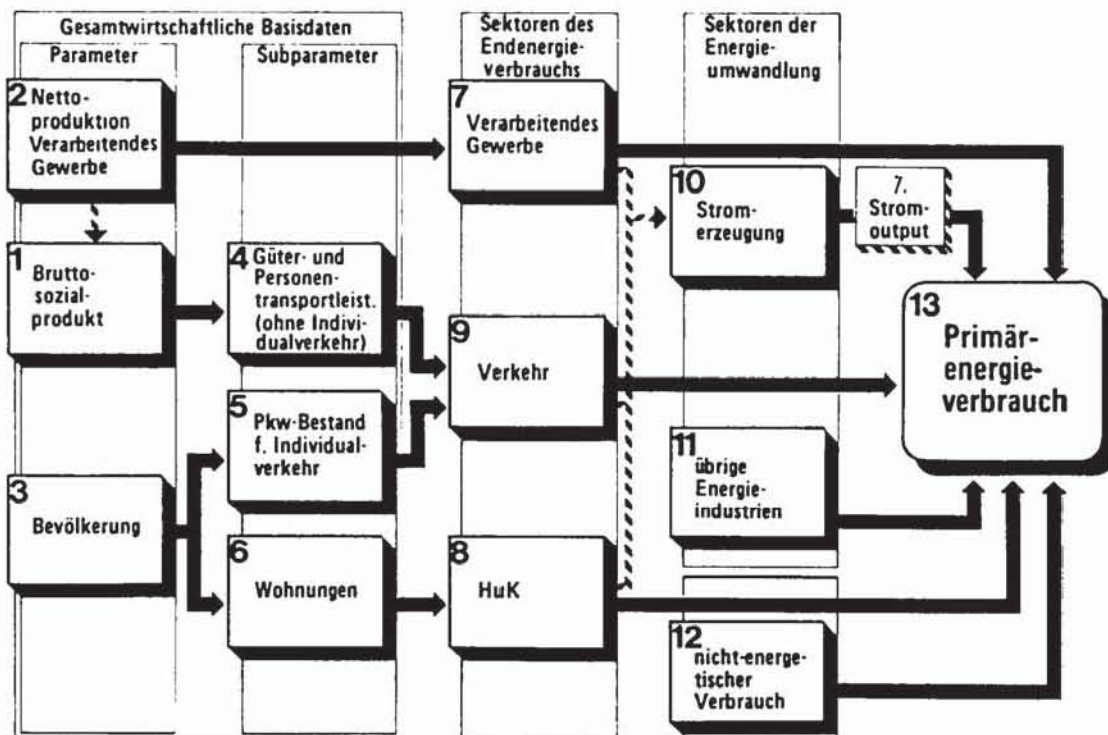


Bild II.2: Globales Flußbild zur Methodik der langfristigen Energieprognose der Shell AG

Aufgrund gesamtwirtschaftlicher Basisdaten und einer detaillierten sektoralen Analyse erfolgt die Bestimmung des Primärenergieverbrauchs. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich die im Flußbild wiedergegebenen Bestimmungsfaktoren des Primärenergieverbrauchs aus weiter disaggregierten Faktoren zusammensetzen. Die Verknüpfung der Teilmodelle (Mikrosysteme) zum Gesamtmodell erfolgt durch einen Planungsstab. Die jeweilige Mikroanalyse ist eingebettet in ein System sich zeit-

lich überlagernder und verzahrender weiterer Planungsaktivitäten. Es besteht somit ein „revolvierendes Gesamtsystem“.

Der Zeithorizont erstreckt sich bis zum Jahre 2000. Entsprechend der Unsicherheit zukünftiger Entwicklungsmöglichkeiten des Energieverbrauchs unterscheidet die Shell AG nach drei Planungsperioden. Die kurzfristige Entwicklung (1980–81) wird als absehbar eingestuft. Hier wird mit den neuesten Konsumschätzungen gerechnet. Zur Abdeckung der Unsicherheit in der mittelfristigen Entwicklung (1982–85) wurde mit zwei Mittelfrist-Szenarien gerechnet. Um die divergierenden Einflüsse von volkswirtschaftlichen und energiepolitischen Veränderungen im nationalen Bereich sowie die von weltwirtschaftlichen Entwicklungen auf volkswirtschaftliche Umstrukturierungsprozesse besser ausloten zu können, wird langfristig mit zwei Szenarien gerechnet, in die die mittelfristigen Szenarien eingebettet sind. Als Eckjahre werden 1985-1990-1995-2000 betrachtet. Die Wirkung der beiden Szenarien zugrunde liegenden Parameter wird aus komparativ-dynamischer Sicht beurteilt. Alle relevanten Bestimmungsfaktoren, die die zukünftige Geschäftsentwicklung beeinflussen, werden dabei berücksichtigt. Eine Rückkoppelung durch Einschaltung von Experten aus Fachbereichen der Deutschen Shell AG sowie der Shell Gruppe trägt zur Absicherung der Plausibilität und Machbarkeit bei.

**Prüfpunkt 1:** Sind die Modellvorstellungen problemadäquat?

a) Sind wichtige problembezogene Größen erfaßt?

Die von der Shell AG konzipierten Szenarien sollen Orientierungshilfen für die strategische Langfristplanung des Unternehmens sein. In die Ermittlung der Planungsdaten gehen alle dafür benötigten Einflußgrößen ein. Auf der Basis der Einbettung in eine weltweite Energieprognose werden die nationalen gesamtwirtschaftlichen Basisdaten, wie Bruttosozialprodukt, industrielle Nettoproduktion und Bevölkerungsentwicklung, geschätzt. Die industrielle Nettoproduktion wird nach 8 Industriegruppen detailliert ermittelt. Auf der Basis einer intensiven Analyse der Entwicklung in der Vergangenheit und Abschätzung zukünftiger Trends im Szenariorahmen werden die spezifischen Energieverbräuche für die jeweiligen Subsektoren ermittelt. Substitutionsprozesse zwischen Arbeit, Kapital und Energie werden auf intuitiver Ebene berücksichtigt und sind in ihren Auswirkungen auf den Energieverbrauch erkennbar; ein geschlossener formalisierter Ansatz besteht dafür nicht. Für die restlichen Endenergieverbrauchssektoren sind bedarfsbestimmende sowie spezifische Energieverbräuche maßgeblich. Im Rahmen technologischer, ökonomischer und verhaltensorientierter Aspekte wird der Endenergieverbrauch nach Höhe und Energieträgerstruktur errechnet. Energiepreise, Kapitalstocks sowie technologische Entwicklungsmöglichkeiten werden detailliert berücksichtigt.

Die für einen Mineralölkonzern wichtigen Bereiche „Nichtenergetischer Verbrauch“ und „Umwandlungssektor“ werden in disaggregierter Form analysiert. Die zeitliche Auflösung des Planungshorizonts entspricht den unternehmerischen Zielsetzungen. Langfristige, grundsätzliche Richtlinien werden in Fünfjahresschritten verfolgt, während die kurzfristige Feinplanung in Jahresschritten erfaßt wird.

b) Ist der gewählte Erklärungsansatz problemadäquat?

Als Erklärungsansatz für mögliche Entwicklungen des Energieverbrauchs dient ein nicht formalisiertes klassisches Marktmodell. Die Belastbarkeit der Nachfrager (Verbraucher) stellt bei der jeweiligen Analyse eine entscheidende Restriktion dar. Der vorliegende Planungszyklus entspricht weitgehend den Planungserfordernissen des Unternehmens. Auch für darüberhinausgehende energiepolitische

Fragestellungen lassen sich wichtige Entwicklungstendenzen ableiten. Aus energiepolitischer Sicht fehlt es jedoch an einer systematischen Zukunftsanalyse, da die beiden Szenarien nur einen Teilbereich möglicher energiewirtschaftlicher Entwicklungen abdecken.

c) Ist die gewählte Modellvorstellung widerspruchsfrei?

Bei der Analyse des hier nur prüfbar formalisierten Teils ließen sich keine Widersprüche aufdecken.

d) Ist der Detaillierungsgrad des gewählten Modells ausreichend?

Der Detaillierungsgrad entspricht der Zielsetzung, Planungsdaten über mögliche Verschiebungen in einzelnen Geschäftsbereichen zu erarbeiten. Für den Verkehrssektor, der innerhalb des formalisierten Gesamtmodells ein Teilmodell darstellt, ist die Struktur in Bild II.3 erläutert.

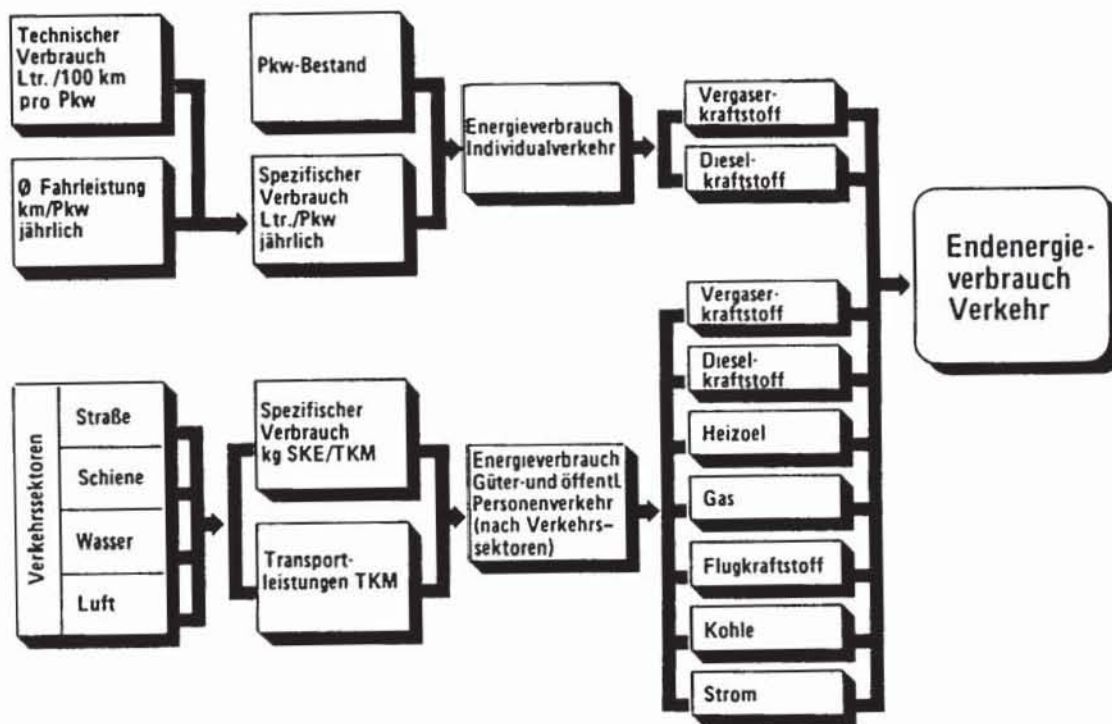


Bild II.3: Determinanten des Endenergiebedarfs im Sektor Verkehr nach Shell AG

Auf der Basis gesamtwirtschaftlicher, technologischer und verhaltensorientierter Einflußgrößen ergibt sich der Endenergieverbrauch nach Art und Anteil berücksichtigter Energieträger. Der Detaillierungsgrad ist somit ausreichend, um Entscheidungen und Aussagen über die zukünftige Absatz- und Kapazitätsplanung zu treffen.

Ähnlich detailliert wird bei der Darstellung der Verbrauchsprozesse in den Sektoren Haushalte, Umwandlungsbereich, Industrie und – mit Abstrichen – im Nichtenergetischen Verbrauch vorgegangen. Die Einschränkungen im Nichtenergetischen Verbrauch beziehen sich auf die fehlende Berücksichtigung des Konsumentverhaltens im Hinblick auf den Verbrauch von Massenkunststoffen. Aufgrund des fehlenden statistischen Materials konnte der Sektor Kleinverbraucher im Hinblick auf die Ziele und Aussagen nur unzureichend berücksichtigt werden, indem sein Anteil über einen Modalsplit aus dem Gesamtsektor Haushalte und Kleinverbraucher abgeleitet wurde.

## **Prüfpunkt 2: Datenbasis, Datenfehler und Datensicherheit**

Den Szenarien liegt eine gemäß Abschnitt 5.5, Prüfpunkt 1 d detailliert durchgeführte Analyse des Istzustandes auf der Basis 1978 vor. Bei der Deutschen Shell AG werden dafür mehr als 1000 Zeitreihen berücksichtigt, deren Zeithorizont zum Teil länger als 20 Jahre über die offiziellen Statistiken hinausgeht und die durch interne oder gemeinschaftlich vorgenommene Erhebungen, Untersuchungen oder Beobachtungen gewonnen werden. Die Validierung der überprüfbareren Daten ließ keine Datenfehler erkennen.

## **Prüfpunkt 3: Ist das gewählte Vorgehen transparent und nachvollziehbar?**

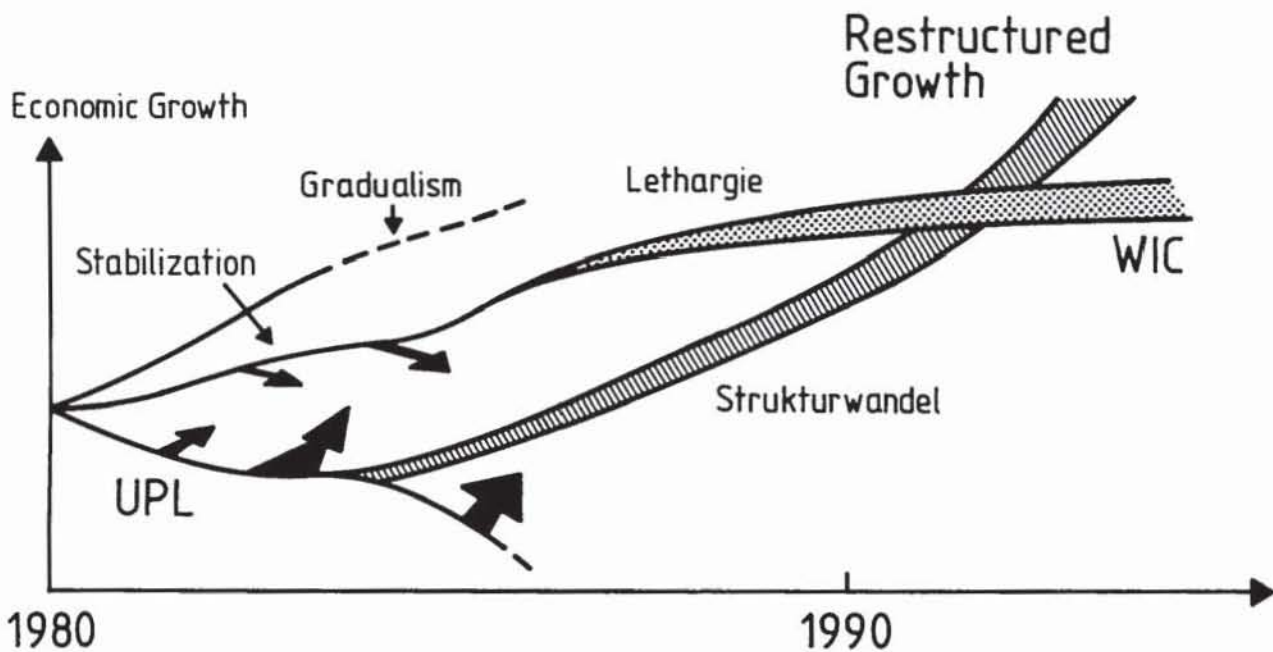
Aus dem unternehmensinternen Arbeitspapier zum Planungszyklus '80 wurden bisher nur Teilergebnisse der breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Auch das Arbeitspapier zum Planungszyklus '80 ist nur eine Kurzfassung einer Vielzahl von im Unternehmen durchgeführten Analysen. Teilbereiche der detailliert durchgeführten Arbeiten bleiben der unternehmensinternen Verwendung vorbehalten. Andererseits wird in einer Vielzahl von Einzelpublikationen Einblick in die Datenbasis und Vorgehensweise zur Ermittlung sektoraler Energieverbräuche gegeben. Für die vorliegende Analyse wurde von der Shell AG ein weitgehender Einblick in unternehmensinternes Datenmaterial gewährt.

Auf dieser Basis waren Transparenz und Nachvollziehbarkeit immer dann gewährleistet, wenn Energiebilanzen rein technologisch erzeugt werden. Die zur Kontrolle dieser sektoralen Bilanzen im Planungszyklus '80 nicht ausgewiesenen Daten, wie z.B. Wirkungsgrade verschiedener Heizungs-systeme oder des spezifischen Verbrauchs im Verkehrssektor, waren auf Rückfrage zugänglich. Die Transparenz geht jedoch dann verloren, wenn sich ändernde Preise oder Verhaltensweisen in den Entscheidungsprozeß eingehen. Da die Ergebnisfindung nicht über ein formalisiertes Modell, sondern in einer Expertenkommission erfolgt, sind Transparenz und Nachvollziehbarkeit nicht gewährleistet. So ist nicht nachvollziehbar, wann z.B. die Belastung der Verbraucher durch die steigende Energiepreisentwicklung soweit angestiegen ist, daß sie sich bereit finden, forcierte Investitionen zur Verringerung des spezifischen Energiebedarfs zu tätigen oder ihre Verhaltensweisen aufgrund des steigenden Kostendrucks zu ändern. Energieträgersubstitutionen und Einführungs-raten neuer Energietechnologien können daher nicht überprüft werden. Analog dazu ist der durch Preisaktionen der OPEC-Länder induzierte Entscheidungsprozeß der Unternehmen zu beurteilen. Die Stärke des Kostendrucks zur Verringerung des spezifischen Energiebedarfs oder aber zur Verlagerung energieintensiver Zweige ins Ausland ist direkt nicht nachvollziehbar.

## **Prüfpunkt 4: Wie weit sind Unsicherheiten in der Zeichnung der Langfristprojektionen berücksichtigt?**

Um die „Unsicherheiten“ sowohl im gesellschafts-, wirtschafts- als auch im energiepolitischen Bereich aus nationaler und internationaler Sicht zu erfassen, werden bis zum Orientierungspunkt im Jahre 2000 aus einer Vielzahl von möglichen Entwicklungslinien zwei Szenarien ausgewählt (siehe Bild II.4).

Diese, aufgrund von Managemententscheidungen als gleichwahrscheinliche Entwicklung der Energiewirtschaft angesehenen Entwicklungspfade, überstreichen somit nicht das ganze Spektrum der aufgezeigten Entwicklungspfade. Sie sind dennoch so konzipiert, daß sie als grundverschiedene Abbildungen der Volks- und Energiewirtschaft im Rahmen einer überraschungsfreien Entwicklung der sozialen Marktwirtschaft verstanden werden können. Über die durch die Spannweite der Szenarien abgedeckte Unsicherheit hinaus werden für konkrete strategische Unternehmensentscheidungen zusätzliche Varianten zu den Szenarien zur Quantifizierung möglicher Risiken erstellt.



UPL: Unrestrained Producer Logic  
 WIC: World of Internal Contradictions  
 Quelle: Shell Gruppe

Bild II.4: Scenarios for the Long Term

Unsicherheiten über den marktwirtschaftlichen Ordnungsrahmen hinaus sowie nationale oder weltweite politische oder wirtschaftliche „Katastrophen“ bleiben unberücksichtigt. Aus energiepolitischer Sicht erscheint eine weitergehende Erfassung von Unsicherheit notwendig.

### 5.6 Methodisches Vorgehen der VEBA AG bei der Erstellung der „Energieprognose für die Bundesrepublik Deutschland 1980–2000“<sup>1)</sup>

Die von der VEBA AG veröffentlichten Prognoseergebnisse sind das Resultat einer Abstimmung von Einzelbeiträgen der zum Konzern gehörenden Gesellschaften. Mitgewirkt haben folgende Unternehmen:

- Aral AG
- Chemische Werke Hüls AG
- Preussische Elektrizitäts AG
- Raab Karcher AG
- Thüringer Gas AG
- VEBA Kraftwerke Ruhr AG
- VEBA Oel AG

Diese Gesellschaften bearbeiten für die Prognose jeweils die Teilbereiche der Energiewirtschaft, die dem eigenen Geschäftsbereich nahestehen. Datenmaterial und Expertenwissen werden in eine Ex-

<sup>1)</sup> Wesentliche Teile der nachfolgenden Analyse beruhen auf Materialien und Informationen, die der Öffentlichkeit nicht zugänglich gemacht werden.

pertenkommission eingebracht, die in gemeinsamen Sitzungen unter Federführung der VEBA AG mögliche Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs festlegt.

Die Resultate der VEBA-Energieprognose sollen einerseits Hilfestellung im Hinblick auf eine energiepolitische Orientierung bieten und liefern andererseits Rahmendaten für die langfristige Konzernplanung. Für den kurz- und mittelfristigen Bereich werden jährlich volks- und energiewirtschaftliche Rahmendaten vorgegeben, die in die Langfristprognose eingepaßt sind.

Die Prognose der VEBA ist eine Zielprojektion; sie zeichnet das aus unternehmensinterner Sicht gesamtwirtschaftlich anzustrebende Bild der Entwicklung des Energiemarktes. Unterschiedliche Randbedingungen werden in zwei Varianten, einer unteren und einer oberen, erfaßt:

„Vor allem in der unteren Variante wird davon ausgegangen, daß u.a. durch Energieverknappung und -verteuerung die künftigen Wachstumschancen vermindert werden.

In der oberen Variante wird aber unterstellt, daß die strukturellen Wachstumsbegrenzungen in der Bundesrepublik (u.a. abnehmende Bevölkerung, Sättigung der Wohnungs- und der PKW-Märkte) durch Wachstumsimpulse u.a. aus den energiebedingten Umstrukturierungsprozessen stärker aufgefangen werden als in der unteren Variante" [(12), S. 1].

Auf der Basis global vorgegebener Zuwachsraten des Bruttosozialprodukts wird die Nettoproduktion der Teilbereiche des Verarbeitenden Gewerbes geschätzt. Sektoral werden Bedarfsdeterminanten analysiert und Tendenzen des spezifischen Energieverbrauchs ermittelt. Endenergieverbrauch, Primärenergieverbrauch und Energieträgerstruktur sind im Detail nicht nachvollziehbares Resultat der Beratungen der Expertenkommission.

## 1. Prüfpunkt: Sind die Modellvorstellungen problemadäquat?

### a) Sind wichtige problembezogene Größen erfaßt?

Da die Informationsverarbeitung und Datenabstimmung zur Erzielung der Prognoseresultate ohne Rückgriff auf einen geschlossenen Modellformalismus in einem Expertengremium erfolgen, kann nur die Berücksichtigung, nicht aber die Intensität der Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs beurteilt werden.

Einen hohen Stellenwert für die Prognose hat die Einschätzung der weltweiten Energieverfügbarkeit, aus der für einzelne Energieträger die Verfügbarkeit für die Bundesrepublik abgeleitet wird.

Die Preisentwicklung der Energieträger ist meist qualitativ angegeben. Die qualitativen Preismerkmale einiger Energieträger sind durch Relationen zu den konkurrierenden Energieträgern beschrieben. Ein vollständig beschriebenes Preisgefüge ist aber in der Prognose nicht enthalten.

Kapitalstock, Stand der Technik und technologische Entwicklung sind im Wohnungsbestand, Kraftfahrzeugbestand, in den Umwandlungskapazitäten, in der Entwicklung der spezifischen Energieverbrauchswerte und neuerer Energietechnologien erfaßt, um nur die wichtigsten Aggregate zu nennen.

Die Entwicklung der Präferenzstrukturen bezüglich der Endbenutzertechnologien findet in der Prognose im Verkehrssektor und in der Beheizungsstruktur der privaten Haushalte Berücksichtigung.

Bestehende politische Rahmenbedingungen sind in die Prognose eingeflossen. Mögliche oder empfehlenswerte Veränderungen dieser Randbedingungen oder des gesellschaftlichen Wertesystems insgesamt sind nicht betrachtet worden.

Die Daten zur Bevölkerungsentwicklung und die Charakterisierung der unterstellten Wirtschaftsentwicklung orientieren sich an Ergebnissen verschiedener wirtschaftswissenschaftlicher Institute.

Die Ergebnisse der Analyse des Nichtenergetischen Verbrauchs werden aus unternehmenspolitischen Gründen nicht zugänglich gemacht.

b) Ist der gewählte Erklärungsansatz problemadäquat?

Die Vorgehensweise der VEBA AG, das Bruttosozialprodukt für die Prognose exogen vorzugeben, erlaubt nur ein „straight-forward“-Vorgehen. Der Erklärungsansatz entspricht in diesem Punkt Vorgehensweisen, die das Wirtschaftswachstum global durch intuitives Erfassen der Gesamtsituation der Volkswirtschaft ermitteln. Zur Absicherung wird jedoch eine detaillierte Analyse der Entwicklungsaussichten des Verarbeitenden Gewerbes nachgeschaltet.

Das Verfahren, die Energieprognose in Teilbereiche zu gliedern und entsprechend der Konzernstruktur bei den VEBA-Gesellschaften zu erstellen, bringt Schwierigkeiten mit sich, wichtige Rückkoppelungseffekte zu erfassen und den notwendigen iterativen Prognoseprozeß für den Gesamtkomplex von Volkswirtschaft, Energieverbrauch und Energiewirtschaft durchzuführen. Deshalb erfolgt eine intensive Abstimmung in der VEBA-Expertenkommission.

Zur Darstellung der Substitutionsvorgänge zwischen Energie, Kapital und Arbeit existiert kein mathematischer Erklärungsansatz. Nach Aussagen der VEBA AG werden die Interdependenzen zwischen diesen Produktionsfaktoren jedoch auf Basis praktischer Erfahrungen berücksichtigt.

Der für den Endverbrauchssektor gewählte Erklärungsansatz zur Abschätzung des Energieverbrauchs über die Bestimmungsfaktoren Energieverknappung und -verteuerung sowie die Annahme der wirtschaftlichen Entwicklung erscheint für das Setzen unternehmensstrategischer Orientierungspunkte ausreichend. Die Verwendbarkeit der Energieprognose als energiepolitische Entscheidungshilfe ist über die eigentliche Zielsetzung hinaus – einen Datenrahmen zu liefern – nur in Grenzen möglich. Deshalb werden von der VEBA AG auch ergänzende Papiere erstellt, die teilweise auch veröffentlicht sind (z.B. Kernenergie-Thesen [15], Fernwärme [16]).

c) Ist die gewählte Modellvorstellung widerspruchsfrei?

Infolge der nicht zugänglichen Dokumentation der den Prognoseergebnissen zugrundeliegenden Annahmen und Daten läßt sich die Widerspruchsfreiheit der gewählten Modellvorstellung nur bruchstückhaft analysieren.

Da annahmegemäß Wohlstandserwartungen, Energieverknappung und -verteuerung eine bedeutende Hebelwirkung auf den Energieverbrauch haben, ist nicht nachzuvollziehen, warum der Kapitalstock und der Stand der Technik im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher in beiden Varianten (1978–2000) identisch sind und somit keine Verbraucherreaktion auf diese Bestimmungsgrößen zeigen, während im Verkehrsbereich eine auch in der Praxis zu erwartende Differenzierung des Kapitalstocks erfolgt.

In der unteren Variante reduziert sich der spezifische Energieverbrauch der Industrie weniger als in der oberen Variante. Diese höhere Einsparung (Substitution von Energie durch andere Einsatzfaktoren) bei tendenziell niedrigeren Energiepreisen wird qualitativ damit erklärt, daß im Rahmen einer stärker wachsenden Wirtschaft mehr Finanzmittel in energiesparende Technologien investiert werden können. Eine quantitative Beschreibung der hier zum Tragen kommenden Einzeleffekte wird nicht gegeben.

d) Ist der gewählte Detaillierungsgrad des Modells ausreichend?

Unter der Annahme, daß die Planungsdaten Orientierungspunkte für Unternehmensplanung und Absatzstrategien darstellen, ist im Hinblick auf diese Zielsetzung nur im Verkehrsbereich eine ausreichende Detaillierung vorgenommen worden. Hier wurde die ARAL-Prognose '79 fast unverändert in die Energieprognose als obere Variante übernommen. Diese Kraft- und Schmierstoffprognose kann im Hinblick auf Zielsetzung und Einflußgrößen als ausreichend detailliert und problemadäquat bezeichnet werden. Für die restlichen Sektoren liegen uns derart detaillierte Analysen nicht vor.

## **2. Prüfpunkt:** Datenbasis, Datenfehler, Datensicherheit

In allen Sektoren lag der Prognose eine Analyse des Istzustandes zugrunde. Dokumentierte Daten entsprechen denen allgemein anerkannter Statistiken. Datenfehler sind nicht erkennbar. Auf Wunsch der VEBA AG wurden im Feinraster der Tabellen II.3-II.8 nur Mittelwertangaben berücksichtigt.

## **3. Prüfpunkt:** Ist das gewählte Vorgehen transparent und nachvollziehbar?

Die vorgelegte Energieprognose resultiert aus Beiträgen der zur VEBA AG gehörenden Gesellschaften. Die Integration der Einzelbeiträge, in der vor allen Dingen Konsistenz innerhalb des Gesamtrahmens der Prognose und Widerspruchsfreiheit zu den Grundannahmen der Szenarien sichergestellt werden sollen, erfolgt fortlaufend in gemeinsamen Sitzungen, an denen Experten aller VEBA-Gesellschaften teilnehmen. Transparenz und Nachvollziehbarkeit sind bei dieser Vorgehensweise stark eingeschränkt, da sie Ergebnis eines Diskussionsprozesses sind, der nicht durch einen die Gesamtkonsistenz sicherstellenden Bilanzierungs- bzw. durch einen Modellansatz unterstützt wird.

Ein einheitlicher geschlossener Ansatz, in dem Volkswirtschaft und Energiewirtschaft in einem integrierten Konzept betrachtet werden, liegt der VEBA-Energieprognose nicht zugrunde. Ein Einblick in die verwendete Methode ist in zwei Teilbereichen möglich, im Verkehrssektor durch die ARAL-Prognose '79 und im Sektor Haushalt und Kleinverbrauch durch die Beiträge „Energie im Haushalt“ [13] und „Chancen und Entwicklungsschwerpunkte neuer Technologien und Energiearten in der Bundesrepublik Deutschland – am Beispiel der Energie im Haushalt und Kleinverbrauch“ [14].

Die veröffentlichte Prognose ist in keinem Teilbereich so transparent dargestellt, daß die Prognoseergebnisse nachvollzogen werden können. Nur im Verkehrssektor sind Wirkungsketten dokumentiert, die ein Nachvollziehen qualitativer Zusammenhänge ermöglichen. Andere wichtige Zusammenhänge können nur aus einer Interpretation von Annahme und Prognoseergebnis erschlossen werden.



**4. Prüfpunkt:** Wie weit sind Unsicherheiten in der Zeichnung der Langfristprojektion berücksichtigt?

Der wesentliche Unterschied der Annahmen beider Varianten, die das Spektrum unsicherer Zukunftserwartungen abdecken sollen, liegt im Bruttosozialprodukt-Wachstum. Weitere signifikante Abweichungen treten nicht auf. Dadurch wird verständlich, daß die beiden Varianten Entwicklungen darstellen, die durch sehr ähnliche Strukturen geprägt sind. Das Vorgehen der VEBA AG kann nicht als Abdecken von Unsicherheitsbereichen gewertet werden, da beide Entwicklungen weitgehend parallel verlaufen und nicht versucht wird, einzelne Punkte großer Unsicherheit und Sensitivität aufzudecken.

## 6. Determinanten des Energieverbrauchs – Prämissenvergleich der verschiedenen Prognosen in einem systematisierten Beziehungsfeld

Die Erfassung der Determinanten und der Vergleich der in den einzelnen Langfristprojektionen unterstellten Prämissen muß vor den Hintergrund unterschiedlicher methodischer Vorgehensweisen und dem dadurch bedingten Detaillierungsgrad der Basisdeterminanten gesehen werden. Infolge der daraus resultierenden signifikanten Abweichungen läßt sich kein Konzept erstellen, dem sich alle Prognosen in idealer Weise zuordnen lassen. Ohne Anspruch auf Allgemeingültigkeit zu erheben, hat sich vom Ansatz her folgende Einteilung der Bestimmungsfaktoren als operational bewährt:

1. Bevölkerungsentwicklung
2. Wirtschaftsentwicklung
3. Kapitalstock + Stand der Technik
4. Preisentwicklung
5. Gesellschaftliches Wertesystem
6. Natürliche und technologische Ressourcen

Der Kapitalstock wird hier durch energierelevante Bestandsgrößen (z.B. Wohnungen, PKW) charakterisiert. Der Stand der Technik soll als qualitätsbestimmende Subdeterminante des Kapitalstocks verstanden werden. Er ist als energiespezifische Bedarfsgröße definiert (z.B. Liter Vergaserkraftstoff pro 100 km).

Unter dem Begriff des gesellschaftlichen Wertesystems werden die energierelevanten politischen Rahmenbedingungen sowie allgemein gesellschaftliche Wertevorstellungen subsumiert.

Natürliche Ressourcen sind die Energie- und Rohstoffreserven. Das Potential technischer Ressourcen wird durch die zukünftige technologische Entwicklung beschrieben.

In Bild II.5 ist dargestellt, wie und auf welcher Stufe der Angebots- bzw. Nachfrageseite diese Basisdeterminanten den Energieverbrauch bestimmen. Die Größen lassen sich entsprechend den Zielen und Aussagen feiner disaggregieren. Für einen ersten groben Vergleich der Prognosen wurde die in Tab. II.2 erfolgte weitergehende Differenzierung gewählt. Durch die den Determinanten zugeordneten Sektoren der Energiewirtschaft ergibt sich ein systematisiertes Beziehungsfeld. Die Subsumierung der untersuchten Prognosen unter dieses „Grobraster“ und die Hervorhebung der einbezogenen Beziehungen zwischen Determinanten und Sektoren vermittelt einen ersten Eindruck der in den einzelnen Studien gesetzten Schwerpunkte. Soweit Beziehungen erkennbar Eingang in die Erstellung der Prognose gefunden haben, wurden sie in dem Grobraster berücksichtigt; eine Aussage über die Intensität ihrer Wirkung erfolgt hier nicht. So wird deutlich, welche Beziehungen keine Berücksichtigung gefunden haben.

Für den Prämissenvergleich ist eine weitergehendere Disaggregation der Basisdeterminanten auf sektoraler Ebene erforderlich. Die Tabellen II.3 – II.8 enthalten die Einflußgrößen, deren direkte oder indirekte Berücksichtigung als notwendig erachtet wird, um die energiespezifischen Nutzungsprozesse in den Sektoren plausibel zu machen.

Aufgrund der divergierenden methodischen Ansätze erwachsen naturgemäß Schwierigkeiten, bei der Zuordnung der Annahmen allen Studien gleichermaßen gerecht zu werden. Die Suche nach einem gemeinsamen Nenner hat zur Folge, daß nicht alle Annahmen ihrem ursprünglichen Detaillierungsgrad entsprechend berücksichtigt werden können.

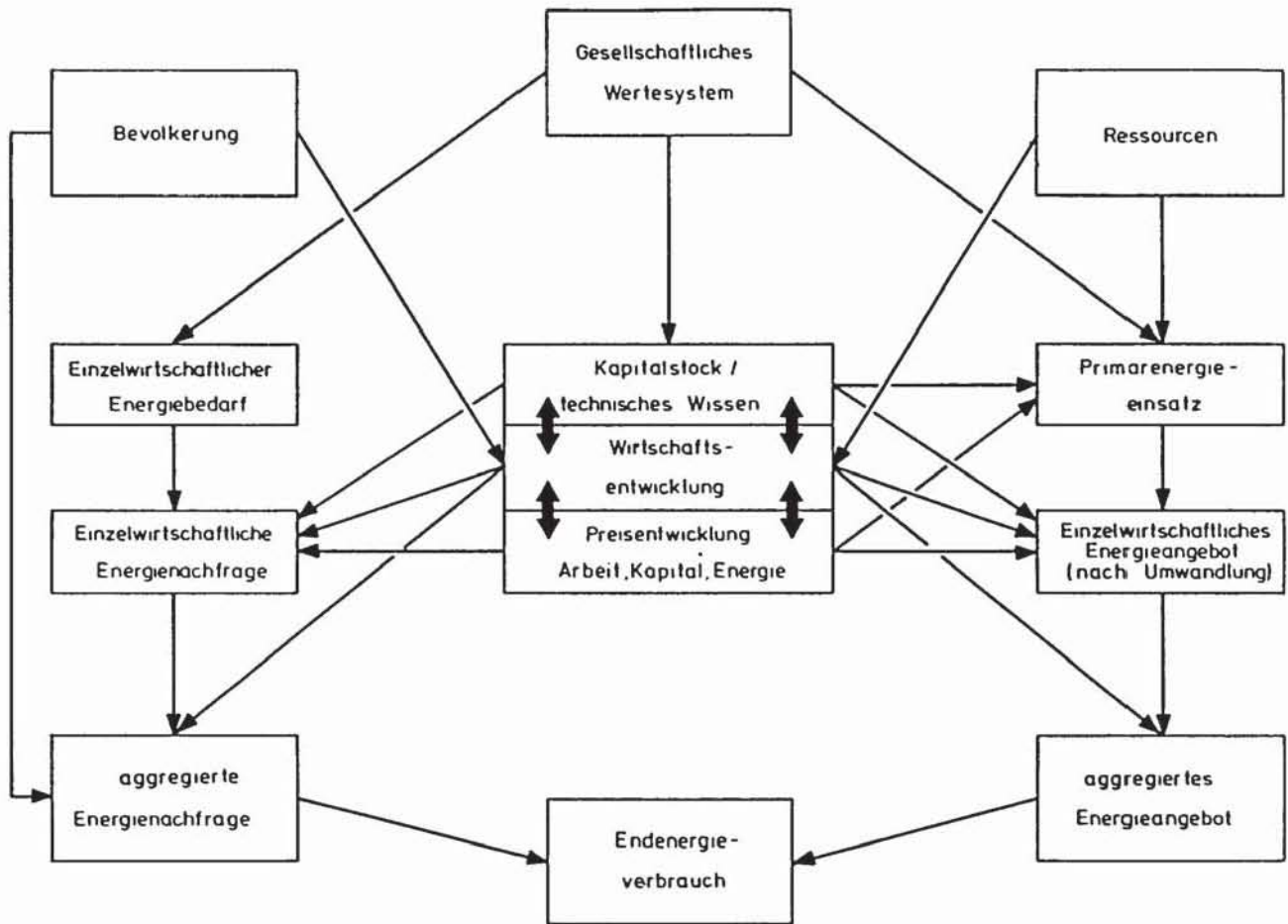


Bild II.5: Determinanten des Energieverbrauches

Maßstab für den Prämissenvergleich ist das Basisjahr 1978. Die für dieses Jahr vorliegenden Determinantenwerte wurden nach absolutem Wert und zugehöriger Einheit klassifiziert. Die Datenzuverlässigkeit der Werte wird durch Quellennachweis hervorgehoben. Aus amtlichen Statistiken, Erhebungen von Verbänden oder aus Publikationen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen direkt entstammende Daten erhalten das Merkmal „S“ (Spalte 1). Ebenso Daten, deren Ermittlung auf mehrere Daten oben genannter Quellen zurückzuführen ist. Mit „E“ werden Werteversehen, die unternehmensinternen Erhebungen entstammen. Das Merkmal „G“ weist auf Schätzungen hin. Die Darstellung quantifizierbarer Werte erfolgte nach folgender Methode: Wo die Steigerungsraten beim Prämissenvergleich von vorrangiger Bedeutung sind, werden die Basiswerte als Indexreihe fortgeschrieben („J“ in Spalte 4). Zur allgemeinen Vergleichbarkeit wird generell mit 1978 = 100 gerechnet. Soweit Preise eingehen, beziehen sie sich auf die Preisbasis von 1970.

Wo absolute Werte den Annahmenvergleich prägnanter gestalten helfen, wird dies mit „A“ in Spalte 4 hervorgehoben.

Verbal erläuterte Annahmen sind entsprechend dem zur Verfügung stehenden Raum sinngemäß dargestellt. Für stark verkürzte Darstellungen wurde folgende Rangordnung eingehalten:

- a) nicht betrachtet (aus verschiedenen Größen absichtlich nicht in die Analyse einbezogen)
- b) (nicht) berücksichtigt (bei der Analysearbeit erkennbar (nicht) einbezogen)
- c) keine Angabe.

Bestimmungs-faktoren des Energieverbrauchs	Haushalte			Kleinverbrauch			Industrie			Verkehr			Nichtenergetischer Verbrauch			Umwandlungsbereich		
	EK	ÖKO	ESSO BP SHELL VEBA	EK	ÖKO	ESSO BP SHELL VEBA	EK	ÖKO	ESSO BP SHELL VEBA	EK	ÖKO	ESSO BP SHELL VEBA	EK	ÖKO	ESSO BP SHELL VEBA	EK	ÖKO	ESSO BP SHELL VEBA
1. Bevölkerung	x	x	x	x	x	x												
Gesamtzahl																		
Erwerbspersonen																		
Anzahl der Haushalte	x	x	x	x	x	x												
2. Wirtschaftsentwicklung																		
Bruttosozialprodukt				x	x	x												
Wirtschaftsstruktur				x	x													
verfügbares Einkommen	x	x	x	x	x	x												
3. Kapitalstock und Stand der Technik																		
Kapitalstock	x	x	x	x	x	x												
Stand der Technik	x	x	x	x	x	x												
4. Preisentwicklung																		
5. Gesellschaftliches Wertesystem																		
politische Rahmenbedg.	x	x	x	x	x	x												
Präferenzstrukturen	x	x	x	x	x	x												
6. Ressourcen																		
technol. Entwicklung	x	x	x	x	x	x												
Energieverfügbarkeit	x	x	x	x	x	x												

x = Wirkungen teilweise oder vollständig berücksichtigt

Tabelle II.2: Gegenüberstellung verschiedener Prognosen in einem systematisierten Beziehungsfeld



Tab. II.4.: Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Kleinverbrauch

Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs	1978		EK Phase 1			EK Phase 2			EK Phase 3			EK Phase 4			Ost			BP ordentlich			BP diskontinuierlich			Eneo Reference Case			Shell L.	Shell S.W.			VEBA	Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		27	28	29			30	31				
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000							
1. Bevölkerung	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2			
2. Wirtschaftsentwicklung	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
3. Kapitalstock + Stand der Technik																																						
4. Preisentwicklung																																						
5. Gesellschaftliches Wertesystem																																						
6. Ressourcen																																						

Tab. II.5: Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Industrie

Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches	1978		EK Phas 1			EK Phas 2			EK Phas 3			EK Phas 4			Öko		BP ordered		BP discontinuous		Easo R.		Shad L.		Shad S. W.		VEBA		Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches
	abs. Wert	Einheit	1990	2000	2030	1990	2000	2030	1990	2000	2030	1990	2000	2030	1990	2000	2030	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000		
1. Bevölkerung Gesamtbevölkerung	5	61,2 Mio. Einw.													59	57	45,5	59	57	59	56,7	56,6	56	56,8	56	56	56	56	1. Bevölkerung Gesamtbevölkerung
2. Wirtschaftsentwicklung Brutto-Industrieprodukt	5	840,8 Mrd. DM													189	196	210	138	172	140	132	137	141	122	169			2. Wirtschaftsentwicklung Brutto-Industrieprodukt	
Grundstoffindustrie	5	328,5 Mrd. DM													148	176	198				132	154	127	129,1	157,4			Indust. Nettoprod., davon Grundstoffindustrie	
Verarb. Gewerbe ohne Grundstoffindustrie	5	228,5 Mrd. DM													155	175	169				127,3	118,8	116,8	151,9	142	172		Verarb. Gewerbe ohne Grundstoffindustrie	
Elektroindustrie		14,0													108	84	60						127	126	109	160			Elektroindustrie
Chemische Industrie		44,3													200	273	291						112,9	112,9	125	117,8	143,1		Chemische Industrie
Stahl + Erden		10,2													128	107	75						146,5	160,0	126,4	198,2	202,6		Stahl + Erden
Konzerngüter	5	132,9 Mrd. DM													160	205	202						109,8	106,9	121,6	127,3	133,9		Konzerngüter
Nahrungsmittel		57,1													137	143	85						126,4	126,4	98,8	141,5	190,1		Nahrungsmittel
Baugewerbe		60,9													119	128	101						121,0	123,4	112,7	107,0	135,8	157,7	Baugewerbe
Anteil Verarb. Gewerbe am Bruttoindustrieprodukt	5	30,1 %	37 %	36 %	37 %	38 %	37 %	36 %	34 %	34 %	34 %	34 %	34 %	38 %	38 %	30 %						37,7 %	35,8 %	36,2 %	36,2 %	37,9 %		Anteil Verarb. Gewerbe am Bruttoindustrieprodukt	
3. Kapitalstock u. Stand der Technik Investitionen																													3. Kapitalstock u. Stand der Technik Investitionen
spez. Energiebedarf - spezies Verbrauchendes Gewerbe	5	267 kg SKEZ/1000 DM exp													76	53	41						86	81	83	64	74		spez. Energiebedarf - spezies Verbrauchendes Gewerbe
spez. Energiebedarf in der: Eisenstahlindustrie	5	1621 kg SKEZ/1000 DM exp													89	79	74						88	78	80	68	87		spez. Energiebedarf in der: Eisenstahlindustrie
Chemischen Industrie		373													55	35	25						79	72	77	85	81		Chemischen Industrie
4. Preisentwicklung Energiepreise																													4. Preisentwicklung Energiepreise
Löhne nur Industrie																													Löhne nur Industrie
Robstoffpreise																													Robstoffpreise
Energiepreise																													Energiepreise
5. Gesellschaft, Wertesystem politische Rahmenbedingungen Außenpolitik																													5. Gesellschaft, Wertesystem politische Rahmenbedingungen Außenpolitik
Wirtschaftspolitik																													Wirtschaftspolitik
Energiepolitik																													Energiepolitik
Umweltpolitik																													Umweltpolitik
Politikstruktur Konzernverhalten																													Politikstruktur Konzernverhalten
6. Ressourcen Technologie Entwicklung Energieeffizienz -Energieeffizienz -Rohstoffe																													6. Ressourcen Technologie Entwicklung Energieeffizienz -Energieeffizienz -Rohstoffe





Tab. II.7: Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Nichtenergetischer Bereich

Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches	1978		Preisbasis 1970										Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches			
	abs. Wert	Einheit	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000		2000		
1. Bevölkerung	5	Mio. Ew.	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	1. Bevölkerung
Gesamtwirtschaft	5	Mio. Ew.	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	Gesamtwirtschaft
2. Wirtschaftsentwicklung	5	Mrd. DM	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	2. Wirtschaftsentwicklung
Industrielle Nettoprodukt	5	Mrd. DM	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	Industrielle Nettoprodukt
Grundstoffindustrie	5	Mrd. DM	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	Grundstoffindustrie
Verpackungsindustrie																Verpackungsindustrie
Bauindustrie																Bauindustrie
Textilindustrie																Textilindustrie
Fahrzeugindustrie																Fahrzeugindustrie
privater Verbrauch/Kopf																privater Verbrauch/Kopf
3. Kapitalstock + Stand der Technik																3. Kapitalstock + Stand der Technik
Entwicklung des chem. Verarbeitungsdurchsatzes auf Basis:																Entwicklung des chem. Verarbeitungsdurchsatzes auf Basis:
LPG	5	Mio. t O/r A	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	LPG
Naphtha	5	Mio. t O/r A	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	Naphtha
Gasöl	5	Mio. t O/r A	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	Gasöl
Heißöl schwer	5	Mio. t O/r A	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	Heißöl schwer
schwere Feedstocks	5	Mio. t O/r A	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	schwere Feedstocks
Kohle	5	Mio. t O/r A	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	Kohle
Art der Verarbeitungsprozesse																Art der Verarbeitungsprozesse
Fahrzeug-Bestand (Einheiten)	5	Mio. PKW	5	6	7	8	9	10	108	108	108	108	108	108	108	Fahrzeug-Bestand (Einheiten)
Saisonäre Antriebe (Einheiten)																Saisonäre Antriebe (Einheiten)
4. Preisentwicklung																4. Preisentwicklung
relative Preisentwicklung der chem. Grundstoffe																relative Preisentwicklung der chem. Grundstoffe
5. Gesellschaft. Wertesystem																5. Gesellschaft. Wertesystem
pol. Rahmenbedingungen																pol. Rahmenbedingungen
Energiepolitik																Energiepolitik
Wirtschaftspolitik																Wirtschaftspolitik
Umweltpolitik																Umweltpolitik
Verkehrspolitik																Verkehrspolitik
Präferenzstruktur																Präferenzstruktur
Pro-Kopf-Verbrauch von Massenkunststoffen																Pro-Kopf-Verbrauch von Massenkunststoffen
Seifen und Waschmitteln																Seifen und Waschmitteln
Fasern																Fasern
Verpackungsmaterial																Verpackungsmaterial
6. Ressourcen																6. Ressourcen
technolog. Entwicklung																technolog. Entwicklung
Energieverfügbarkeit																Energieverfügbarkeit

Tab. II.8: Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Umwandlung

Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches	1978		EK Pfad 1		EK Pfad 2		EK Pfad 3		EK Pfad 4		Öko		BP ordered		BP discontinuous		Esao Reference		Shell L		Shell S, W.		Vebe		Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches		
	abs. Wert	Einheit	2000	2030	2000	2030	2000	2030	2000	2030	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000			
Energievorgaben Energie Kohle	259,50	Mio. t SKE	364,8	446,2	295,7	314,1	265,4	290,1	245,1	210,6	143,7	310	329	294	302	293	303	265,2	266,6	268,6	264,1	259,5	274,8	259,5	274,8	Exogene Vorgaben Energie Kohle	
	22,65		62,8	118,5	80,8	138,7	47,1	53,1	42,1	48,8		25	26	25	26	29	34	25,1	22,8	26,1	22,9	22,9	23	23	23	23	23
Mineräloerzeugnisse, davon leichten Heizöl schweres Heizöl Kraftstoff, davon Vergasungsrestgas Dampfstromerzeugnisse Gase, davon Naturgas Synthesgas Wasserstoff Strom Fernwärme dezentrale Energieerzeuger Öl + Erdgas Sondergas	149,90		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Mineräloerzeugnisse, davon leichten Heizöl schweres Heizöl Kraftstoff, davon Vergasungsrestgas Dampfstromerzeugnisse Gase, davon Naturgas Synthesgas Wasserstoff Strom Fernwärme dezentrale Energieerzeuger Öl + Erdgas Sondergas	
	72,70		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	leichten Heizöl	
	20,30		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	schweres Heizöl	
	34,60		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Kraftstoff, davon	
	1,40		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Vergasungsrestgas	
	0,90		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Dampfstromerzeugnisse
	45,02		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Gase, davon
	34,60		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Naturgas
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Synthesgas
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Wasserstoff
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Strom
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Fernwärme
		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	dezentrale Energieerzeuger	
		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Öl + Erdgas	
		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Sondergas	
3. Kapitaleck + Stand der Technik																											3. Kapitaleck + Stand der Technik
3.1 Kapazitäten Stromerzeugung Wärmekraft, davon Steinkohle Braunkohle Heizöl S Erdgas Kernenergie Herzenergie Sondergas Wasserkraft Windenergiepot. Windenergiepot. Windenergiepot.	65,30	GW at	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	3.1 Kapazitäten Stromerzeugung Wärmekraft, davon Steinkohle Braunkohle Heizöl S Erdgas Kernenergie Herzenergie Sondergas Wasserkraft Windenergiepot. Windenergiepot.	
	78,90		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Stromerzeugung	
	29,20		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Wärmekraft, davon	
	14,00		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Steinkohle	
	14,50		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Braunkohle	
	12,90		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Heizöl S
	8,70		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Erdgas	
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Kernenergie
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Herzenergie
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Sondergas
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Wasserkraft
			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Windenergiepot.
Fernwärmerzeugung Heizwärme Blaswärme Blasenergie Solaranlagen Sondergas Kohle Kohle Hydro Kracker Therm. Kracker 3.2 Auslastung Wärmekraft, davon Steinkohle Braunkohle Heizöl S Erdgas Kernenergie																											Fernwärmerzeugung Heizwärme Blaswärme Blasenergie Solaranlagen Sondergas Kohle Kohle Hydro Kracker Therm. Kracker 3.2 Auslastung Wärmekraft, davon Steinkohle Braunkohle Heizöl S Erdgas Kernenergie
																											Fernwärmerzeugung
																											Heizwärme
																											Blaswärme
																											Blasenergie
																											Solaranlagen
																											Sondergas
																											Kohle
																											Kohle
																											Hydro Kracker
																											Therm. Kracker
																											3.2 Auslastung
																										Wärmekraft, davon	
																										Steinkohle	
																										Braunkohle	
																											Heizöl S
																											Erdgas
																											Kernenergie

\*: eincht, Mischlieferung





## 7. Diskussion wichtiger Annahmen und ihre Wirkung auf den Energieverbrauch

### 7.1 Vier „energiepolitische Pfade“ der Enquete-Kommission (EK)

Im Juni 1980 legte die Enquete-Kommission einen Bericht über Stand und Ergebnisse ihrer Arbeiten vor. Bei diesem Bericht handelte es sich angesichts der umfassenden Aufgabenstellung und der Kürze der Zeit um ein **vorläufiges** Arbeitsergebnis. Methodik, Ergebnisse und Empfehlungen sind von daher erste Arbeitsergebnisse und einer weiteren Diskussion zugänglich.

Die Enquete-Kommission kommt im Rahmen ihrer energiepolitischen Analysen und den Betrachtungen zu den politischen Handlungsmöglichkeiten zu einer Vielzahl z.T. detaillierter energiepolitischer Empfehlungen. Die nachfolgende Diskussion wichtiger Annahmen und ihre Wirkung auf den Energieverbrauch soll helfen, den energiewirtschaftlichen Hintergrund, auf dem ein wesentlicher Teil der Arbeitsergebnisse beruht, aufzubereiten.

Folgende Annahmen werden im Anschluß diskutiert:

- Bevölkerungsentwicklung,
- Strukturentwicklung der Volkswirtschaft,
- Verknüpfung von Bruttosozialprodukt und Energieverbrauch,
- Energieeinsparung

sowie der Einfluß der Optimierung auf den Energieverbrauch nach Struktur und Höhe.

#### Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung

Die Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung gehören zu den den vier Pfaden einheitlich vorgegebenen Bestimmungsfaktoren. Die Enquete-Kommission lehnt sich bei ihrer „single line“-Projektion zur Bevölkerung an Berechnungen des statistischen Bundesamtes an und geht davon aus, daß im Jahre 2000 etwa 57 Millionen und im Jahre 2030 etwa 50 Millionen Personen in der Bundesrepublik leben werden.

Dieser energiewirtschaftlich äußerst sensitive Parameter, insbesondere für den Betrachtungszeitraum nach dem Jahr 2000, wird in keinem der Pfade und Varianten problematisiert. Eine Analyse der Altersstruktur der Bevölkerung und der damit verbundenen Entwicklungen, insbesondere in den Sektoren „Haushalte“ und „Verkehr“, fehlt.

#### Annahmen zur Strukturentwicklung der Volkswirtschaft

Für die Strukturentwicklung der Volkswirtschaft über einen Zeitraum von 50 Jahren gibt es keine gesicherten Abschätzungen. „Eine fundierte Prognose der Strukturentwicklung ist für einen solch langen Zeitraum nicht möglich“, stellt auch die Enquete-Kommission fest, und selbst eine Anhörung von Experten verminderte in diesem Punkt die Unsicherheit nicht, denn nicht einmal über die Richtung des Strukturwandels waren sich die Experten einig. Der Enquete-Kommission blieb daher keine andere Wahl als pragmatisch vorzugehen und die Strukturveränderung nach subjektiven Einschätzungen und Zielvorstellungen vorzugeben. Die Enquete-Kommission disaggregiert das Bruttosozialprodukt in die drei Wirtschaftsbereiche „Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie“, „übrige Indu-

strie" und „Dienstleistungsbereiche". Im Rahmen der normativen Vorgaben durch die Enquete-Kommission ergeben sich in den drei Wirtschaftsbereichen in den Pfaden 1 und 2 ein „mittlerer Strukturwandel" und in den Pfaden 3 und 4 ein „starker Strukturwandel".

- „– Mittlerer Strukturwandel, d.h. die Grundstoffproduktion wächst halb so stark wie die übrige Industrie, und der Dienstleistungsbereich wächst gegenüber dem Bruttosozialprodukt um 10 % überproportional.
- Starker Strukturwandel, d.h. die Grundstoffproduktion wächst nicht mehr weiter an, die übrige Industrie wächst wie das Bruttosozialprodukt, und der Dienstleistungsbereich wächst demgegenüber um 20 % überproportional" ([1], S. 35).

Aufgrund dieser Angaben entwickelt sich folgender Anteil der Grundstoffindustrie am Bruttosozialprodukt (Tab. II.9):

Jahr Pfad	1978–1980	2000	2030
Pfad 1	12,0	9,1	8,1
Pfad 2	12,0	10,1	8,9
Pfad 3	12,0	8,1	5,9
Pfad 4	12,0	8,1	5,9

Tabelle II.9: Anteil der Grundstoffindustrie am BSP in 1978–1980, 2000 und 2030 nach Enquete-Kommission (in %)

In Einklang mit den Theorien der empirischen Wirtschaftsforschung stellt sich in Pfad 1 bei höherem Wirtschaftswachstum ein stärkerer Strukturwandel ein als in Pfad 2. Der starke Strukturwandel der Pfade 3 und 4 bei gleichem Wirtschaftswachstum wie in Pfad 2 ist bei weitgehend eigenständiger Entwicklung der Wirtschaft nicht zu erwarten, sondern nur durch „gezielte Maßnahmen zur Strukturförderung in diese Richtung beeinflussbar" ([1], S. 109).

Da in allen Pfaden die energieintensive Grundstoffindustrie wesentlich schwächer wächst als das Bruttosozialprodukt, geht vom Strukturwandel in allen Pfaden eine starke Dämpfung des Endenergieverbrauchs (bis max. 35 % in 2030) aus.

Entgegen den Ausführungen im Bericht der Enquete-Kommission wird in Pfad 1 der Endenergiebedarf am stärksten als Folge der Strukturveränderung gedämpft, der geringste Einfluß wird in Pfad 2 wirksam. Die Ursache des starken Unterschieds für die Pfade 1 und 2 liegt im höheren Wirtschaftswachstum des Pfades 1. Die Tabelle II.10 zeigt jeweils für 2000 und 2030 in der Spalte AS (Alte Struktur) den Endenergieverbrauch, wie er sich ohne Strukturveränderung und ohne Energieeinsparung für die einzelnen Pfade ergeben hätte, und in der Spalte NS (Neue Struktur) den Endenergieverbrauch ohne Energieeinsparung, aber mit Berücksichtigung der Strukturveränderung.

Jahr Pfad	2000		2030		2000	2030
	AS (Mio t SKE)	NS (Mio t SKE)	AS (Mio t SKE)	NS (Mio t SKE)	Verbrauchsminderung d. Strukturwandel (in %)	
Pfad 1	541,1	407,9	815,6	526,6	24,6	35,4
Pfad 2	411,8	364,1	570,0	443,3	11,7	22,2
Pfad 3	412,9	351,8	569,2	415,7	14,8	26,9
Pfad 4	412,9	351,8	569,2	415,7	14,8	26,9

AS = Alte Struktur, NS = Neue Struktur

Tabelle II.10: Endenergieverbrauch ohne und mit Strukturveränderung (in Mio t SKE) und prozentuale Endenergieverbrauchsminderung durch Strukturwandel (ohne Energieeinsparung) in 2000 und 2030 nach Enquete-Kommission

Die Verbrauchsminderung als Folge des Strukturwandels ist beim höheren Wirtschaftswachstum des Pfades 1 besonders deutlich (289 Mio t SKE im Jahre 2030). Die Wirkung der Strukturentwicklung auf den Endenergieverbrauch läßt sich für die Pfade 3/4 und Pfad 2 besonders gut vergleichen, da sich dort der unterschiedliche Strukturwandel bei gleichem Wirtschaftswachstum vollzieht.

Zwischen „mittlerem“ Strukturwandel des Pfades 2 und „starkem“ Strukturwandel der Pfade 3/4 resultiert eine Differenz der Verbrauchsminderung von etwa 12 Mio t SKE im Jahr 2000 und etwa 28 Mio t SKE im Jahr 2030. Dieses zeigt deutlich, daß die Wirtschaftsstruktur für die großen Unterschiede des Endenergieverbrauchs in diesen Pfaden nicht verantwortlich ist.

### Annahmen zur Verknüpfung von Bruttosozialprodukt und Energieverbrauch

Das Niveau der wirtschaftlichen Aktivitäten beeinflußt wesentlich die Nachfrage nach Energie. Diese unbestrittene Tatsache findet Eingang in die Rechnungen der Enquete-Kommission, indem sie unterstellt, daß sich in den drei unterschiedenen Wirtschaftsbereichen der Bedarf von Energiedienstleistungen proportional zur wirtschaftlichen Aktivität entwickelt. Allerdings nimmt die Enquete-Kommission diesen Zusammenhang nur für die ihrer Meinung nach produktionsabhängige Nutzung von Energie an, und zwar wächst bei den Kleinverbrauchern der Energiedienstleistungsbedarf von Prozeßwärme, Licht und Kraft wie der Beitrag der restlichen Wirtschaftsbereiche zum Bruttosozialprodukt, im Verkehrssektor nimmt der gewerbliche Verkehr wie das Bruttosozialprodukt zu, und in der Industrie wachsen der Licht-, Kraft- und Prozeßwärmebedarf ebenfalls wie das Bruttosozialprodukt, während sich der Prozeßwärmebedarf der Grundstoffindustrie und der elektrische Prozeßwärmebedarf wie die Grundstoffindustrie entwickeln.

Für die komfortabhängige Nachfrage nach Energiedienstleistung, Raumwärme in Haushalt, Kleinverbrauch und Industrie, Licht, Kraft und Prozeßwärme im Haushaltssektor und die Verkehrsleistung der privaten PKW wird unabhängig von der wirtschaftlichen Entwicklung, von der Energieverfügbarkeit oder Intensität des Energiesparens für alle Pfade die gleiche Steigerung angenommen.

Tabelle II.11 weist die Steigerungsfaktoren der Energienachfrage nach Sektoren und Nutzungsarten aus. Die BSP-abhängigen Faktoren sind mit x gekennzeichnet. Aus dem Ausgangswert des Endenergieverbrauchs (Basisjahr 1980) und dem Steigerungsfaktor ergibt sich formal der fiktive Wert für den Endenergieverbrauch ohne Energieeinsparung.

Bei der von der Enquete-Kommission unterstellten Art der Verknüpfung von wirtschaftlicher Aktivität und Energieverbrauch werden 47 % der Energienutzung des Basisjahres 1980 von der wirtschaftlichen Entwicklung direkt beeinflusst. Der größere Anteil der Energienutzung entwickelt sich unabhängig vom Wirtschaftswachstum für alle Pfade nach gleichen exogenen Vorgaben. Losgelöst vom Formalismus des Modells bedeutet dies inhaltlich, daß die Komfortsteigerung in den privaten Haushalten, bei der Raumwärme von Industrie und Kleinverbrauchern und der privaten PKW-Nutzung sich völlig unbeeinflusst von der wirtschaftlichen Situation nach in allen Pfaden gleichen Steigerungsraten vollzieht.

Sektoren	Nutzungsarten	EEV Mio t SKE 1980	Steigerungsfaktoren								BSP abhängig?
			Pfad 1		Pfad 2		Pfad 3		Pfad 4		
			2000	2030	2000	2030	2000	2030	2000	2030	
Haushalte	Licht u. Kraft	3,3	2,2	3,0	2,2	3,0	2,2	3,0	2,2	3,0	
	Prozeßwärme	14,0	1,4	1,7	1,4	1,7	1,4	1,7	1,4	1,7	
	Raumwärme <sup>EFH</sup>	32,6	1,25	1,4	1,25	1,4	1,25	1,4	1,25	1,4	
	MFH	21,7									
	Σ	71,6									
Kleinverbr.	Licht u. Kraft	3,8	2,034	3,116	1,524	2,147	1,576	2,248	1,576	2,248	x
	Prozeßwärme	11,2	2,034	3,116	1,524	2,147	1,576	2,248	1,576	2,248	x
	Raumwärme	38,9	1,25	1,4	1,25	1,4	1,25	1,4	1,25	1,4	
	Σ	53,9									
Verkehr	Privat	36,4	1,15	1,25	1,15	1,25	1,15	1,25	1,15	1,25	
	Gewerbl.	21,8	1,94	2,923	1,476	2,043	1,476	2,043	1,476	2,043	x
	Σ	58,2									
Industrie	Licht u. Kraft	14,0	1,94	2,923	1,476	2,043	1,476	2,043	1,476	2,043	x
	Raumwärme	11,2	1,15	1,25	1,15	1,25	1,15	1,25	1,15	1,25	
	Prozeßwärme Grundstoff	50,7	1,47	1,962	1,238	1,522	1,0	1,0	1,0	1,0	x
	Prozeßwärme übrige Ind.	14,5	1,94	2,923	1,476	2,043	1,476	2,043	1,476	2,043	x
	Prozeßwärme elektrisch	4,8	1,47	1,962	1,238	1,522	1,0	1,0	1,0	1,0	x
Σ	95,2										

EEV = Endenergieverbrauch

EFH = Einfamilienhaus

BSP = Bruttosozialprodukt

MFH = Mehrfamilienhaus

Tabelle II.11: Steigerungsfaktoren der Energienachfrage nach Sektoren und Nutzungsarten in den Pfaden der Enquete-Kommission (Bundestagsdrucksache 8/2628 – Band 1)

Zentrale Bedeutung erhält die Aufteilung in bruttosozialproduktabhängige und -unabhängige Nachfrage nach Energie durch die Vorgehensweise in Pfad 2. Dort wird bei vorgegebenen Werten für die Primärenergieträgerverfügbarkeit, der Festlegung von mittlerem Strukturwandel und starkem Energieeinsparen auf der Nachfrageseite das maximal erreichbare Wirtschaftswachstum bei optimalem Einsatz der Primärenergieträger in Umwandlungstechnologien (Maximierung der Energieeffizienz) errechnet.



In diesem Punkt wird die Aussagefähigkeit des Modellformalismus bei weitem überschritten. Das Modell enthält nicht einmal ansatzweise die Abbildung gesicherter volkswirtschaftlicher Theorien und Hypothesen für eine derartige Fragestellung und ist daher nicht geeignet, gesicherte Aussagen zu einem unter bestimmten Randbedingungen erzielbaren Wirtschaftswachstum zu machen.

Dem Modellformalismus nach wirkt die Energieverfügbarkeit als limitierender Faktor des Wirtschaftswachstums. Substitutionseffekte zwischen Energie und Nichtenergie in den einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft können nicht explizit erfaßt werden. Außerdem sind die Resultate bei der gegebenen formalen Struktur der Verknüpfung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch äußerst sensitiv bezüglich der exogenen Vorgaben für die Energieträgerverfügbarkeit. Schon eine Überschlagsrechnung macht dies deutlich: Die Einschätzung der Verfügbarkeit der Primärenergieträger in den einzelnen Pfaden bewegt sich innerhalb einer Spanne von 30 % bis 100 % über dem Minimalwert, der für Pfad 2 angenommen wurde. Diese weite Spanne macht das Ausmaß der Unsicherheit der Abschätzung deutlich. Unterstellt man gegenüber der Annahme in Pfad 2 nur eine Abweichung von 10 % gleichmäßig für alle Energieträger, so stehen 10 % mehr bzw. weniger Primärenergie in den Wirtschaftsbereichen und für die Nutzungsarten zur Verfügung, die 1980 knapp 50 % des Energieverbrauchs ausmachten. Für diese Bereiche, deren wirtschaftliche Aktivität dem Modell nach nur durch Energie limitiert wird, stehen dann 20 % mehr bzw. weniger Energie zur Verfügung. Das Resultat ist schließlich bei Gültigkeit der Beziehungen für den Strukturwandel der Volkswirtschaft und unveränderter Endenergieverbrauchsstrukturen ein um 20 % höheres bzw. niedrigeres Bruttosozialprodukt. Eine detaillierte und genaue Durchrechnung bestätigt die Größenordnung der Sensitivität. Da die Unsicherheit der Vorgaben für die Primärenergieträgerverfügbarkeit 10 % bei weitem übersteigt, wird das Resultat wegen der geringen Stabilität gegenüber der Annahmevariation wenig belastbar.

Man sollte aus diesem Grunde das für den Pfad 2 ermittelte Wirtschaftswachstum nicht als ein maximales Wirtschaftswachstum bei vorgegebenen Randbedingungen verstehen, sondern als exogen vorgegebenen Wert, genau wie in Pfad 1.

### **Annahmen zur Energieeinsparung**

Für die Berechnung des Endenergieverbrauchs setzt die Enquete-Kommission die verbrauchsbestimmenden Parameter im wesentlichen nach eigenen Zielvorstellungen fest. Die Höhe des Endenergieverbrauchs wird formal bestimmt durch die Multiplikation des Ausgangsniveaus (gemessen als Endenergie nach Nutzungsart und Sektor) mit dem Steigerungsfaktor, der sich in einigen Bereichen (vgl. Tabelle II.11) bruttosozialproduktabhängig einstellt und in den anderen nach Plausibilitätsüberlegungen normativ vorgegeben wird und dem Index für den spezifischen Energieeinsatz, in dem die gewünschte Energieeinsparung zum Ausdruck kommt.

Das Maß der Energieeinsparung (s. Tabelle II.12) wird von der Enquete-Kommission für die einzelnen Pfade normativ gesetzt, indem ein als technisch realisierbar und als gewünscht angesehener Standard der Energieeinsparung für das Jahr 2030 als realisiert unterstellt wird, ohne daß die technischen, ökonomischen und sonstigen Bedingungen für die Realisierung dieses Standards im einzelnen angegeben werden. Mit derartigen Annahmen wird das „probeweise Ausleuchten von diskutierten Zukunftsperspektiven“, wie die Enquete-Kommission ihre Pfade sieht, zu einer Zielprojektion, entsprechend den energiepolitischen Vorstellungen der Kommissionsmitglieder.

Bei der Quantifizierung der Einsparungsmöglichkeiten wird jedem Pfad sein spezielles realisierbares Einsparpotential zugeordnet. Bei dieser formalisierten Vorgehensweise ohne angemessene Berücksichtigung der Unsicherheit bleiben wichtige Bestimmungs- und Einflußfaktoren außer acht, die

die Realisierung von Einsparmaßnahmen beeinflussen: Geschwindigkeit und Ausmaß der Markteindringung von neuen Produkten, deren praktisches Betriebsverhalten, die Art und Weise ihres Einsatzes durch den Anwender, die Strukturveränderungen in den Anwendungsbereichen sowie die zukünftige Preisentwicklung für Energieträger und die Kosten energietechnischer Maßnahmen, Anlagen und Geräte.

Sektor	Nutzungsart	Einsparung bis 2030 gegenüber 1980				Endenergieverbrauch 2030 (Mio t SKE)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Haushalte	Licht u. Kraft	0,10	0,20	0,40	0,46	8,9	7,9	5,9	5,4
	Prozeßwärme	0,14	0,13	0,17	0,33	20,5	20,7	19,8	16,0
	Raumwärme EFH	0,27	0,52	0,70	0,71	33,3	21,9	13,7	13,2
	Raumwärme MFH	0,19	0,34	0,54	0,67	24,6	20,1	13,9	10,0
Kleinverbraucher	Licht u. Kraft	0,10	0,20	0,30	0,30	10,7	6,5	6,0	6,0
	Prozeßwärme	0,09	0,06	0,07	0,41	31,8	22,6	23,4	14,9
	Raumwärme	0,19	0,34	0,54	0,80	44,1	35,9	25,1	10,9
Verkehr	Privat	0,25	0,50	0,50	0,60	34,1	22,8	22,8	18,2
	Gewerblich	0,15	0,30	0,30	0,30	54,2	31,2	31,2	29,3
	elektr. Gewerbl.	0,15	0,30	0,30	0,20				
Industrie	Licht u. Kraft	0,10	0,20	0,33	0,33	36,8	22,9	19,2	19,2
	Raumwärme	0,10	0,20	0,40	0,40	12,6	11,2	8,4	8,4
	Prozeßwärme i. d. Grundstoffind.	0,10	0,20	0,33	0,33	89,5	61,7	34,0	34,0
	Prozeßwärme übrige Ind.	0,10	0,20	0,33	0,33	38,2	23,7	19,9	19,9
	Prozeßwärme elektrisch	—	—	—	0,33	9,4	7,3	4,8	3,22

EFH = Einfamilienhaus

MFH = Mehrfamilienhaus

Tabelle II.12: Vergleich der Einsparraten und des daraus resultierenden Endenergieverbrauchs in den Pfaden der Enquete-Kommission

Die jeweils als realisierbar unterstellte Energieeinsparung ist der wichtigste Bestimmungsfaktor für die Endenergieverbrauchsdifferenzen in den einzelnen Pfaden. In Tabelle II.13 sind die Daten für den Endenergieverbrauch dargestellt. In der Spalte „NS“ werden die Unterschiede als Folge des Strukturwandels ohne Energieeinsparung deutlich und in der Spalte „EEV“ die Unterschiede des Endenergieverbrauchs mit Strukturwandel und Energieeinsparung.

Diese Darstellung zeigt die Wirkung des Strukturwandels und der Energieeinsparung auf den Endenergieverbrauch. Die große Differenz zwischen Pfad 1 und Pfad 2 resultiert aus dem höheren Wirtschaftswachstum in Pfad 1. Der stärkere Strukturwandel in den Pfaden 3 und 4 sorgt nur für einen relativ wenig niedrigeren Endenergieverbrauch. Entscheidend für die große Differenz im errechneten Endenergieverbrauch ist das Maß der unterstellten Energieeinsparung.

	durchschnittliche Wachstumsraten (%/a)		AS (Mio t SKE)	Struktur- wandel	NS (Mio t SKE)	Ein- sparung	EEV (Mio t SKE)
	1980-2000	2000-2030					
Pfad 1	3,3	1,4	815	(35 %)	526	(15 %)	446
Pfad 2	2,0	1,1	570	(22 %)	443	(28 %)	317
Pfad 3	2,0	1,1	570	(27 %)	416	(40 %)	250
Pfad 4	2,0	1,1	570	(27 %)	416	(49 %)	210

AS = Alte Struktur  
NS = Neue Struktur  
EEV = Endenergieverbrauch

Tabelle II.13: Wirkungen unterschiedlicher gesamtwirtschaftlicher Wachstumsraten, Strukturänderungen und Energieeinsparungen auf den Endenergieverbrauch bis 2030 nach Enquete-Kommission

### Einfluß der Optimierung auf den Endenergieverbrauch nach Struktur und Höhe

Die Höhe des Endenergieverbrauchs nach Nutzungsart und Sektor ist vollständig durch exogene Annahmen zur Verknüpfung der Bestimmungsfaktoren, wie Bruttosozialprodukt etc., zum Strukturwandel der Wirtschaft und zur Energieeinsparung bestimmt. Freiheitsgrade zur Optimierung existieren hier nicht.

Die Struktur des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern ist nicht vollständig determiniert, sie ist innerhalb enger Grenzen entsprechend dem jeweiligen Optimierkriterium variabel. Bei der Deckung des Raumwärmebedarfs sind die Marktanteile der eingesetzten Technologien für jeden Pfad fest vorgegeben, und zwar die Anteile der Fernwärmesysteme, der Sonnenkollektoren zur direkten Sonnennutzung, der elektrischen und verbrennungsmotorgetriebenen Wärmepumpen und der konventionellen Heizungsanlagen.

Für die Optimierung ist lediglich die Frage offen, inwieweit für konventionelle Heizungsanlagen und bivalente Wärmepumpen Öl und Gas konventionell bereitgestellt oder alternativ Produkte veredelter Kohle bzw. Strom (nur in Pfad 1 und Varianten zu Pfad 2 und Pfad 3) eingesetzt werden. Ebenso gering ist der Spielraum des Modells bei der Prozeßwärmebereitstellung von Haushalt und Kleinverbrauchern.

Die Struktur des Endenergieverbrauchs zur Bereitstellung von Prozeßwärme in der Industrie wird durch Optimierkriterien und Randbedingungen bestimmt. Vier Technologien mit den Endenergieträgern Kohle, „Öl und Gas“, Strom und Wasserstoff stehen in Konkurrenz.

Im Verkehrssektor werden Treibstoffe konventionell auf „Öl und Gas“-Basis oder durch regenerative Energieträger bereitgestellt. Treibstoffe, die aus regenerativen Energieträgern gewonnen werden, werden endenergieseitig als Regenerative bilanziert. Der Einsatz der regenerativen Treibstoffe kommt allein aufgrund der exogenen Vorgabe der Verfügbarkeit für regenerative Primärenergie in Lösung. Optimierkriterien bleiben ohne Einfluß.

Die Struktur des Endenergieverbrauchs wird von relevanten Optimierkriterien (Minimierung des „Öl und Gas“-Einsatzes, Minimierung des Primärenergieeinsatzes) nicht entscheidend beeinflusst. Die Randbedingungen zur Verfügbarkeit von Energieträgern und Energietechnologien sind wesentlich stärker ergebnisbestimmend.

## Einfluß der Optimierung auf die Allokation der Technologien

Ergebnisbestimmend für die Kombination der verwendeten Technologien sind im Rahmen der berücksichtigten Technologien die Vorgaben für die Verfügbarkeit der Primärenergieträger und die Randbedingungen, die den Einsatz einer Technologie zulassen, ausschließen, vorgeben oder begrenzen.

Energieträger		Jahr	2000		2030	
			Ref.	Max.	Ref.	Max.
Kohle	(Mio t SKE)		145	175	160	210
Öl + Gas	(Mio t SKE)		190	250	130	250
Regenerative	(Mio t SKE)		40	50	50	(70), 100
Natururan <sup>1)</sup>	(10 <sup>3</sup> t)				250	500

<sup>1)</sup> kumuliert bis zum Jahre 2030

Ref. = Referenzwert

Max. = Maximalwert

Tabelle II.14: Verfügbarkeit der Primärenergieträger in 2000 und 2030 nach Enquete-Kommission

Tabelle II.14 zeigt das Spektrum der inländischen Verfügbarkeit der betrachteten Primärenergieträgeraggregate zwischen dem Minimalwert (Referenzwert) und dem Maximalwert.

Bei der Berechnung der Pfade wurde jeweils die Verfügbarkeit der vier Primärenergieträger entsprechend der Charakteristik des jeweiligen Pfades vorgegeben.

Energieträger	Pfad	Pfad 1		Pfad 2		Pfad 3		Pfad 4	
		2000	2030	2000	2030	2000	2030	2000	2030
Öl + Gas		100 % Max.		100 % Ref.		100 % Ref.		91 % Ref.	89 % Ref.
Kohle		100 % Max.		100 % Ref.		100 % Ref.		86 % Ref.	50 % Ref.
Regenerative		100 % Ref.		100 % Ref.		100 % Ref.	100 % (Max.)	100 % Max.	
Kernenergie				100 % Ref.		—		—	

Ref. = Referenzwert

Max. = Maximalwert

Tabelle II.15: Ausschöpfung der Vorgaben für die Obergrenzen der Primärenergieträgerverfügbarkeit in 2000 und 2030 nach Enquete-Kommission

Tabelle II.15 zeigt die Ausschöpfung der vorgegebenen Obergrenzen in den einzelnen Pfaden. Die Kennzeichnung Max. bzw. Ref. zeigt die Höhe der Vorgabe entsprechend Tabelle II.14 und die Angabe in % kennzeichnet das Maß der Ausschöpfung der Vorgabe.

Das Optimierkriterium „Minimierung des Primärenergieverbrauchs“ ermöglicht meist keine Entscheidung über die Kombination der verwendeten Technologien, da die konkurrierenden Technolo-

gien in den meisten Fällen durch den gleichen Wirkungsgrad charakterisiert sind. Nur die Technologien zur Kohleveredelung weisen einen deutlich schlechteren Wirkungsgrad auf und die Kraft-Wärme-Kopplung einen deutlich besseren Wirkungsgrad als die direkt konkurrierenden Technologien mit Einheitswirkungsgrad. Entschieden wird über die Verwendung einer Technologie allein danach, ob sie zugelassen ist (z.B. Kernenergie) und ob Primärenergie für diese Technologie verfügbar ist.

Das Beispiel der regenerativen Energieträger macht deutlich, zu welchen Ergebnissen die starre Anwendung des gewählten Modellformalismus führt. Für das Jahr 2000 besteht in den Pfaden 1/2/3 primärenergieseitig die gleiche Verfügbarkeit regenerativer Energieträger von maximal 40 Mio t SKE. Der Einsatz zur Stromerzeugung (10 Mio t SKE für alle drei Pfade) ist fest vorgegeben. Die Nutzung regenerativer Energieträger zur Bereitstellung niedertemperaturiger Wärme ist im Umwandlungssektor nicht veränderbar. Primärenergieseitig als Mineralölsubstitution bewertet werden so 4,5 Mio t SKE in Pfad 1; 7,2 Mio t SKE in Pfad 2 und 10,4 Mio t SKE in Pfad 3 eingesetzt. Für eine andere Nutzung verbleiben dann vom vorgegebenen Potential noch 25,5 Mio t SKE in Pfad 1; 22,8 Mio t SKE in Pfad 2 und 19,6 Mio t SKE in Pfad 3. Der Modellformalismus bietet hier nur die Möglichkeit der Umwandlung in Treibstoffe. Da der Wirkungsgrad, mit dem Biomasse umgewandelt wird, nicht entsprechend dem Energieinhalt der Ausgangsmaterialien gebildet ist, sondern dem hohen Wirkungsgrad der Raffinerien formal gleichgesetzt ist, kommt diese Technologie sowohl unter Primärenergieverbrauchsminimierung als auch „Öl und Gas“-Verbrauchsminimierung in Lösung. So stehen 23,7 Mio t SKE in Pfad 1; 21,2 Mio t SKE in Pfad 2 und 18,2 Mio t SKE in Pfad 3 in Form von Treibstoff aus Biomasse im Jahre 2000 als Endenergie zur Verfügung.

In Pfad 4 sind für das Jahr 2000 50 Mio t SKE als Maximalwert der Verfügbarkeit für regenerative Energieträger vorgegeben. Da diese verstärkt zur Stromerzeugung (Windkraftwerke) eingesetzt werden und erheblich mehr Sonnen- und Umgebungsenergie genutzt wird, bleiben für die Erzeugung von Treibstoffen nur 5,4 Mio t SKE Mineralöläquivalent an Biomasse, mit dem 5,0 Mio t SKE Treibstoffe hergestellt werden.

In diesem Punkt hat das Modell die formale Konsistenz gesichert; die inhaltliche Logik der Resultate ist aber nicht gegeben. Denn der Modellformalismus führt dazu, daß sich bei steigender Nutzung der Sonnen- und Umgebungsenergie durch Wärmepumpen und Solarkollektoren das Potential der Biomasse für Treibstoffe verringert.

Eine Korrektur der Resultate für die Pfade 1/2/3 bedeutet eine erhebliche Erhöhung des notwendigen Mineralöleinsatzes. Bei vorgegebenen Grenzen der inländischen Verfügbarkeit hätte das eine wesentliche Umstrukturierung des Primärenergieeinsatzes zur Folge.

## 7.2 Szenario „Fortschreibung“ des Öko-Instituts

Im März 1980 stellte das Öko-Institut, Freiburg, der Öffentlichkeit unter dem Titel „Energie-Wende, Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran“ einen Alternativ-Bericht zur Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland vor.

Das zentrale Ziel dieser Energiestudie ist es, aufzuzeigen, daß die Bundesrepublik Deutschland ohne den Einsatz von Kernenergie und langfristig, d.h. im Jahre 2030, ohne Erdöl auskommt, und trotzdem wirtschaftliches Wachstum möglich ist. In diesem Zusammenhang ist es ein weiteres Hauptanliegen der Studie, eine neue obere Grenze des Energiebedarfswertes zu bestimmen, um „... auch für die konventionellen wachstumseuphorischen Zukunftsprognosen den Energiebedarfswert anzugeben, der **höchstens** befriedigt werden **muß**, um selbst deren Verwirklichung von der Energieversorgung her möglich zu machen“ ([3], S. 10).

Die wesentlichen Ergebnisse des Szenarios „Fortschreibung“ sind,

- daß wir selbst bei starkem Wachstum von Wirtschaft und Wohlstand mit weit weniger Energie auskommen könnten als heute und
- daß hierfür nur der Einsatz bereits heute vorhandener Techniken der besseren Energienutzung erforderlich ist.

Auf eine Analyse der Varianten „Kohle und Gas“ bzw. „Sonne und Kohle“ wurde im Rahmen dieses Gutachtens verzichtet, da sie methodisch und vom Datenkranz wie bereits ausgeführt, nicht vom Szenario „Fortschreibung“ abweichen, sondern lediglich den Energiebedarf mittels anderer Energiequellen bereitstellen. Im übrigen sei auf die Stellungnahme von K. Schmitz und A. Voß [24] verwiesen.

### Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung

Im Vergleich zu herkömmlichen detailliert und sektoral angelegten Analysen zur Energieentwicklung ist bei der „Energiewende“ des Öko-Instituts der Einfluß der Bevölkerungsentwicklung auf den Energieverbrauch besonders gravierend, da auch die Wirtschaftsentwicklung direkt mit den Bevölkerungszahlen gekoppelt ist. Von daher kommt den Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung gerade in dieser Prognose eine überragende Rolle bei der Bestimmung des Energieverbrauchs zu und sollte entsprechend fundiert sein.

Nach eigener Aussage geht das Öko-Institut „...von einer relativ optimistischen Modellrechnung des statistischen Bundesamtes aus“ ([3], S. 57) und erweckt so den Eindruck einer abgesicherten, wissenschaftlich fundierten Vorgehensweise.

Bei der durch das Öko-Institut berücksichtigten Zahlenreihe (Tab. II.16) handelt es sich um Modell a der Antwort der Bundesregierung im Rahmen einer kleinen Anfrage (Drucksache 8/680). Die dort berechneten Bevölkerungszahlen beruhen nicht auf einer Analyse, sondern wurden über die Nettoproduktionsraten **exogen** durch die kleine Anfrage vorgegeben. Die Modellrechnungen weisen im Jahre 2030 eine Bandbreite von 32,2 Mio Einwohnern aus.

Das statistische Bundesamt betont aufgrund des vorgenannten Sachverhalts, daß es sich bei Bevölkerungsrechnungen, die über einen Zeithorizont von 10–15 Jahren hinausgehen, nicht mehr um Bevölkerungsvorausschätzungen handelt, sondern um Modellrechnungen auf Basis mehr oder minder willkürlicher Annahmen.

Jahr	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Bevölkerung <sup>1)</sup> in Mio	62,0	60,5	59,0	57,0	53,7	49,7	45,3

<sup>1)</sup> inkl. ca. 5 Mio Ausländer

Tabelle II.16: Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahre 2030 nach Öko-Institut (in Mio Einwohner)

Neben der absoluten Bevölkerungszahl ist die Altersgliederung einer Bevölkerung für die Energienachfrage von besonderer Bedeutung, da nicht jeder Personenkreis in gleichem Maße Energie nachfragt. Das Öko-Institut verzichtet hier auf eine Detailanalyse und unterstellt vereinfachend bestimmte Entwicklungen, wie z.B. über die Zahl der Personen pro Haushalt ([4], S. 2-3).

Durch die größtenteils lineare Verknüpfung von Bevölkerungsentwicklung in der „Energiewende“ des Öko-Instituts reagieren die Ergebnisse äußerst sensitiv auf die Bevölkerungsannahmen.

## Annahmen zum Wirtschaftswachstum und zur Strukturentwicklung der Volkswirtschaft

Zielsetzung des Szenarios „Fortschreibung“ ist es u.a., die bisherige Entwicklung über die nächsten 50 Jahre fortzuschreiben, um so eine maximale Nachfrage nach Energie zu definieren, obwohl diese Vorgehensweise nach Ansicht der Autoren als Basis für eine langfristige Energiestrategie in hohem Maße unbefriedigend ist.

Die Wachstumsannahmen orientieren sich daher nach eigenen Aussagen an den Prognosen und Untersuchungen der maßgeblichen wirtschaftswissenschaftlichen Institute ([3], S. 25). Gleichzeitig verzichtet das Öko-Institut jedoch auf eine detaillierte Beschreibung des Wachstumsprozesses mit dem Hinweis auf diverse Unzulänglichkeiten von Wirtschaftsmodellen. Übernommen werden in einer „leicht nachvollziehbaren Szenarioskizze“ lediglich prozentuale Steigerungsraten aus den vorgenannten Prognosen, die allerdings nur bis zum Jahre 1995/2000 vorliegen.

Mit diesen Steigerungsraten wächst dann im Trend in der Analyse des Öko-Instituts nicht das absolute Bruttoinlandsprodukt wie in den o.a. Prognosen, sondern vielmehr das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf. Da für die Zeit nach 2000 keine Modellstudien vorliegen, wurde der **Trend** eines sich abflachenden Wachstums pro Kopf auf Basis eigener Vorstellungen fortgeschrieben, was zusammen mit einem beschleunigten Bevölkerungsrückgang zu einem absolut sinkenden Bruttoinlandsprodukt bis zum Jahre 2030 führt (vgl. Tab. II.17).

Jahr	1985	1990	1995	2000	2010	2020	2030
BIP <sup>1)</sup> (Mrd DM)	1131	1327	1508	1636	1791	1829	1753
BIP (%/ a <sup>2)</sup> )	3,9	3,25	2,6	1,64	0,9	0,2	- 0,4
BIP / Kopf <sup>1)</sup> (Mrd DM)	0,0189	0,0225	0,026	0,0287	0,0333	0,0368	0,0387
BIP / Kopf (%/ a <sup>2)</sup> )	4,0	3,5	2,9	2,0	1,5	1,0	0,5

<sup>1)</sup> in Preisen von 1970 in Mrd DM

<sup>2)</sup> prozentuale jährliche Wachstumsrate in den 5 Jahren bis ...

Tabelle II.17: Absolute und prozentuale Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes bzw. Bruttoinlandsproduktes pro Kopf bis 2030 nach Öko-Institut

In einer nachfolgenden Analyse des sekundären Sektors werden disaggregiert die Wachstumsaussichten der einzelnen Branchen diskutiert. Die Produktionswerte der behandelten Branchen werden anschließend aggregiert und als Indexreihe abgebildet. Die Wirtschaftsentwicklung im primären und tertiären Sektor wurde im Szenario nicht im Detail betrachtet, da „das Szenario in erster Linie Aussagen über den zukünftigen Energiebedarf ermöglichen soll“ und diese Sektoren nicht so energieintensiv sind. Eine Konsistenzprüfung auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung war von daher, wie andeutungsweise in Sektor Industrie, nicht möglich. Die Wachstumsannahmen sind somit nicht durch eine Analyse in den Wirtschaftssektoren belegt.

Die Analyse des Öko-Instituts unterscheidet volkswirtschaftlich in sektoralen Strukturwandel und einen Strukturwandel innerhalb der Industrie. Der Trend zur Dienstleistungsgesellschaft wird in Anlehnung an die sog. Dreisektorenhypothese von Fourastié (franz. Nationalökonom) prognostiziert (s. Tab. II.18). Es wird weiter unterstellt, daß eine Struktur Anpassung der stark industrialisierten Bundesrepublik in Richtung tertiärer Sektor an den Durchschnitt der OECD-Länder bereits bis 1990 vollzogen sein wird.

Sektor \ Jahr	Jahr						
	1973	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Primär	3	3	2	2	1	1	1
Sekundär	56	51	47	43	40	37	35
Tertiär	41	46	51	55	59	62	64
Σ	100	100	100	100	100	100	100

Tabelle II.18: Prozentuale Anteile der Wirtschaftssektoren am Bruttoinlandsprodukt 1973–2030 nach Öko-Institut

Da die Daten aufgrund von fehlerhafter Aggregation von Einzeldaten in den Wirtschaftssektoren ([4], S. 4–120, S. 4–27) nicht konsistent sind, ist eine quantitative Analyse der Auswirkungen der Strukturveränderungen auf den Energieverbrauch durch die fehlende Bezugsbasis nicht möglich.

Folgende qualitative Aussagen sind jedoch ableitbar:

- Der Rückgang des Endenergiebedarfs in der verarbeitenden Industrie ist geprägt durch eine deutliche Umstrukturierung innerhalb der Grundstoffindustrie – vor allem der Chemie – zu weniger energieintensiven, hochwertigen Produkten. Damit wächst der strukturbedingte Endenergieverbrauch in der Grundstoffindustrie unterproportional im Vergleich zum gesamten verarbeitenden Gewerbe, obwohl punktuell im Jahr 2030 die Grundstoffindustrie ein höheres Wirtschaftswachstum aufweist als das gesamte verarbeitende Gewerbe.
- Erhebliche Bedeutung für den rückläufigen Energieverbrauch hat der sektorale Strukturwandel bedingt durch den deutlich geringeren spezifischen Energieverbrauch pro Nettoproduktionseinheit im tertiären Sektor. Überproportional verstärkt wird diese Strukturentwicklung durch die hohen Energieeinsparungen im tertiären Sektor.

### Annahmen zur Energieeinsparung

Das Öko-Institut geht von sehr hohen Energieeinsparungen in allen volkswirtschaftlichen Sektoren aus bei schnellen Einführungsrate für energieeinsparende Technologien (s. Tab. II.19). Unter der Handlungsmaxime „Energieeffizienz“ tendieren Annahmen und Ergebnisse in Richtung auf eine Optimalprognose.

Die berücksichtigten Energieeinsparungen beruhen im wesentlichen auf ausgesuchten Annahmen, die wiederum durch ausgewählte Literaturzitate „belegt“ werden. Insbesondere im Bereich des „stromspezifischen“ Energieeinsatzes werden, bedingt durch die Absicht der Studie, den Verzicht auf Kernenergie zu belegen, extreme Einsparungen angesetzt. So dient zum Beispiel eine Literatur-



stelle zum Ausnutzungsgrad beim Betrieb elektrischer Antriebe der Industrie in Großbritannien 1968 dazu, um Annahmen der Fichtner-Studie zu ergänzen und eine 30–50 %ige Energieeinsparung zu belegen ([4], S. 4–52). In anderen Bereichen werden Energieeinsparungen unreflektiert aus internationalen Veröffentlichungen übernommen ([4], S. 3-18). Wenn auch **teilweise** einige der genannten Einsparungen im Einzelfall denkbar sind, die direkte Extrapolation auf die gesamte Volkswirtschaft ist wissenschaftlich nicht vertretbar.

Bereich	Einsparung
Haushalte	68 %
Kleinverbrauch	57 %
Verkehr	48 %
Industrie	30 %

Tabelle II.19: Energieeinsparung im Jahre 2030 gegenüber 1979 nach Öko-Institut (in %)

### Die Preisentwicklung und ihre Wirkungen auf den Energieverbrauch

Quantitative Angaben zur Preisentwicklung sind nicht Bestandteil der Analyse des Öko-Instituts und letztendlich auch nicht beabsichtigt, da im Rahmen der Prognose die Priorität auf der verbesserten Energieeffizienz liegt und der Preismechanismus alleine nicht genügt, um die Energieversorgung an die veränderten Bedingungen anzupassen.

Allerdings stehen im Hintergrund aller Überlegungen steigende Energiepreise. Diese fließen teilweise qualitativ in die Überlegungen ein, ohne jedoch explizit Wirkungen nach sich zu ziehen, da der Preismechanismus durch die Handlungsmaxime „Energieeffizienz“ überlagert wird. Verhaltensänderungen bzw. Komfortverzicht als eine mögliche Reaktion auf steigende Preise wurden im Rahmen der „Wenn-Dann“-Prognose per Definition bei der Ermittlung des Energiebedarfs ausgeschlossen.

Durch die fehlende Berücksichtigung des Preismechanismus sind diverse Aussagen zur wirtschaftlichen Entwicklung und zur wirtschaftlichen Machbarkeit, die Zielbedingungen des entworfenen Szenarios darstellen, analytisch nicht belegbar.

### Gesellschaftssystem, Wert- und Zielstrukturen – Annahmen und ihre Wirkungen auf den Energieverbrauch

Die Prognose des Öko-Instituts beruht auf einem veränderten gesellschaftlichen Wertesystem, das als übergeordnete Leitwerte

- Existenzsicherung,
- Effizienz,
- Handlungsfreiheit,
- Sicherheit,
- Wandlungsfähigkeit,
- sozial-ethische Leitprinzipien, wie Gerechtigkeit,

definiert.

Dieser sehr groben Klassifizierung werden jeweils abgeleitete Gütekriterien untergeordnet. Der Begriff „Existenzsicherung“ wird in bezug auf das vorliegende Thema mit Bereitstellung ausreichender Energie gleichgesetzt, der Wert „Effizienz“ gliedert sich in kostengünstige Energieversorgung unter Einbeziehung der sozialen Kosten, sparsamer Einsatz von gesellschaftlichen und natürlichen Hilfsmitteln, Selbststeuerung wirtschaftlicher Vorgänge und demokratische Willensbildung. Unter „Handlungsfreiheit“ wird Selbstbestimmung des Menschen, demokratische und regionale Autonomie, Selbststeuerung des Marktes und innen- und außenpolitischer Spielraum des Staates verstanden. Unter dem Aspekt „Sicherheit“ werden langfristige Garantien der Versorgung, Unabhängigkeit von politischen und natürlichen Zwängen, soziale Verträglichkeit und geringe Verwundbarkeit subsumiert. „Wandlungsfähigkeit“ bedeutet Flexibilität in der Energieversorgung und Flexibilität gegenüber politischen Bestrebungen innerhalb der Gesellschaft. Der Leitwert „Gerechtigkeit“ umschreibt schließlich das partnerschaftliche Verhältnis zu den Entwicklungsländern, die Verantwortung gegenüber der Umwelt und den nachfolgenden Generationen sowie den sozialen Ausgleich innerhalb der eigenen Gesellschaft.

Zweifelsohne ist hier ein Kriterienkatalog entwickelt worden, der versucht, die politische, gesellschaftliche Dimension der Energieversorgung in ein Werteschema einzubringen.

Aber ebenso wie die Ziele der Wirtschaftspolitik miteinander konkurrieren, existiert auch im Bereich der „übergeordneten“ gesellschaftlichen Zielvorstellungen ein Spannungsfeld zwischen den jeweiligen Zielen. Es gibt nicht **eine** Strategie, die **allen** Zielvorstellungen gerecht wird!

Eine Bewertung der zukünftigen Energieversorgung anhand dieser „übergeordneten“ gesellschaftlichen Kriterien wird wesentlich bestimmt durch die jeweilige subjektive Gewichtung der einzelnen Kriterien. Die Auswirkungen unterschiedlicher Wertvorstellungen, d.h. subjektiver Gewichtung der einzelnen Kriterien auf den Energiebedarf und seine Deckung werden nicht aufgezeigt. Dies ist im Rahmen des Szenarios auch nicht beabsichtigt. Die eigenen Wertvorstellungen sind aber wichtige Bestimmungsfaktoren im Szenario, deren Einfluß allerdings quantitativ nicht faßbar ist.

Die positive Bilanz einer „sanften“ Energieversorgung, die durch das Öko-Institut entwickelt wird, beruht von daher ausschließlich auf **eigenen** Wertvorstellungen, die das Spannungsfeld divergierender Ziele in Richtung auf eine sanfte Energieversorgung auflösen. Unabhängig von der Machbarkeit der vorgeschlagenen sanften Energieversorgung ist das Ergebnis der Analyse somit Resultat **einer** politisch-gesellschaftlichen Grundhaltung und Wertvorstellung. Von daher ist die vorgeschlagene Strategie ein sinnvoller Beitrag zur Energiediskussion, denn er zwingt, herkömmliche Standpunkte zu überdenken. Alle wesentlichen Einflußfaktoren auf den Energieverbrauch werden zielorientiert definiert und verknüpft, so daß das Ergebnis eine Zielprojektion darstellt. Bedenklich wird die Vorgehensweise allerdings überall da, wo der Verzicht auf bestimmte Versorgungsalternativen in letzter Konsequenz nicht belegt werden kann und das eigene Gedankenmodell nicht konsequent durchgehalten wird.

### 7.3 Die Energieprognose der ESSO AG

Das zentrale Ziel der Energieprognose der ESSO AG ist primär, die Grundlage der unternehmerischen, strategischen und operativen Planung zu erarbeiten, und zwar sowohl für die ESSO AG als auch für die EXXON. Sie ist integriert in die internationale Planung der EXXON und ist in der Hauptsache eine Mineralölprognose.

## Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung wird keiner Sensitivitätsrechnung unterzogen. Für das Jahr 2000 werden nach Schätzungen der ESSO AG ca. 55,7 Mio Einwohner in der Bundesrepublik leben. Das zukünftige wirtschaftliche Wachstum wird im Rahmen der ESSO-Prognose entscheidend durch die weiter rückläufige Bevölkerungsentwicklung beeinflusst sein. Auf der Basis einer Analyse der Bevölkerungsstruktur leitet die ESSO AG sowohl direkte Effekte für den Arbeitsmarkt und für die fahrfähige Bevölkerung als auch die damit verbundenen Wirkungen auf den Energieverbrauch ab. Die Sensitivität des Bevölkerungsparameters wird deutlich in der veränderten Bevölkerungseinschätzung in der nachfolgenden Prognose des Jahres 1981. Hier kommt die ESSO AG zu folgender Aussage: „Die Gesamtbevölkerung wird in den nächsten 20 Jahren in etwa stagnieren und nicht, entsprechend früheren Prognosen, absolut zurückgehen. Dadurch ergibt sich relativ zu den bisherigen Erwartungen, ein zusätzliches Nachfragepotential“.

Der Nachteil einer fehlenden Sensitivitätsrechnung wird zumindest teilweise durch die Vorteile einer rollenden Planung kompensiert.

## Annahmen zum Wirtschaftswachstum und zur Strukturentwicklung der Volkswirtschaft

Als Wachstum der Gesamtwirtschaft wird bis 1990 etwa 2,2 % p.a. unterstellt, ab dann bis 2000 etwa 1,7 % p.a.. Pro Kopf der Gesamtbevölkerung bedeuten diese Werte entsprechend + 2,6 % p.a. und + 2,3 % Wachstum p.a.. Ferner wird eine Arbeitslosenzahl von 1 Mio für 1990 und 0,9 Mio für 2000 bei einer Beschäftigtenzahl von 26,3 bzw. 25,0 Mio unterstellt. Der Primärenergieverbrauch wächst mit 1,4 %/a und 0,9 %/a. Für das Verhältnis der Wachstumsraten  $\Delta PEV : \Delta BSP$  errechnet sich im Jahre 1980 der Wert 0,7 und im Jahre 2000 der Wert 0,5. Als positiven Wachstumsimpuls sieht die ESSO AG die notwendigen Investitionen in der Energieversorgung und zur Einsparung von Energie an.

Die Beschäftigungsstruktur wird sich auch zukünftig weiter zu Gunsten des Dienstleistungssektors verlagern, der im Jahre 2000 dann etwa 60 % aller Beschäftigten aufnimmt. Da aber diese Entwicklung mit einer gegenläufigen Tendenz der Produktivität einhergeht, verschieben sich die Anteile auf der Entstehungsseite des Sozialprodukts kaum (Tab. II.20):

Jahr \ Sektor	1980	1990	2000
Primär	2,9	2,7	2,6
Sekundär	50,6	50,6	47,8
Tertiär	46,5	46,7	49,6
$\Sigma$	100	100	100

Tabelle II.20: Anteil der Sektoren am BSP in 1980, 1990 und 2000 nach ESSO AG (in %)

Die Studie geht von einem steigenden Anteil des Dienstleistungssektors aus. Sie geht weiterhin davon aus, daß die Produktivität im tertiären Bereich relativ niedriger sein wird als im sekundären. Beides zusammengenommen führt im Ergebnis zu einem langsameren Wachstum der Gesamtproduktivität. Als weiteres Wachstumshemmnis wird die Steigerung des realen Ölpreises, gefolgt von einer Abschöpfung von Einkommen durch die Ölförderländer, gesehen. Dahinter steht implizit die Annah-

me, daß sowohl die Substitutionselastizität der industriellen Nachfrage als auch die Einkommenselastizität der privaten Nachfrage relativ starr bleiben werden. Im einzelnen werden hierzu keine Detailangaben gemacht.

Der von der ESSO AG definierte „Sensitivity-Case“ betrachtet zwar eine gewisse Nachfragereduktion beim Mineralöl durch staatliche Zwangsmaßnahmen, aber andere Energieträger (außer Gas) bleiben davon unberührt, ebenso wie die Wirtschaftsentwicklung in beiden Fällen sich nicht unterscheidet. Dies scheint aufgrund enger Interdependenzen unwahrscheinlich zu sein.

### Annahmen zur Entwicklung des Kapitalstocks

Kapitalstock und Stand der Technik werden insbesondere auf der Angebotsseite sehr detailliert untersucht. Bei den Anlagen zur Kohleveredelung, die jeweils einzeln sehr ausführlich betrachtet wurden, erwartet die ESSO AG im Jahre 2000 einen Input von etwa 15 Mio t SKE/a. Dabei wird eine Gasausbeute von 5,7 Mio t SKE/a und ein Anfall von 1,4 Mio t SKE/a flüssiger Energieträger prognostiziert. Über Kohlekraftwerke gibt es eine detaillierte Untersuchung zu bestehenden, im Bau befindlichen und bestellten Projekten, die für das Jahr 2000 eine Kapazität an reinen Kohlekraftwerken von 51 GW<sub>e1</sub> und an mit Mischfeuerung zu betreibenden von 15 GW<sub>e1</sub> ausweist.

In der Eisen- und Stahlindustrie nimmt die Rohstahlproduktion von heute 44 Mio t auf 50 Mio t zu. Der Koksersatz zur Eisenherstellung steigt nicht in gleichem Maße, da der spezifische Koksverbrauch um 6 % abnimmt. Die Öleindüsung in den Hochöfen geht gleichzeitig auf ein Viertel des heutigen Wertes zurück.

SOLAR POWER ASSUMPTIONS			
Solar Collectors			
	1985	1990	2000
<b>Contribution of solar power to energy demand kTOE:</b>	80	240	1.150
Systems: DOMESTIC Hot water supply	55.000	150.000	700.000
Swimming pools	22.000	70.000	320.000
COMMERCIAL and INDUSTRIAL	7.000	20.000	100.000
TOTAL No. of existing SYSTEMS	84.000	240.000	1.120.000
WITH SQUARE METERS (in 1000)	1.670	5.000	23.000
Thermal solar energy available GWh	660	2.000	9.300
<b>Number of new installations p. a.</b>			
DOMESTIC Hot water supply	12.600	24.300	90.000
Swimming pools	6.000	12.000	40.000
COMMERCIAL and INDUSTRIAL	2.000	3.500	13.000
TOTAL No. of installations p. a.	20.600	39.800	143.000

- For solar installations a tax credit of 25 % is available as investment subsidy.

- Solar contribution counted on the basis of a 1.000 kWh/m<sup>2</sup> sunshine input on average, i. e. 2,75 kWh/m<sup>2</sup> solar radiation per day.

Tabelle II.21: Potentialabschätzung für Solar-Kollektoren in 1985, 1990 und 2000 nach ESSO AG

Im Bereich der Energienutzung werden u.a. Wärmepumpen und Solarsysteme als neue Technologien mit ausführlichen Potentialabschätzungen analysiert. Die ESSO AG rechnet mit einem Einsparpotential bis 2000 von etwa 18 Mio t SKE bei einem Installationsvolumen von 5 Mio Stück Wärmepumpen und 1,1 Mio Solarkollektoren. Randbedingungen sind dabei 25 % Steuervorteil für Solarkollektoren und eine durchschnittliche Sonneneinstrahlung von 2,75 kWh/m/Tag (Tabelle II.21).

### Annahmen zur Preisentwicklung

Die Preisrelationen zwischen Energie und anderen Einsatzfaktoren wie Kapital und Arbeit werden nicht betrachtet.

Der Rohölpreis wird nach Einschätzung der ESSO AG zwischen 1980 und 1985 real um 5 %/a steigen und von da ab bis 2000 um 1,5 %/a. Dies entspricht einer Gesamtsteigerung um 50 % (Basis Ende 1980). Umgesetzt auf den Produktpreis für Vergaserkraftstoff wird dieser real um 50 % steigen und nominal um 392 % (jeweils Basis 1979). Steinkohle wird durch diese Preiserhöhungen zunehmend wettbewerbsfähig. So werden im Jahr 2000 im Inland 145 Mio t SKE nachgefragt. Davon werden 45 Mio t SKE importiert. Sie kommen in folgenden Bereichen zur Verwendung:

Kraftwerke	60	Mio t SKE
Eisen u. Stahl	22	"
Andere Industrie	12	"
HH u. KV	21	"
Vergasung	10	"
Verflüssigung	2	"
Export	18	"

Die Preise für Konsumgüter werden langfristig mit mindestens 4,5 %/a steigen.

Die Preisrelation Dollar-DM wird sich langfristig zugunsten der DM entwickeln. Für den Außenhandel erwartet die ESSO AG einen jährlichen realen Zuwachs um 5 %, der damit um 1/2 % über dem realen Importzuwachs liegt. Die positive reale Entwicklung spiegelt sich aber nicht in den nominalen Daten wider. Insbesondere die Importpreise für Öl führen in der nächsten Zukunft weiterhin zu Defiziten in der Zahlungsbilanz, die aber im Zeitablauf abgebaut werden können. Erst ab 1990 erwartet die ESSO AG hier einen ausgeglichenen Saldo. Die DM wird aber weiterhin eine attraktive Anlagewährung bleiben, so daß sich der Wechselkurs sukzessive auf 1,55 DM je Dollar verbessern kann.

Das Gas steht im Jahr 2000 in einer 110 %igen Parität zum Rohöl. Setzt man die angegebenen Werte um, so erhält man für Importgas einen Preis von ca. 42 Pf/m<sup>3</sup> im Vergleich zu 25 Pf/m<sup>3</sup> heute.

### Annahmen zu gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen

Grundlegend geht die ESSO AG von einer Stabilität der politischen Lage in der Bundesrepublik Deutschland aus. Die Bundesregierung unterstützt zwar Energieeinsparungen und neue Energietechnologien, sie greift aber nicht mit dirigistischen Beschränkungen auf der Mengenebene des Energiemarktes ein. Es wird versucht, ein erwartetes Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage primär über den Preis zum Ausgleich zu bringen.

Die Einkommenspolitik steht in der Zukunft nach Einschätzung der ESSO AG vor schwierigen Problemen. Durch die mit steigenden Energiepreisen notwendig werdenden Investitionen verschiebt sich zwangsläufig die Ausgabenstruktur zur stärkeren investiven Verwendung des Einkommens. Die Einkommenspolitik kann daher nur die Aufgabe übernehmen, den heutigen Standard zu erhalten.

Aufgrund einer anderen Verwendung des Sozialprodukts wird der private Lebensstandard in dem Sinne sinken, daß ein immer größerer Anteil zur Bezahlung des Rohstoffeinsatzes benötigt wird. Darüber hinaus muß die Produktion von Gütern bezahlt werden, die die Ölabhängigkeit reduzieren helfen und die den Umweltschutz unterstützen können.

Zukünftige Lohnvereinbarungen können im Ergebnis nur noch neutral in ihren Verteilungswirkungen sein, d.h. die Relation der Kapital- und Lohneinkommen nicht verändern. Der durchschnittliche Industriehohn wird mit einer jährlichen Rate von 7 % wachsen.

Bezogen auf einzelne Energieträger ergeben sich ansatzweise folgende energiepolitische Schlußfolgerungen:

- Öl- und Energieeinsparung werden hauptsächlich über den Preis geregelt. Zusätzliche Anreize werden im Haushalts- und Verkehrssektor erwartet.
- Heimische Kohle erhält vorrangige Bedeutung als Primärenergie, insbesondere zur Stromerzeugung.
- Kernenergie wird zur Auffüllung im Grundlastbereich eingesetzt.
- Langfristig ist eine Ausschöpfung der im heutigen Gesetz vorgesehenen Steinkohleimportquoten angenommen.
- Kohlekonversion wird mit öffentlichen Mitteln bei der Erforschung und Markteinführung bezuschußt.
- Umweltschutzziele wurden schon in der Vergangenheit in Deutschland stärker akzentuiert als in umliegenden Ländern. Auch in Zukunft ist zu erwarten, daß mit stärkerem Druck der Umweltschützer in den politischen Raum diesbezügliche Ziele eher internationalen Ursprung haben als auf zwischenstaatlichen Konventionen beruhen.

Die bis hierhin gemachten Annahmen fließen in den „Reference Case“ ein und führen im Vergleich zum „Sensitivity Case“ zu den in Tabelle II.22 ersichtlichen Ergebnissen für den Mineralölabsatz.

Im „Sensitivity Case“ werden hauptsächlich politische Basisannahmen variiert. Die Gruppen, die heute schon für eine starke Forcierung der Energieeinsparung eintreten, erhalten ab 1985 Gewicht und können Ziele durchsetzen, die den Ölverbrauch um 13 % unter den „Reference Case“ drücken sollen.

Als Maßnahmen werden unterstellt:

- Geschwindigkeitsbeschränkungen
- Raumtemperaturbegrenzungen
- Mineralölsteuererhöhung
- Weitere politische Anreize und Unterstützung der Diversifikation

Energie- träger	Jahr	(Mio t SKE)			
	1979	Ref. Case		Sens. Case	
		1990	2000	1990	2000
Naphtha	16	18	18	16	16
Vergaserkraftstoffe	34	34	28	28	22
Diesel	19	22	22	19	19
Heizöl	73	57	39	50	35
Schw. Heizöl	31	18	13	14	10
Andere	32	37	39	39	35
Gesamt	205	186	159	166	137
Mineralöl					

Tabelle II.22: Mineralölabsatz 1979, 1990 und 2000 nach ESSO AG (in Mio t SKE)

Die genannten Annahmen zu gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen finden u.a. in folgenden Ergebnissen ihren Niederschlag:

Vergaserkraftstoffe werden ab 1985 um 8 % weniger verbraucht. Der Anteil der Diesel-PKW's steigt auf 15 % bis zum Jahre 2000. Die Raumtemperatur wird um 2° Celsius zurückgenommen. Energieintensive Industrien erleiden Nachfrageausfälle. Daraus folgt eine Reduktion der Nachfrage nach schwerem Heizöl.

Die sonstigen Ergebnisse und Randbedingungen des „Reference Case“ werden nicht tangiert. Dies wird damit begründet, daß die Notwendigkeit und die Chancen eines Strukturwandels und der Innovation im „Sensitivity Case“ relativ größer sind und negative Effekte überkompensieren können.

Im Zusammenhang aller genannten Annahmen in den jeweiligen Teilstudien für die Energieträger kommt die ESSO AG zu dem Ergebnis, daß der Endenergieverbrauch von heute 270 Mio t SKE auf 303 Mio t SKE im Jahre 2000 steigen wird. Als Zahlen für den Primärenergieverbrauch werden angegeben: 1979: 408 Mio t SKE, 2000: 520 Mio t SKE.

#### 7.4 Wesentliche Annahmen der BP-Studie und deren Wirkungen auf den Energieverbrauch

Wir beziehen uns auf die Werte des Planungszyklus '80. In die neueste BP-Veröffentlichung sind Werte des Planungszyklus '81 eingegangen, die ergänzend hinzugezogen werden. Der Bezug hierauf ist jeweils aus dem bis 2010 erweiterten Betrachtungshorizont ersichtlich. Daten des Planungszyklus '80 erstrecken sich bis zum Jahr 2000.

## Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung

Die Höhe und Struktur der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland wird in der BP-Prognose als eine Linie exogen vorgegeben. Die Gesamtbevölkerung geht bis zum Jahre 2000 auf 57 Mio zurück. Die fahrfähige Bevölkerung wird im Hintergrundmaterial bis 1990 mit einer Zunahme auf 38,6 Mio angegeben. Diese Angabe wurde aus Zahlen des statistischen Bundesamtes übernommen.

Die Bevölkerungsstruktur hat sowohl für den Sektor Haushalte (Wohnbevölkerung) als auch für den Verkehrssektor (fahrfähige Bevölkerung) eine wesentliche Bedeutung. Auf die Energienachfrage der Industrie wirkt sie nur indirekt (Erwerbspersonen, Konsumentenzahl).

Da deutlich mehr als die Hälfte des Absatzes von Mineralölprodukten an die Sektoren Haushalte und Verkehr geliefert wird, sollte die Abschätzung der Bevölkerungsentwicklung in zukünftigen Prognosen größere Beachtung finden.

## Annahmen zum Wirtschaftswachstum und zur Strukturentwicklung der Volkswirtschaft

Die Wirtschaftsentwicklung ist als Wachstumsrate des Bruttosozialprodukts ein exogener Szenario-parameter (Tabelle II.23):

Jahr \ Case	1977-1980	1981-1985	1986-1990	1991-2000
Ordered	3,5 %	2,7 %	2,5 %	2,2 %
Discont.	3,5 %	1,8 %	1,7 %	1,0 %

Tabelle II.23: Entwicklung der jährlichen prozentualen Wachstumsraten des BSP von 1977–2000 nach BP AG

Der gesamte Primärenergieverbrauch (PEV) wird über einen Elastizitätskoeffizienten, der das Verhältnis der Wachstumsraten  $\Delta \text{PEV} : \Delta \text{BSP}$  zueinander in Beziehung setzt, ebenfalls – zumindest im ersten Bearbeitungsschritt – exogen vorgegeben (Tab. II.24):

Jahr \ Case	1977-1980	1981-1985	1986-1990	1991-2000
Ordered Sc.				
Elast.-Koeff.	0,90	0,75	0,65	0,50
$\Delta \text{PEV} / a$	3,2 %	2,1 %	1,6 %	1,1 %
Discont. Sc.				
Elast.-Koeff.	0,9	0,75	0,70	0,55
$\Delta \text{PEV} / a$	3,2 %	1,4 %	1,2 %	0,6 %

Tabelle II.24: Entwicklung der jährlichen Wachstumsraten des PEV und des Elastizitätskoeffizienten ( $\Delta \text{PEV} : \Delta \text{BSP}$ ) von 1977–2000 nach BP AG



Ein höheres Wirtschaftswachstum geht also mit einer stärkeren Entkopplung der Entwicklungslinien wegen der schnelleren Erneuerungsrate des Kapitalstocks einher.

Für die Entstehungsseite des Sozialprodukts sind in den Unterlagen keine weiteren Daten angegeben; somit sind auch Angaben über die Struktur des Bruttoproduktionsvolumens oder die Nettoproduktionsrate der industriellen Sektoren nicht ersichtlich. Eine Abstimmung der Verteilungs- und Verwendungsseite der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung geht aus den Unterlagen nicht hervor.

Einzelne Sektoren der Grundstoffindustrie sind in der Entwicklung der Endenergienachfrage dargestellt (Steine und Erden, Eisenschaffende Industrie, Chemie, Holz-, Zellstoff-, Papier- und Papperherstellung). Auf der Basis einer angenommenen Mengenentwicklung erarbeitet die BP AG spezifische Energieverbräuche für die Eisenschaffende Industrie.

Die Chemische Industrie wächst im Betrachtungszeitraum überproportional, worauf ihre Anteilserhöhung im Endenergieverbrauch der Industrie von 18 % auf 22,4 % im Jahre 2000 (Planungszyklus '81) und die Zunahme des nichtenergetischen Verbrauchs um 60 % (bis 2010; Planungszyklus '81) hinweisen.

### Annahmen zur Entwicklung des Kapitalstocks und zum Stand der Technik

Der Kapitalstock wird nach Energieträgern differenziert bearbeitet. Einer jeden Einzelstudie schließen sich eine Analyse der Kapazitäten und eine Primärenergiebilanz an. Beide sind aufeinander abgestimmt. Kohleveredlungsanlagen kommen mit einer Kapazität von 12 Mio t SKE bis 2010 für die Vergasung in den Markt. Der Stand der Kohleverflüssigungstechnik wird nicht als ähnlich marktreif betrachtet. Sie wird bis zum Jahre 2000 nur mit etwa 2 Mio t SKE zur Energieversorgung beitragen.

Im Bereich der Elektrizitätswirtschaft erfolgt ein starker Ausbau der Kernkraftwerke. Im Jahre 2000 sollen nach optimistischen Annahmen Kernkraftwerkskapazitäten von 50 GW<sub>el</sub> aufgebaut sein (= 35 % der Stromerzeugungskapazität). Die pessimistische Variante geht von 38 GW<sub>el</sub> (= 30 %) für das Jahr 2000 aus. Die Kraftwerkskapazitäten kohlebefeuerter Anlagen sind szenariounabhängig mit 17 GW<sub>el</sub> für Braunkohle und 50 GW<sub>el</sub> für Steinkohle im Jahre 2000 ausgewiesen.

Wie aus den Annahmen zur Entwicklung des Umwandlungsbereiches ersichtlich ist, rechnet die BP AG mit einem deutlichen Ausbau der Kraftwerkskapazitäten (vgl. Tabelle II.25).

Case \ Jahr	1980	1985	1990	2000
Ordered	25,7 %	26,4 %	27,7 %	30,3 %
Discont.	25,7 %	26,2 %	27,5 %	28,9 %

Tabelle II.25: Anteil des Umwandlungsbereichs (Verbrauch, Verluste, Differenzen) am Primärenergieeinsatz bis 2000 nach BP AG

Der Stand der Technik regenerativer Energiewandlungssysteme wird zurückhaltend beurteilt. Diese Technologien werden bis zum Jahre 2010 nur ein begrenzten Beitrag zur Energiebedarfsdeckung leisten können.

Der Verkehrssektor wird, um die weiteren Marktchancen der Vergaserkraftstoffe auszuleuchten, differenziert behandelt. Das Mineralöl behält seine dominierende Rolle. Im Jahre 2000 werden immer noch 95 % des Endenergieanteils im Verkehrssektor auf Mineralölprodukte entfallen.

Eine Durchsetzung neuer Antriebstechnologien wird für den Verkehrssektor nicht angenommen. Der durchschnittliche Verbrauch (l/100 km) wird weiter reduziert.

Die Struktur des Kraftstoffeinsatzes im PKW-Bereich entwickelt sich wie folgt (Tabelle II.26):

Jahr und Case	1990		2000	
	%		%	
Kraftstoff	Ordered	Discont.	Ordered	Discont.
Benzin	90,0	93,8	87,6	92,2
Methanol				
LPG	7,5	5,0	9,3	5,2
Diesel	2,5	1,2	3,1	2,6
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle II.26: Prozentuale PKW-Anteile nach Kraftstoffarten in 1990 und 2000 nach BP AG

Im Haushaltssektor kommen über den Einsatz der heute schon bekannten Wärmepumpentechnologie hinaus keine neuartigen Systeme in den Markt. Die Anzahl der installierten Wärmepumpen nimmt folgenden Verlauf (Tabelle II.27):

Jahr	1990		2000	
	Ordered	Discont.	Ordered	Discont.
Case				
Mio Stck.	0,3	1,8	1,5	4,0

Tabelle II.27: Wärmepumpeneinsatz im HuK-Sektor in 1990 und 2000 nach BP AG (in Mio Stck.)

### Annahmen zur Preisentwicklung

Die internationalen Preisentwicklungen gibt, wie bereits erwähnt, die BP-London vor. Hier werden zwei konsistente Preisszenarien aufgestellt, bei denen der Preis für einen oder mehrere Energieträger jeweils nach oben von seinem Konkurrenten bzw. vom Preis für alternative Energien begrenzt wird. Beim Rohöl wird ein realer Preis von 40–50 bzw. 60 \$/b im Jahr 2000 angenommen. Diese Einzelinformation ist allerdings nur von beschränkter Aussagekraft. Die Angabe von Preisrelationen hätte größere Bedeutung zur Beurteilung des Substitutionspotentials, insbesondere die Preisrelation zu den Lebenshaltungskosten und den Preisen der Primärinputs der Wirtschaft.

Es ist kein quantitativ formalisierter Zusammenhang zwischen den relativen Preisentwicklungen und der Mengennachfrage hergestellt. Damit besteht zum einen nicht die Möglichkeit, Substitutionen auf aggregiertem Niveau zwischen Arbeits-, Kapitaleinsatz und dem Zwischenprodukt Energie eindeutig

tig abzubilden. Zum anderen ist eine eindeutige Aussage über die „interfuel substitution“ aufgrund veränderter Preisrelationen nicht ableitbar.

### **Gesellschaftssystem, Wert und Zielstrukturen – Annahmen und ihre Wirkung auf Wirtschaftsentwicklung und Energieverbrauch**

Die Basisannahmen des weltweiten Business Environment Survey gehen über den eigentlichen Energiebereich hinaus. Sie liefern den Planungshintergrund und die Szenariophilosophie. In beiden Szenarien „ordered“ und „discontinuous“ wird unterstellt, daß eine Ölversorgungskatastrophe nicht eintritt und die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Strukturen im großen und ganzen stabil bleiben werden. Für die Bundesrepublik Deutschland wird der für beide Szenarien einheitliche Hintergrund um folgende Annahmen ergänzt:

- Bestand des marktwirtschaftlichen Wirtschaftssystems
- Überdurchschnittliche Anpassungsfähigkeit an veränderte Energiemarktsituationen
- Internationale Wettbewerbsfähigkeit
- Hoher Grad an sozialer und wirtschaftlicher Stabilität

Die Unterschiede beider Szenarien schlagen sich im wesentlichen in veränderten Wirtschaftswachstumsraten nieder. Dies wird für das „ordered scenario“ (Ausweitung internationaler Beziehungen – Neue Technologien – Produktivitätszuwächse – flexible und moderate Ölpolitik) mit 3 % p.a. angenommen. Im „discontinuous scenario“ (Weltwirtschaftliche Krisen – Instabilitäten – Protektionismus – Investitionsabstinz) liegen die Wachstumsraten etwa bei 2 % p.a.

Dieser qualitative Szenarienvorspann führt sowohl in den zusammenfassenden Teil als auch in differenzierterer Form in die Einzelstudien ein. So werden z.B. die Annahmen zur Verbrauchsentwicklung im Haushalts- oder Verkehrsbereich durch Interpretation des Überblicks über den Verbrauchssektor gewonnen und in Variablen wie Einsparraten, spezifischen Verbräuchen, Wärmepumpeneinsatz, usw. konkretisiert.

### **Ressourcen – technologische Entwicklung und Energieverfügbarkeit**

Der Einfluß neuer technologischer Entwicklungen, wie z.B. Biotechnologien, Telekommunikation, Industrieroboter, Wirbelschichtfeuerungen, ist nicht verbal behandelt und aus den verfügbaren Daten ebenfalls nicht ersichtlich. Energieressourcen sind dagegen ein Schwerpunkt der Analysen und Prognosen. Annahmen zur Energieverfügbarkeit stehen am Beginn der Szenariendefinition und runden das Szenario am Ende mit einer Primärenergiebilanz – und dem Ausweis eventueller Deckungslücken – ab. Ein direkter oder gar formalisierter Zusammenhang zwischen den Annahmen zur Energieverfügbarkeit und den Energiepreisentwicklungen ist aus den Unterlagen nicht zu ersehen. Im Gasbereich wird ein Bedarf von 95–106 Mio t SKE im Jahre 2000 angenommen, dem ein vertraglich gesichertes Aufkommen von 45 Mio t SKE (35 Mio t SKE Importe) gegenübersteht.

Aus der Kohlevergasung gehen 5 Mio t SKE in die Gasbilanz des Jahres 2000 ein, die die Kohlebilanz belasten.

Die Inlandsförderung der Steinkohle soll 100 Mio t SKE im Jahre 2000 betragen, wobei zusätzlich ein Import von 27 bis 60 Mio t SKE (je nach Szenario) notwendig wird. Das Mineralöl wird in der benötigten Menge von 130 Mio t SKE im Jahr 2010 zur Verfügung stehen, wobei die Importabhängigkeit weiter auf 98 % wachsen wird.

## 7.5 Szenarien „Lethargie“ und „Strukturwandel“ der Deutschen Shell AG

Bei der Energieprognose der Deutschen Shell AG handelt es sich um ein Instrument zur mittel- bis langfristigen Analyse energiewirtschaftlicher Entwicklungslinien. Sie dient als Basis für strategische Entscheidungen des Unternehmens, der Absatz- und Investitionspolitik. Bedingt durch die breite Diversifikation des Unternehmens neben dem Mineralöl (u.a. in den Bereichen Chemie, Erdgas und Kohle) erstreckt sich die Analyse detailliert auf alle Bereiche der Energiewirtschaft. Die Szenarien des Planungszyklus '80 wurden nicht publiziert.

### Bevölkerungsentwicklung und Energieverbrauch

Die Entwicklung der Bevölkerung wird für beide Szenarien durch eine single-line dargestellt (Tab. II.28), da nach Aussagen der Shell AG eine Variation der Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung aufgrund der bestehenden Bevölkerungsstruktur den Energieverbrauch im Planungszeitraum bis zum Jahre 2000 nur unwesentlich beeinflusst. Eine Untermuerung dieser These durch eine Variantenrechnung wäre hilfreich und würde die Akzeptanz dieser Einschätzung stützen.

Jahr	1980	1985	1990	1995	2000
Mio Einwohner	60,8	59,6	58,6	57,4	56,0

Tabelle II.28: Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahre 2000 nach Shell AG (in Mio Einwohner)

### Annahmen zur Preisentwicklung und ihre Wirkung auf die Wirtschaftsentwicklung und Energienachfrage

In die Analyse werden die realen Rohölpreise (Preisbasis 1980), der Preisindex für die Lebenshaltung, der Index der Erzeugerpreise der Investitionsgüterindustrien sowie der Index der Löhne und Gehälter je Beschäftigten im Produzierenden Gewerbe einbezogen. Die der Preisentwicklung unterstellten Annahmen sollen aus unternehmenspolitischen Gründen der Öffentlichkeit nicht zugänglich gemacht werden. Da die Verknüpfung der durch diese Preise beeinflussten Verbrauchsprozesse durch den Planungsstab erfolgt, dessen Entscheidungsfindung jedoch nicht dokumentiert ist, kann die Verknüpfung quantitativ nicht nachvollzogen werden. Die für die Erklärung der Wirkungsmechanismen der Szenarien zentrale Bestimmungsgröße entzieht sich somit einer Bewertung.

Qualitativ läßt sich der Einfluß der steigenden Rohölpreise auf die Wirtschaftsentwicklung im Zusammenspiel mit Rahmenbedingungen (Arbeits- und Weltmarktbedingungen) verfolgen. Real nur geringfügig steigende Rohölpreise und restriktive Rahmenbedingungen führen zur Konservierung herrschender Verhaltensweisen (Szenario „Lethargie“). Das Resultat ist eine gleichbleibende Investitionsbereitschaft und eine leicht rückläufige Entwicklung von Produktion und Wertschöpfung. Erst real bis zur Belastungsgrenze der Verbraucher steigende Rohölpreise und positiv gezeichnete Rahmenbedingungen führen zum Umstrukturierungsprozeß. Der Strukturwandel verläuft jedoch nicht harmonisch, sondern erst nach dem Durchwandern einer Schwächeperiode auf der Basis einer liquiden und investitionsbereiten Wirtschaft und einer sukzessiv auslaufenden Verzichthaltung der Verbraucher (Szenario „Strukturwandel“).

## **Wirtschaftsentwicklung – Bruttosozialprodukt, Strukturentwicklung und Energieverbrauch**

Maßgeblich bestimmend für das Bruttosozialprodukt ist auf der Entstehungsseite die Nettoproduktion des Verarbeitenden Gewerbes (s. Bild II.2, Kap. 5.5). Die Wachstumsaussichten einzelner Sektoren werden unter Beachtung weltwirtschaftlicher Entwicklungen und der die Konkurrenzfähigkeit beeinflussenden Entwicklung der Preise von Kapital, Arbeit und Energie geschätzt.

Die Deutsche Shell AG prognostiziert bis 2000 einen leichten Trend zum Dienstleistungssektor, der sich im Szenario „Strukturwandel“ nach 1990 nicht fortsetzt (s. Tabelle II.29).

Die beiden Szenarien zugeordneten Preisentwicklungen führen zu signifikanten Unterschieden hinsichtlich der Wirtschaftsentwicklung der gesamten Industrie bzw. einzelner Industriesektoren (s. Tabelle II.30). Im Szenario „Lethargie“ quantifizieren die Indexwerte der Sektoren mit Ausnahme der Chemischen Industrie den Stagnationsprozeß der Wirtschaftsentwicklung. Maßgeblich bestimmend für den Umstrukturierungsprozeß im Szenario „Strukturwandel“ sind die Entwicklungen der Chemischen Industrie und des Investitionsgüterbereiches.

Trotz gravierender Unterschiede in der Wirtschaftsentwicklung sowie der Strukturentwicklung der Industrie ergibt sich in beiden Szenarien ein fast gleichhoher Primärenergieverbrauch (s. Tab. II.31).

Ein Vergleich des spezifischen Energieeinsatzes bezogen auf 1000 DM BSP macht stärkere Entkoppelungstendenzen zwischen Wirtschaftswachstum und Primärenergieverbrauch im Szenario „Strukturwandel“ deutlich. Ursache sind höhere Innovationsraten zur Senkung des spezifischen Verbrauchs sowie die Produktion von qualitativ hochwertigen aber weniger energieintensiven Erzeugnissen.

Den absolut steigenden Primärenergieverbräuchen in beiden Szenarien liegen sektoral gegenläufige Tendenzen zugrunde. Bei fallenden Anteilen des gesamten Endenergiebereiches am Primärenergieverbrauch kommt es infolge eines leichten Anstiegs des Nichtenergetischen Verbrauchs sowie einer stärkeren Zunahme des Eigenverbrauchs und der Verluste im Umwandlungsbereich zu insgesamt zunehmenden Primärenergieverbräuchen.

Für diese Entwicklung ist das energiespezifisch ungünstige Wachstum von Steinkohle und Kernenergie (infolge der Äquivalenzberechnung) im Umwandlungsbereich sowie die geringe Zunahme der regenerativen Energieträger, die ähnlich der Wasserkraft als Verbrauch erscheinen, bestimmend. Darüber hinaus impliziert der Pro-Kopf-Endenergieverbrauch eine absolute Zunahme der Energiedienstleistungen.

Die sektorale Endenergieverbrauchsstruktur zeigt bei leichter Zunahme des Verkehrssektors keine gravierenden Änderungen der Strukturanteile, jedoch kommt es hinsichtlich des spezifischen Energieeinsatzes im Vergleich beider Langfristprojektionen zu signifikanten Verschiebungen (s. „Kapitalstock, Stand der Technik und Energieverbrauch“).

## **Kapitalstock, Stand der Technik und Energieverbrauch**

Der Kapitalstock ergibt sich bezüglich des Energieeinsatzes aus den gegenwärtigen und zukünftigen Beständen an Anlagen, Gebäuden, Maschinen, Apparaten, Geräten und Fahrzeugen.

Sektoren	1970		1978		Lethargie				Strukturwandel			
	Mrd DM <sup>1)</sup>	%	Mrd DM <sup>1)</sup>	%	1990		2000		1990		2000	
	Mrd DM <sup>1)</sup>	%	Mrd DM <sup>1)</sup>	%	Mrd DM <sup>1)</sup>	%	Mrd DM <sup>1)</sup>	%	Mrd DM <sup>1)</sup>	%	Mrd DM <sup>1)</sup>	%
1. Grundstoff- industrie	85,5	12,6	100	11,9	127,3	11,5	131,2	11,1	118,8	11,7	151,9	10,7
2. Übrige Industrie	190,8	28,1	228,5	27,1	289,9	26,2	293,0	24,7	249,8	24,5	365,3	25,7
1.+2. Verarbeiten- des Gewerbe	276,3	40,7	328,5	39,1 <sup>2)</sup>	417,2	37,6 <sup>2)</sup>	424,2	35,8	368,6	36,2	517,2	36,3 <sup>2)</sup>
3. Restliche Wirt- schaftsbereiche	402,7	59,3	512,3	60,9	690,8	62,4	761,6	64,2	649,4	63,8	905,8	63,7
Σ 1.-3. Brutto- sozial- produkt	679,0	100	840,8	100	1108	100	1186	100	1018	100	1423	100

<sup>1)</sup> zu Preisen von 1970

<sup>2)</sup> Abweichungen durch Rundung

Tabelle II.29: Absolute und prozentuale Anteile der einzelnen Wirtschaftsbereiche am Brutto-  
sozialprodukt bis 2000 nach Shell AG

	1978 Mrd DM <sup>1)</sup>	INDEX 1978 = 100			
		1990		2000	
		L	SW	L	SW
Verarbeitendes Gewerbe	328,5	127	112,2	129,1	157,4
1. Grundstoffindustrie	100	127,3	118,8	131,2	151,9
1.1 Steine und Erden	10,2	109,8	108,8	106,9	121,6
1.2 Eisenschaff. Industrie	14,0	112,9	125,0	112,9	117,8
1.3 Chemische Industrie	44,3	146,5	128,4	160,0	198,2
1.4 Zellstoffe und Papier	3,6	119,4	97,2	119,4	105,6
1.5 Übrige	28,0	111,1	106,4	104,6	112,1
2. Investitionsgüter	132,9	128,7	112,9	130,4	183,1
3. Verbrauchsgüter	57,1	126,4	98,8	126,4	141,5
4. Nahrungsmittel	38,5	121,0	112,7	123,4	107,0

<sup>1)</sup> in Preisen von 1970

L = Lethargie

SW = Strukturwandel

Tabelle II.30: Wirtschaftsentwicklung der Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes bis 2000 nach Shell AG (Index 1978 = 100)

Jahr	1978	1990		2000	
		L	SW	L	SW
Primärenergie- verbrauch (PEV) (10 <sup>6</sup> t SKE)	389	459,9	431,3	444,1	457,9
BSP real <sup>1)</sup>	840,8	1108	1018	1186	1423
PEV/BSP (kg SKE/1000 DM BSP)	463	410	424	374	321

<sup>1)</sup> in Mrd DM/Preise von 1970

Tabelle II.31: Wirtschaftsentwicklung und Energieverbrauch in den Szenarien „Lethargie (L)“ und „Strukturwandel (SW)“ in 1990 und 2000 der Shell AG

Die zukünftige qualitative Entwicklung des Kapitalstocks wird im wesentlichen von der Wirtschaftsentwicklung und der Investitionsbereitschaft von Staat, Unternehmen und Verbrauchern bestimmt. Die Effizienz seiner Nutzung ist von seiner Qualität, seiner Auslastung, der Betriebsweise und den eingesetzten Energieträgern abhängig. Ausdruck findet sie in den spezifischen Energieverbräuchen. Kapitalstock und Verlaufskurven des spezifischen Energieverbrauchs bestimmen somit das Ausmaß des Energieverbrauchs und der Einsparmöglichkeiten.

Verminderung des spezifischen Energie- verbrauchs gegenüber 1978	1990		2000	
	L	SW	L	SW
je Einheit industrielle Nettoproduktion	- 14 %	- 18 %	- 19 %	- 36 %
je ölbeheizte Wohnung in Einfamilienhäusern	- 11 %	- 22 %	- 21 %	- 39 %
pro 100 km Verbrennungs- kraftstoff – PKW	- 6 %	- 11 %	- 15 %	- 30 %

L = Lethargie  
SW = Strukturwandel

Tabelle II.32: Verminderung des spezifischen Energieverbrauches in den Jahren 1990 und 2000 gegenüber 1978 nach Shell AG (in %)



Annahmen zur Entwicklung des Kapitalstocks sind im Annahmenraster ausgewiesen. Aus drei Sektoren des Endenergieverbrauchs sollen exemplarisch typische spezifische Verbrauchswerte genannt werden (s. Tab. II.32). Diese spezifischen Energieverbräuche sind das Ergebnis aller obengenannten Einflußfaktoren, infolge der Interdependenzen zwischen ihnen läßt sich der Einfluß eines einzelnen Einflußfaktors isoliert nicht angeben.

## **Ressourcen – technologische Entwicklung und Energieverfügbarkeit**

### **a) Technologische Entwicklung**

Im vorangegangenen Abschnitt wurde deutlich, daß die technologische Entwicklung eine wesentliche Determinante im Hinblick auf Energieeinsparung und Energieträgersubstitution ist. In der folgenden Tabelle sind die im Shell Planungszyklus '80 für beide Szenarien genannten technologischen Entwicklungen in sektoraler Zuordnung aufgeführt. Soweit es möglich war, wurden Bestandsgrößen genannt und ihre Wirkung auf den Energieverbrauch ermittelt. Welche quantitative Wirkung von der technologischen Entwicklung insgesamt auf den Energieverbrauch ausgeht, ist nicht darstellbar. Eine Betrachtung der Raumwärmebereitstellung zeigt, daß durch den angenommenen Wärmepumpeneinsatz in den Haushalten bezogen auf das Jahr 2000 7,1 % (Lethargie) bzw. 9.7 % (Strukturwandel) an kommerziellen Energieträgern eingespart werden (s. Tab. II.33).

Die Energiereserven stellen in den Szenarien keine Restriktion dar. Die Verfügbarkeit aus weltweiter Sicht ist im Rahmen der gewählten Szenarien ein Preis- und kein Mengenproblem.

Die Preisentwicklung der Primärenergieträger steuert letztlich den Energieverbrauch so, daß Restriktionen nicht wirksam werden. Aus inländischer Sicht ist die Energieverfügbarkeit der Kohle infolge mangelnder Kapazitäten begrenzt. Die Verfügbarkeit von Energieträgern aus neuen Technologien (Kohleveredlung, LPG-Einsatz, Wärmepumpen, schwere Feedstocks im Nichtenergetischen Bereich) und die zukünftige Entwicklung des Kernenergieeinsatzes werden unter dem Aspekt erhöhter Unsicherheit gesehen. Diese „kritischen Bereiche“ werden im Anschluß an den Prognoseprozeß einer Detail-Analyse unterzogen.

## **Gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen – Annahmen und ihre Wirkung auf Wirtschaftsentwicklung und Energieverbrauch**

Qualitative Faktoren im Bereich gesellschaftlicher und politischer Entwicklungen werden als gedankliches Netz den quantitativ abgeleiteten Entwicklungslinien übergeordnet. Hierzu werden die qualitativen Bestimmungsfaktoren verbal zu den einzelnen Szenarien definiert.

Die von der Shell AG zugrundegelegten politischen Rahmenbedingungen, Präferenz- und Wertestrukturen fügen sich in den Ordnungsrahmen der sozialen Marktwirtschaft ein.

Eine Variation dieser Annahmen im gesellschaftlichen und sozio-ökonomischen Bereich und eine Darstellung in einem eigenständigen Szenario, etwa im Sinne eines alternativen Lebensstils, wurde vom Ansatz her in der Langfristplanung der Shell International diskutiert und quantitativ in einem Szenario betrachtet. Die Konzipierung wirft nach Aussagen der Deutschen Shell AG folgende Probleme auf:

Zum einen ist es eminent schwierig, mögliche Entwicklungslinien einzukreisen und insbesondere in ihren Ansatzpunkten faßbar zu machen, da die Basis für notwendige Erhebungen noch zu schmal und die Konkretisierungsrichtung zu wenig geklärt ist.

Sektor	technologische Entwicklung	Bestand			Wirkung auf Energieverbrauch	
		1978	2000 (L)	2000 (SW)	Energieeinsparung	
					2000 (L)	2000 (SW)
Haushalte und Kleinverbraucher (HuK)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmedämmung</li> <li>• Wärmepumpe (HuK)</li> <li>• Wärmepumpenanzahl, nur Haushalte</li> <li>• Solaranlagen, nur Einfamilienhäuser</li> <li>• Mikroprozessoren</li> <li>• Telekommunikation</li> </ul>	o. A.	o. A.	o. A.	+	+
		o. A.	o. A.	o. A.	$6,1 \cdot 10^6$ t SKE	$8,8 \cdot 10^6$ t SKE
		13000	2.3 Mio	3.1 Mio	$4,5 \cdot 10^6$ t SKE	$6,0 \cdot 10^6$ t SKE
			312000	312000	$0,7 \cdot 10^6$ t SKE	
		o. A.	o. A.		+	+
		o. A.	o. A.	?	?	
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraft-Wärme-Kopplung</li> <li>• Telekommunikation</li> <li>• Mikroprozessoren</li> <li>• Abwärmenutzung</li> <li>• Wärmepumpe</li> <li>• Recycling</li> </ul>	ohne Angabe			+	+
					?	?
					+	+
					$2,6 \cdot 10^6$ t SKE	$2,8 \cdot 10^6$ t SKE
					$0,8 \cdot 10^6$ t SKE	$3,4 \cdot 10^6$ t SKE
			+	+		
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Telekommunikation</li> <li>• Mikroprozessoren</li> <li>• Leichtbauweise</li> <li>• sparsame Antriebe</li> </ul>	ohne Angabe			?	?
					+	+
					+	+
					+	+
					+	+
Nichtenergetischer Verbrauch (in Mio t Öl)	Prozeßführung zur Verarbeitung von <ul style="list-style-type: none"> <li>• LPG</li> <li>• Gasöl</li> <li>• Schwere Feedstocks</li> </ul>	0	2,0	2,9	Energieträger-substitution	
		0,5	1,7	4,5		
		0	0,7	1,5		
Umwandlungs-sektoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohleveredlung</li> <li>• Hochtemperaturreaktor</li> <li>• Schneller Brüter</li> </ul>	0	$18 \cdot 10^6$ t SKE		Energieträger-substitution	
		nur genehmigte Anlagen (Kalkar, Schmehausen)				

+ = positiver Einfluß

o. A. = ohne Angabe

L = Lethargie

SW = Strukturwandel

Tabelle II.33: Technologische Entwicklung und Energieeinsparung nach Sektoren in 2000 nach Shell AG

Selbst wenn sich Lösungsmöglichkeiten ergeben sollten, werden andererseits z.Z. keine Ansätze gesehen, um solche Entwicklungen im Rahmen eines **in sich geschlossenen** Szenarios zu quantifizieren.

## **7.6 „Energieprognose für die Bundesrepublik Deutschland 1980–2000“ der VEBA AG**

### **Bevölkerungsentwicklung und Energieverbrauch**

Beiden Varianten liegt dieselbe Bevölkerungsentwicklung zugrunde. Bis zum Jahre 2000 wird mit einer Abnahme der Bevölkerungszahl auf 56 Mio gerechnet. Die Sensitivität der Bevölkerungsentwicklung auf den Energieverbrauch wird nicht untersucht. Der Verkehrsprognose liegt eine Schätzung zur Annahme der fahrfähigen Bevölkerung zugrunde. Für den Haushaltsbereich wird aus der Bevölkerungsentwicklung auf den Wohnungsbestand geschlossen.

### **Wirtschaftsentwicklung und Energieverbrauch**

Für das zukünftige Wachstum des Bruttosozialprodukts bis 2000 werden Zuwachsraten von 1,7 % p.a. (untere Variante) bzw. 2,7 % p.a. (obere Variante) global vorgegeben. Gegenüber 1978 führt dies unter Berücksichtigung von Einsparmaßnahmen und Strukturveränderungen zu einem prozentualen Anstieg des Primärenergieverbrauchs von 28,5 % (untere Variante) bzw. 41,4 % (obere Variante). Die Zuwachsraten von Bruttosozialprodukt und Primärenergieverbrauch entkoppeln sich in beiden Varianten bis zum Jahre 2000 zunehmend. Lag der Elastizitätskoeffizient in der jüngsten Vergangenheit bei etwa 1, so wird er im Jahre 1990 in der unteren bzw. oberen Variante 0,88 (0,78) bzw. im Jahre 2000 0,67 (0,60) betragen.

Von der Entstehungsseite des Sozialprodukts her werden keine signifikanten Veränderungen etwa zum Dienstleistungssektor hin hervorgehoben. Der Anteil des verarbeitenden Gewerbes am Bruttosozialprodukt geht von 1978 bis 2000 in der unteren Variante um 1,1 % und in der oberen Variante um 1,2 % zurück, der Anteil der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie verringert sich im gleichen Zeitraum um 0,4 % bzw. 0,8 %. Eine nennenswerte Verminderung der Energienachfrage als Folge intersektoraler Umstrukturierung ist in beiden Varianten nicht unterstellt.

### **Preisentwicklung – Wirtschaftsentwicklung und Energieverbrauch**

Die VEBA AG sieht besonders bei der Beschaffung von Erdöl und Mineralölprodukten Mengenprobleme. Diese schlagen sich in einer angenommenen Preiserhöhung (10 % p.a.) nieder, die über der weltweiten Inflationsrate liegt. Preisannahmen für andere Energieträger werden qualitativ beschrieben, indem die Relation zu konkurrierenden Energieträgern angegeben wird. Diese Angaben sind nicht ausreichend, um das Preisgefüge der Energieträger vollständig erfassen zu können.

Die Preisannahmen der VEBA AG:

- Die Energieträger auf fossiler Basis folgen der Ölpreisentwicklung von etwa 10 % p.a..
- Der vergleichbare Wärmepreis für Erdgas wird zwischen dem für schweres und leichtes Heizöl liegen.
- Der Importkohlepreis wird weiterhin nachhaltig unter dem Preis für inländische Steinkohle und unter dem Preis für schweres Heizöl liegen.
- Der Strompreis verzeichnet den geringsten Anstieg, da der hohe Fixkostenanteil bei steigendem Beitrag kostengünstiger Kernenergie zunehmend preisstabilisierend wirkt.

Eine genaue quantitative Differenzierung der Preisentwicklung zwischen der unteren und oberen Variante wurde nicht durchgeführt. Die obere Variante hebt sich von der unteren jedoch durch ein geringfügig geringeres Energiepreisniveau ab.

Eine quantitative Beschreibung des Zusammenhanges zwischen Energiepreisen und der Entstehung des Bruttosozialprodukts ist in der Prognose nicht enthalten. Qualitativ wird nach Aussagen der VEBA AG der Einfluß der Energiepreise bei der Vorgabe der Wachstumsraten des Bruttosozialprodukts berücksichtigt.

Da Energie nicht isoliert als Produktionsfaktor betrachtet wird, kommen die für die Ausgestaltung der Varianten wichtigen Determinanten „Energieverknappung und -verteuerung“ nur unwesentlich zur Geltung und haben nur geringen Einfluß auf die Struktur der Volks- bzw. Energiewirtschaft.

So unterscheidet sich die Endenergieträgerstruktur beider Varianten kaum voneinander (s. Tab. II.34).

Energie- träger	Jahr	1978		1990		2000	
				u. V.	o. V.	u. V.	o. V.
Feste Brennstoffe		8,9		7,6	7,7	9,5	9,5
Mineralöl		57,8		45,6	45,7	37,1	37,8
Gas		17,3		24	23,6	24,9	23,5
Strom		13,9		19,1	19,3	23,6	24,4
Fernwärme		2,1		3,7	3,7	4,9	4,9
Σ		100,0		100,0	100,0	100,0	100,0 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Differenz durch Rundung  
u. V. untere Variante  
o. V. obere Variante

Tabelle II.34: Endenergieträgerstruktur in 1978, 1990 und 2000 nach VEBA AG (in %)

Aus sektoraler Sicht ergeben sich im Bereich der Industrie in beiden Varianten gleiche Verminderungen des spezifischen Verbrauchs von 1978–1990: 16 (17) %. Danach wird bis 2000 der spezifische Energieverbrauch in der unteren Variante trotz tendenziell höheren Energiepreisniveaus weniger reduziert (8,5 %) als in der oberen Variante (14 %). Der Energieverbrauch der Haushalte ist in beiden Varianten identisch. Somit kann eine Verbraucherreaktion in diesem Sektor auf unterschiedliche Energiepreise nicht unterstellt werden.

Der Verkehrssektor zeigt als einziger Sektor im nennenswerten Ausmaß unterschiedliche Ergebnisse in beiden Varianten. Der Benzinverbrauch pro PKW ist in der unteren Variante im Vergleich zur oberen deutlich reduziert. In dieser Größe, die als Index in Tab. II.35 aufgeführt ist, sind Energieeinsparungen aufgrund technischer Verbesserung der Fahrzeuge und Verminderung der Jahresfahrleistung pro PKW gleichzeitig enthalten.

Jahr		1978	1980	1985	1990	2000
Benzinverbrauch pro PKW	u. V.			92	86	76
	o. V.	100	99	95	94	83

u. V. untere Variante

o. V. obere Variante

Tabelle II.35: Benzinverbrauch pro PKW bis 2000 nach VEBA AG (Index 1978 = 100)

Zusätzlich ist im Jahr 2000 der Bestand von Kombi-PKW in der unteren Variante auf 26,5 Mio gegenüber 28 Mio Stück in der oberen Variante reduziert. Insgesamt ergibt sich in allen Varianten ein deutlicher Rückgang des spezifischen Energieeinsatzes. Es ist nicht nachvollziehbar, inwieweit dabei der Preis für Energie oder andere Einflüsse als Bestimmungsfaktoren wirksam sind.

### Energieverfügbarkeit und Primärenergieverbrauch

Die VEBA AG erwartet hinsichtlich des Energieangebots sowohl ein Mengen- als auch ein Preisproblem. Nach Daten der Weltenergiekonferenz und eigenen Schätzungen wird die „Gefahr globaler Verteilungskämpfe“ um Energiereserven für möglich gehalten und die Befürchtung geäußert, „daß das Weltangebot nicht mit der wachsenden Weltnachfrage Schritt hält“ und „Energieexporte als politische Waffe“ eingesetzt werden.

Aufgrund einer Diskussion der weltweiten Potentiale der Energieträger wird die Verfügbarkeit für die Bundesrepublik Deutschland abgeschätzt.

Die Verfügbarkeit der Energieträger Erdgas, Steinkohle und Uran findet direkten Niederschlag in der Struktur des Primärenergieträgereinsatzes. Die Diskussion der Mineralölverfügbarkeit (angespannte Rohölversorgungssituation, Ostblock wird Nettoimporteur, OPEC bleibt Hauptlieferant für die Bundesrepublik Deutschland) läßt nachvollziehbare quantitative Ableitungen nicht zu.

Es wird unterstellt, daß bei gleichbleibender inländischer Gasförderung die heute kontrahierten Importgasmengen bis 1990 ausreichen. Für die Zeit danach erwartet die VEBA AG ein Halten des 1990 erreichten Niveaus. Auslaufende Gaslieferverträge werden rechtzeitig durch neue Kontrakte ersetzt. Aus diesen Annahmen hat die VEBA AG eine verfügbare Gasmenge abgeleitet, die in beiden Varianten in fast gleicher Höhe zum Einsatz kommt.

Für Steinkohle wird eine Ausweitung des Welthandelsvolumens von derzeit gut 200 Mio t langfristig auf etwa 600 Mio t erwartet, davon sollen bis zur Jahrhundertwende 40 Mio t/a in der unteren Variante und 50 Mio t/a in der oberen Variante als Importkohle für die Bundesrepublik Deutschland beschafft werden können. Beide Varianten gehen von gleicher inländischer Steinkohleförderung aus; die höhere Steinkohlenachfrage der oberen Variante wird durch höhere Importe gedeckt.

Beim Kernbrennstoff werden keine Beschaffungsprobleme gesehen. Kernenergie hat daher die Aufgabe, die Deckung der in beiden Varianten stark steigenden Stromnachfrage sicherzustellen. Die Möglichkeiten und Restriktionen der friedlichen Nutzung der Kernenergie werden in einem Thesenpapier separat analysiert. Die energiewirtschaftliche Bedeutung der Kernenergie wird unter den Aspekten

- verstärkter Stromeinsatz im Einklang mit Energiesparen,
- Leistungsbilanzentlastung,
- positive Beschäftigungseffekte,
- Minimierung ökologischer Gefahren und
- Entsorgungskonzept

detailliert untersucht.

## 8. Internationale Energiestudien (Weltenergiestudien) – Auswertung für die Bundesrepublik Deutschland

### 8.1 Zielsetzung und Form der Auswertung der Weltenergiestudien

Die Entwicklung der Weltenergiewirtschaft ist nicht ohne Einfluß auf die Situation der Bundesrepublik Deutschland. Aus diesem Grunde werden im folgenden aktuelle globale Energiestudien im Hinblick auf für die Bundesrepublik relevante Aussagen hin ausgewertet werden. Im Vordergrund der Darstellungen steht nicht, eine Bewertungsgrundlage für die jeweiligen Studien zu schaffen – anders als bei den Energiestudien für die Bundesrepublik Deutschland. Ziel ist es vielmehr, das in den Studien akkumulierte Expertenwissen zur Betrachtung der weltenergiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen so darzustellen, daß Folgerungen für die Bundesrepublik abgeleitet werden können.

Folgende Punkte sind für die angestrebte Übersicht von herausragender Bedeutung:

1. Energieressourcen und Energiereserven
2. Entwicklungsperspektiven der Weltenergienachfrage und damit zusammenhängend die Entwicklungen von
  - Weltbevölkerung
  - Welt-Bruttosozialprodukt
  - Kosten und Preise von Energie
  - Aussichten über Energieeinsparungsmöglichkeiten
3. Perspektiven des Weltenergieangebotes
4. Resultierende Anforderungen (Konsequenzen) an (für)
  - Kapitalbedarf
  - Weltenergiehandel
  - Infrastrukturen

Die o.a. Punkte sind in aggregierter Form auf Weltebene, z.B. Weltenergienachfrage, nicht immer genügend aussagefähig. In der folgenden Auswertung soll daher eine differenziertere Darstellung nach Energieträgern und regionalen Gesichtspunkten erfolgen, jedoch nur soweit, daß zum einen nach den wichtigen Energieträgern und zum anderen nach entwickelter und sich noch entwickelnder Welt unterschieden wird<sup>1)</sup>.

Folgende Studien werden betrachtet:

World Energy Demand - The Full Report to the Conservation Commission of the World Energy Conference, 1978

World Energy Resources 1985-2020, Executive Summaries of reports on resources, conservation and demand to the Conservation Commission of the World Energy Conference, 1978

WEK

World Energy looking ahead to 2020 – Report by the Conservation Commission of the World Energy Conference, reprinted with corrections, New York, 1979

Weltenergiekonferenz – Survey of Energy Resources 1980, London 1980

World Energy Conference: Report on „World Energy Demand“ – 1985–2020 – Technical Report, 15/8/1977

<sup>1)</sup> Wenn nicht ausdrücklich anders erwähnt, wird in den nachfolgenden vorgenommenen Vergleichen der WOCA-Raum (World Outside Communist Area) betrachtet. Die Globalangaben (Weltdaten) beziehen sich jedoch immer auf die Welt incl. WOCA.

- WOCOL Coal – Bridge to the Future, Report of the World Coal Study, Cambridge, Massachusetts, 1980
- Global 2000 Global 2000 – Der Bericht an den Präsidenten, Verlag Zweitausendeins, Frankfurt/M. 1980

### 8.1.1 Weltenergiekonferenz (WEK)

In der Studie der Weltenergiekonferenz wurde größte Sorgfalt auf die Bedarfsabschätzung sieben definierter regionaler Entwicklungsräume bei hohem und niedrigem Wirtschaftswachstum verwendet. Der zeitliche Rahmen der Studie erstreckt sich bis zum Jahre 2020. Ein wesentliches Ergebnis der Weltenergiekonferenz-Analysen ist die Feststellung, daß in Zukunft das Angebot an Energie einer ungestörten Bedarfsentwicklung nicht mehr folgen kann, und zwar sowohl in mengenmäßiger als auch in zeitlicher Hinsicht nicht (vgl. hierzu auch die Tabellen II.37 und II.40). Daraufhin wurden durch hypothetische Maßnahmen „Bedarfsbremsen“ unterschiedlicher Intensität in die Szenarien eingebaut. Das Resultat ist eine Schar von denkbaren Entwicklungslinien bei jeweiligem Wirtschaftswachstum:

**Szenario 1:** Ungestörte Bedarfsentwicklung bei gegebenem Wirtschaftswachstum

**Szenario 2:** Mittelstarke Reaktion der Verbraucher auf die Energiepreisentwicklung sowie im Rahmen normaler Geräteersetzungszeiten realisierbare Energiesparmaßnahmen in den Sektoren Industrie und Verkehr – 15 % Energieersparnis<sup>1)</sup> –

**Szenario 3:** Starke Reaktion der Verbraucher auf die Energiepreisentwicklung und weitgehende Ausschöpfung von Energieeinsparmöglichkeiten in allen Verbrauchssektoren – 21 % Energieersparnis<sup>1)</sup> –

**Szenario 4:** Zusätzlich zu Szenario 3 Beschränkung der Motorisierung und des Transportwesens aufgrund einer Ölverknappung (oil constraints) und Annahme von starken Sättigungstendenzen im OECD-Raum – bis max. 31 % Energieersparnis<sup>1)</sup> –

Eine Bilanzierung von Bedarf und Versorgung zeigt selbst bei Szenario 4 eine Unterdeckung. Konsequenterweise entwickelte die Einsparkommission ein weiteres Szenario (H5), das eine maximale Ausschöpfung von Einsparmöglichkeiten in allen Verbrauchssektoren unterstellt – 46 % Energieersparnis<sup>1)</sup> –.

Ein Manko der WEK-Studie ist die Tatsache, daß das Zahlenmaterial Widersprüche aufweist. Besonders auffällig wird dies, wenn man die Zahlen der regionalen Entwicklungen aggregiert und mit den globalen numerischen Werten der Studie vergleicht. Die Darstellung der Energieversorgungsseite muß als nicht ausreichend angesehen werden. Sie bietet insbesondere keine Basis, um Aussagen bzgl.

- Investitionsaufwendungen im Energiebereich,
- Infrastrukturen sowie
- Internationale Kooperationsmöglichkeiten und -notwendigkeiten

ableiten zu können. Hierzu hätte es einer detaillierten Strukturanalyse auf Länderbasis oder zumindest von homogenen Wirtschaftsräumen bedurft.

<sup>1)</sup> Gegenüber Szenario 1



### 8.1.2 Internationales Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA)

Die IIASA-Studie geht ebenfalls wie die WEK-Studie von einer sorgfältigen Bedarfsanalyse auf regionaler Basis aus. Der Zeithorizont der Studie reicht bis zum Jahre 2030. Sie differenziert wie die WEK-Studie sieben Weltregionen mit ähnlichen ökonomischen Systemen und ähnlich gelagerten Energieproblemen. Anders als die WEK-Studie wird jedoch auch die Versorgungsseite einer eingehenden Analyse unterzogen und stellt gewissermaßen den Rahmen dar, in dem sich Weltwirtschaft und Weltenergienachfrage bewegen können. Das Resultat dieser Vorgehensweise sind zwei Energieszenarien, die in der Bilanz – Bedarf versus Versorgung – ausgeglichen werden können. Anders als in der WEK-Studie kommt es also nicht zu Ungleichgewichten von Angebot und Nachfrage von Energie auf weltweiter Ebene (vgl. hierzu auch die Tabellen II.37 und II.40). Die Szenarien werden als „Low Scenario“ und „High Scenario“ ausgewiesen und haben die Aufgabe, den Bereich der möglichen Entwicklungen abzustecken. Sie sind in sich konsistent.

Daneben wurden noch drei weitere Szenarien gerechnet: ohne Kernenergie, mit viel Kernenergie sowie mit Pro-Kopf-Energie-Null-Wachstum. Diese drei Szenarien wurden von IIASA als der Versuch gewertet, sich radikal von den als ‚normal‘ angesehenen „Low“- und „High“-Szenarien zu lösen. Sie liegen abseits der gängigen Expertenmeinungen und stellen gewissermaßen extreme Meinungspole dar. Aus diesem Grunde sollen sie hier nicht behandelt werden.

### 8.1.3 World Coal Study (WOCOL)

Die WOCOL-Studie wurde von einem internationalen 80-köpfigen Gremium aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft erarbeitet. Die Analyse geht bis zum Jahre 2000. Wesentliche Ausgangspunkte der Studie sind:

- Die lt. WAES-Studie erwartete Verknappung von Öl ist nach WOCOL schon jetzt eingetreten und das für die OECD-Länder verfügbare Öleinfuhrvolumen wird in den nächsten Jahren absolut zurückgehen.
- Es ist ungewiß, ob sich der Erdgasmarkt in der Zukunft weiter ausdehnen wird, da lange Vorlaufzeiten und hohe Kapitalaufwendungen für Seepipelines, Verflüssigungs- und Regasifikations-Anlagen notwendig sind. Außerdem kommen als Hauptexporteure „Mittel-Ost-Länder“ in Frage, also OPEC-Staaten, daher ist ebenso wie beim Öl mit Restriktionen zu rechnen.
- Unkonventionelle Öl- und Gasvorräte wurden bisher wenig genutzt, da die Nutzung mit hohen Kosten verbunden ist. Ein bedeutender Beitrag wird erst für die Jahre nach 2000 erwartet.
- Obwohl Kernenergie regional von erheblicher Bedeutung ist, haben sich frühere Schätzungen als zu optimistisch erwiesen. Ihre weitere Entwicklung ist mit Unsicherheiten behaftet.
- Energieeinsparung wird in den nächsten Jahren den nachgefragten Energiebetrag gegenüber Nichteinsparung erheblich vermindern. Sie entspricht etwa einer 25 %igen Reduzierung des Energieeinsatzes pro Einheit Bruttosozialprodukt bis zum Jahre 2000 für die OECD. Es muß angenommen werden, daß Energieeinsparung allein nicht in der Lage sein wird, den zusätzlichen Energiebedarf in Hinblick auf das begrenzte Angebot hinreichend zu reduzieren.
- Regenerative Energiequellen werden, gemessen am Energiebedarf, im Jahre 2000 nur einen bescheidenden Beitrag liefern können.

Auf dieser Basis versucht WOCOL eine Lösung des Weltenergieproblems aufzuzeigen. Die Hauptlast sollte nach WOCOL auf die Kohle entfallen. Die Ergebnisse werden durch die Länderberichte der beteiligten Nationen gestützt und „abgesichert“.

#### 8.1.4 Global 2000

Diese Studie hatte zum Ziel, ein sehr viel breiteres Umfeld als nur die Entwicklung der Energiesituation zu beleuchten. Es sollten gemäß dem Auftrag des Präsidenten der Vereinigten Staaten bis zum Jahre 2000 die voraussichtlichen Entwicklungen von

- Bevölkerung,
- natürlichen Ressourcen und
- Umwelt

weltweit untersucht werden.

Es wurden eine Reihe von Annahmen getroffen, u.a.,

- daß sich an den Grundlagen heutiger Politik nichts ändert,
- daß sich kein grundlegender Wandel des individuellen und sozialen Verhaltens der Menschen vollzieht,
- daß es im technologischen Bereich keine revolutionären Fortschritte geben wird und
- daß es zu keinen großen Katastrophen kommt.

Für die Energieversorgung kommt die Studie zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

- Für kommerzielle Energierohstoffe (Kohle, Öl, Gas und Uran) werden keine echten Engpässe gesehen.
- Der zunehmende Verbrauch von Brennholz in den Entwicklungsländern wird dem Bericht zufolge bis zum Jahre 2000 zu einer Vernichtung von 40 % der heute vorhandenen Waldfläche in diesen Ländern führen.

Die Studie ist von der methodischen Seite mit erheblichen Mängeln belastet. Wir verweisen hierzu auf unsere Stellungnahme vom Dez. 1980<sup>1)</sup>. Der ursprüngliche Auftrag, wahrscheinliche globale Veränderungen in den schon zuvor genannten Bereichen aufzuzeigen, muß als weitgehend nicht erfüllt angesehen werden. Dies geben auch die Autoren der Studie zu. Dennoch enthält die Studie weiterführende Ansätze und detailliertes Expertenwissen, das in der vorgesehenen Auswertung Berücksichtigung finden soll.

<sup>1)</sup> Stellungnahme zur Studie „Global 2000“ – Der Bericht an den Präsidenten  
Schwefel, Drepper, Heckler, KFA Jülich, Programmgruppe STE im Auftrage des BMFT, Dez. 1980

## 8.2 Vergleichende Ergebnisübersicht

### 8.2.1 Energieressourcen und Energiereserven

Die jüngsten und wohl auch zuverlässigsten Schätzungen über die Energierohstoffsituation sind von der WEK in ihrem „Survey of Energy Resources 1980“ vorgelegt worden. Die IIASA-Studie geht von z.T. eigenen Schätzungen aus. Sie liegen jedoch nahe den WEK-Werten. Tabelle II.36 gibt eine Übersicht über die zur Zeit in der Welt verfügbaren Energieressourcen und -reserven. Die Energieressourcen umfassen diejenigen Energievorkommen, welche letztendlich gewonnen werden können (ultimate recovery) abzüglich der schon geförderten Mengen. Die Reserven sind ein Teil hiervon, nämlich diejenigen Vorkommen, die mit verfügbarer Technologie wirtschaftlich förderbar sein werden.

Darüber hinaus stehen die regenerativen Energieströme zur Verfügung.

Die IIASA-Studie weist als einzige eine Potentialabschätzung nach Quellen aus. Sie kommt zu dem Ergebnis, daß aufsummiert ein realisierbares Potential von fast 11 Mrd t SKE pro Jahr vorhanden ist.

### 8.2.2 Entwicklungsperspektiven der Weltenergienachfrage

Trotz einer insgesamt beachtlichen Höhe des möglichen Energieangebotes ist es heute mehr denn je eine offene Frage, ob langfristig eine ausreichende Deckung der Energienachfrage möglich sein wird. Denn trotz großer Vorkommen bzw. Potentiale kommt es letztendlich immer darauf an, daß die ausgewiesenen Mengen auch verfügbar gemacht werden können oder die Energienachfrage entsprechend der Versorgungslage zurückgefahren werden kann. Natürlich gilt auch beides zusammen. Insbesondere wichtig ist in diesem Zusammenhang, ob zu jedem Zeitpunkt ein Abgleich zwischen Bedarf und Versorgung möglich sein wird. Kapazitätsgrenzen, Finanzrestriktionen, Vorlaufzeiten usw. spielen hierbei eine entscheidende Rolle.

Energieträger	Einheit	Ressourcen	Reserven
Rohöl	10 <sup>9</sup> t SKE	452	134
Unkonv. Öl	10 <sup>9</sup> t SKE	683	130
Gas	10 <sup>9</sup> t SKE	293	81
Kohle	10 <sup>9</sup> t SKE	11 000	693
Uran (Westl. Welt)	Mio t	5.2	2.6
Thorium	Mio t	3.3	1.6

Tabelle II.36: Weltenergieressourcen und -reserven nach WEK

Um diese Probleme angemessen abhandeln zu können, reicht es nicht aus, den Blick nur auf das Jahr 2000 zu richten, da die Zeitkonstanten der Entwicklungen auf den Gebieten Energiebedarf/Energieversorgung mehrere Jahrzehnte betragen. Bei einer Beschränkung des Betrachtungszeitraumes auf das Jahr 2000 bleibt die Frage des „danach“ offen, obwohl heute schon Entscheidungen erforderlich sind, zwar nicht in Form einer schon im einzelnen festzulegenden, quantitativ

fixierten Strategie, jedoch in Form von grundsätzlichen Wegen, die beschränkt werden müssen oder sollten. Die Studien der WEK und des IIASA haben den Zeithorizont über das Jahr 2000 hinaus ausgedehnt und verdienen von daher die größere Aufmerksamkeit.

Eine erste Orientierung hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Weltenergienachfrage kann die Extrapolation langjähriger historischer Energieverbrauchswerte liefern. In den letzten 120 Jahren konnte man über 30 Jahreszeiträume hinweg einen Anstieg des Energieverbrauchs in einer Bandbreite von durchschnittlich 1,2 % bis 4,5 % pro Jahr beobachten. Schreibt man den gegenwärtigen Energieverbrauch ausschließlich vergangenheitsorientiert mit diesen Wachstumsraten fort, so ergibt sich für das Jahr 2030 eine Energienachfrage von 21 bzw. 96 Mrd t SKE. Wie aus Bild II.6 und Tabelle II.37 zu ersehen ist, liegen die Ergebnisse sowohl der Studien der WEK als auch des IIASA innerhalb der durch die beiden Trendextrapolationen begrenzten Bandbreite.

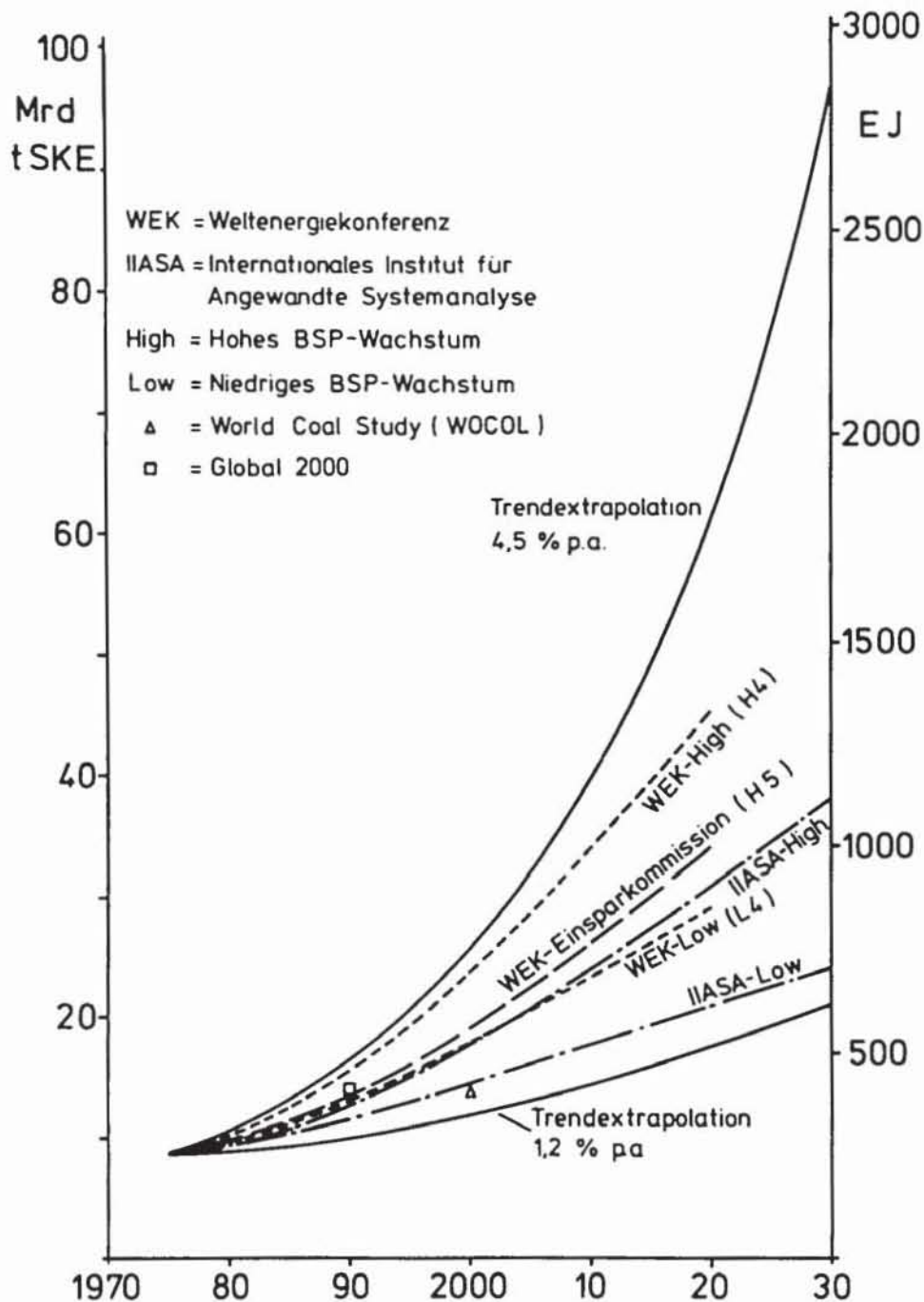


Bild II.6: Projektionen der Weltenergienachfrage bis 2030

PRIMÄRENERGIENACHFRAGE [Mrd t SKE]																				
	Welt					OECD					Staatshandelsländer					Entwicklungsländer				
	1990	2000	2010	2020	2030	1990	2000	2010	2020	2030	1990	2000	2010	2020	2030	1990	2000	2010	2020	2030
Weltenergiekonferenz																				
Low Growth (L4)		17,7		28,6			8,7		12,7			5,6		9,8			3,3		6,3	
High Growth (H4)		23,5		45,5			11,1		17,5			7,8		16,3			4,7		11,8	
Einspar- kommission (H5)	14,3	19,1	25,5	34,1		7,2	8,3	8,9	9,5		4,1	5,7	7,9	11,1		2,9	5,2	8,6	13,5	
IIASA																				
Low Szenario		14,6		24,1		7,2			9,6		4,6			7,9		2,8			6,7	
High Szenario		18,1		38,4		8,8			14,2		5,5			12,7		3,8			11,5	
WOCOL																				
Case A						6,9	8,1													
Case B		14,2				7,5	9,5													
GLOBAL 2000	13,8					8,1					3,7					2,0				

Tabelle II.37: Prognosen des Weltenergieverbrauchs bis 2030

Der Zeithorizont für die Energienachfrage erstreckt sich nach WOCOL bis zum Jahr 2000 und für Global 2000 bis zum Jahr 1990. Wie man Bild II.6 entnehmen kann, liegt Global 2000 auf dem Pfad der WEK-Einsparkkommission, während die WOCOL-Projektion sich geringfügig unterhalb der Werte der Langfriststudien von IIASA und WEK befindet.

Maßgebliche Einflußgrößen für die Energienachfrageentwicklung sind

- die Weltbevölkerung,
- die weltwirtschaftliche Entwicklung sowie
- Bemühungen um einen rationelleren und sparsameren Energieeinsatz.

Die Darstellung der diesbezügliche Globalgrößen verschleiert in der Regel wichtige strukturelle Aspekte, wie regionale und pro-Kopf-bezogene Entwicklungen. Im folgenden wird daher angestrebt, diesem Gesichtspunkt Rechnung zu tragen, indem zu den oben genannten Punkten die relevanten Strukturdaten der einzelnen Studien vergleichend gegenüber gestellt werden.

### 8.2.2.1 Bevölkerungsentwicklung

Tabelle II.38 zeigt die in den Studien ausgewiesenen Bevölkerungszahlen.

	Bevölkerung im Jahr [Mio]								
	OECD			Entwicklungsländer			Welt		
	2000	2020	2030	2000	2020	2030	2000	2020	2030
WEK	834	938	–	3640	5180	–	6190	8860	–
IIASA	964	–	1082	3350	–	4700	6080	–	7976
WOCA	K.A.	–	–	K.A.	–	–	K.A.	–	–
Global 2000	809	–	–	5028	–	–	6350	–	–

K.A. = keine Angabe

Tabelle II.38: Bevölkerungsentwicklung in der Welt, der OECD und den Entwicklungsländern bis 2030

### 8.2.2.2 Weltwirtschaftliche Entwicklung

Die weltwirtschaftliche Entwicklung stellt sich in den einzelnen Studien folgendermaßen dar (Tabelle II.39):

	Wachstum, Weltsozialprodukt [% p.a.]		
	2000	bis 2020	2030
WEK			
● Low Growth (L4)	3,0	3,0	—
● High Growth (H4)	4,2		
● Einsparkommission (H5)	4,2	4,2	—
IIASA			
● Low Szenario	3,0	—	2,4
● High Szenario	4,0	—	3,4
WOCOL	—	—	—
Global 2000	3,6	—	—

Tabelle II.39: Prozentuale Wachstumsraten des Weltsozialproduktes bis 2030

WOCOL macht keine Angaben zur Entwicklung der Weltenergiewirtschaft als Ganzes, da vornehmlich Aspekte für den OECD-Raum behandelt wurden. Für diese Wirtschaftsregion wird von einem BSP-Wachstum bis 2000 von 3 % p.a. ausgegangen.

Absolut gesehen, d.h. in Dollar pro Kopf, erkennt man, daß auch langfristig mit reichen und armen Ländern gerechnet wird, wenngleich auf einem gegenüber heute höherem Niveau. Mehr noch: daß der relative Abstand zwischen entwickelten und sich entwickelnden Regionen als kaum veränderbar gesehen wird (vgl. Bild II.7).

### 8.2.2.3 Energiekosten und Energiepreise

Bis auf die IIASA-Studie werden Energiepreise oder Energiekosten explizit nicht ausgewiesen. Auch hier, dies muß einschränkend gesagt werden, lassen sich nur die Kosten der Ölgewinnung, die den Szenarien zugrunde liegen, ablesen. WEK und IIASA gehen in ihren Analysen dennoch so weit, daß sie den Einfluß der Energiepreise und der Energiekosten berücksichtigen. Die Konsequenzen werden deutlich gemacht, zum einen durch eine verringerte Energienachfrage und zum anderen durch Ausweisung des Kapitalbedarfs (s. weiter unten).

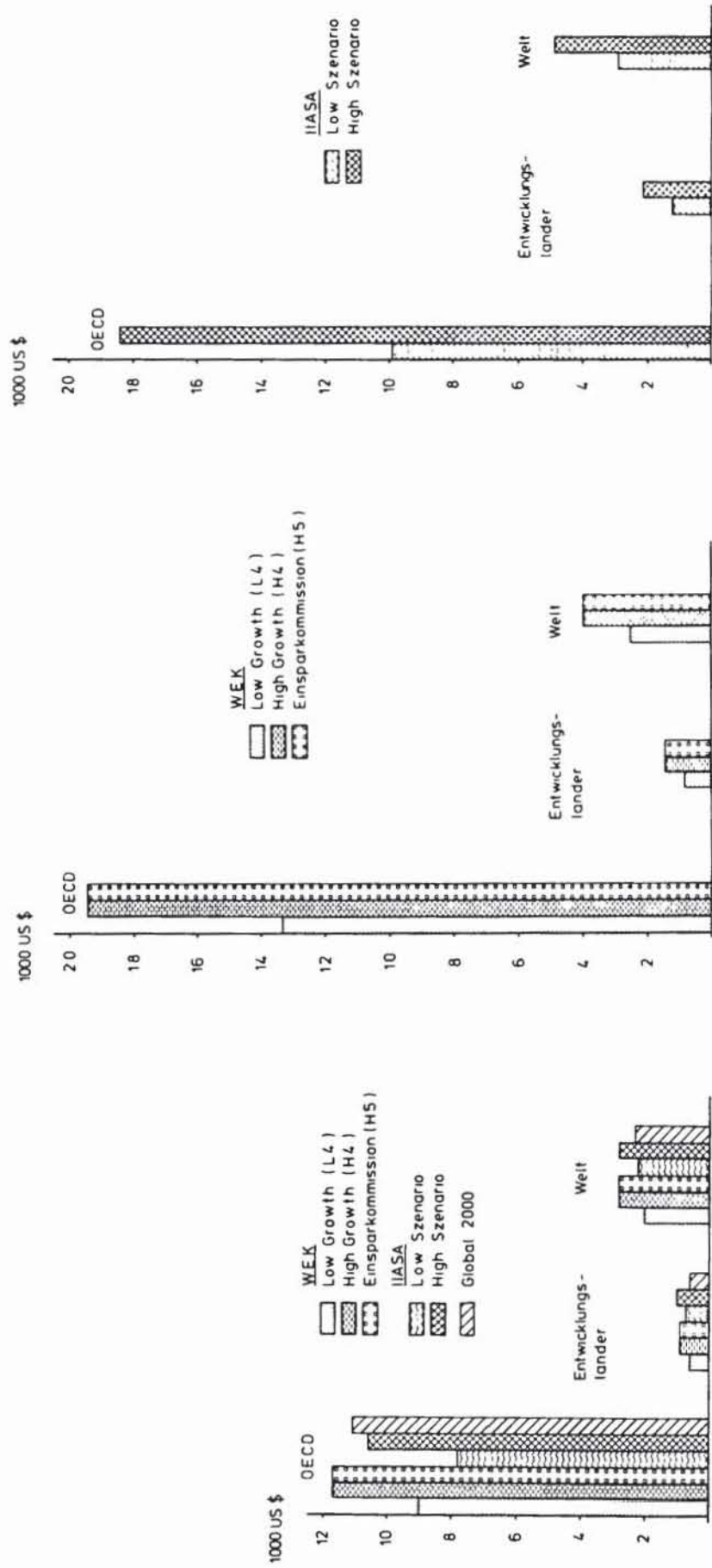


Bild II.7: Entwicklung des Sozialproduktes pro Kopf in der Welt, der OECD und den Entwicklungsländern in 2000, 2020 und 2030



#### 8.2.2.4 Aussichten zur Energieeinsparung

Das Einsparpotential an Energie, das in den einzelnen Studien ausgewiesen wird, überdeckt einen Bereich von 27–46 % für das Jahr 2020/2030. WOCOL nennt für die OECD-Länder einen Wert von ca. 25 % für das Jahr 2000. WEK und IIASA haben das Potential der Energieeinsparung sektorweise (Verkehr, Industrie, Haushalt und Kleinverbrauch) ermittelt. Dabei gingen sowohl Überlegungen zu künftigen Veränderungen der Wirtschaftsstruktur ein, als auch technologie- bzw. maßnahmenorientierte Aspekte.

#### 8.2.3 Weltenergieangebot

Im folgenden wird eine tabellarische Übersicht (Tabellen II.40 und II.41) über das in den Studien ausgewiesene Energieangebotspotential gegeben. Nach Wirtschaftsregionen und Energieträgern aufgeschlüsselt vermitteln sie ein Bild, das die energieträger- und regionalspezifischen Möglichkeiten widerspiegeln soll. Ein Vergleich mit Tabelle II.37 (Primärenergienachfrage) verdeutlicht noch einmal, daß die Studie der WEK auf Diskrepanzen zwischen Nachfrageentwicklung und Angebotsmöglichkeiten aufmerksam machen will.

#### 8.2.4 Kapitalbedarf

Der Ausbau der Weltenergieversorgungsstrukturen wird zunehmend von höheren Investitionen gekennzeichnet sein. Die IIASA-Studie geht beispielsweise davon aus, daß in allen Weltregionen der Finanzbedarf wesentlich stärker steigen wird als die Energienachfrage. Die IIASA-Studie ist im übrigen die einzige, welche detaillierte Aussagen über diesen Aspekt macht. Im folgenden sollen die wesentlichen Punkte dargestellt werden.

- Im Zeitraum 1980–2030 werden kumulierte Energieinvestitionen erforderlich, die im
  - Low Scenario:  
30 · 1000 Mrd US \$<sub>1975</sub> = 3,9 % des Weltsozialprodukts und im
  - High Scenario:  
46,5 · 1000 Mrd US \$<sub>1975</sub> = 4,1 % des Weltsozialprodukts

betragen.

Im Jahre 2030 müssen im

- Low Scenario 4 % des Weltsozialprodukts und im
- High Scenario 4,3 % des Weltsozialprodukts

jährlich für Investitionen im Energiebereich aufgewendet werden.

- Regional stellt sich die Situation so dar, daß im Jahre 2030 im
  - Low Scenario: die Entwicklungsländer 6,1 % ihres Sozialproduktes,  
die Industrieländer 3,5 % ihres Sozialproduktes und im
  - High Scenario: die Entwicklungsländer 6,7 % ihres Sozialproduktes,  
die Industrieländer 3,5 % ihres Sozialproduktes

für Energieinvestitionen aufwenden müssen.

ENERGIEANGEBOT (Mrd t SKE)												
	Welt			OECD			Staatshandelsländer			Entwicklungsländer		
	2000	2020	2030	2000	2020	2030	2000	2020	2030	2000	2020	2030
Weltenergiekonferenz												
Low Growth (L4)	17,3	23,6		6,0	8,5		5,4	8,2		5,9	6,9	
High Growth (H4)	26,5	40,2		8,8	13,8		8,7	13,5		9,0	12,9	
Einspar- kommission (H5)	21,6	34,1										
IIASA												
Low Szenario	14,6		24,1	7,2		9,6	4,6		8,3	2,8		6,2
High Szenario	18,1		38,4	8,8		14,2	5,5		12,7	3,8		11,5
WOCOL												
Case A												
Case B												
GLOBAL 2000 <sup>1)</sup>												
Low Szenario	13,8			7,5			4,7			1,6		
High Szenario	16,1			9,2			4,9			2,0		

<sup>1)</sup> Angaben gelten für 1990

Tabelle II.40: Globales und regionales Weltenergieangebot in den Jahren 2000, 2020, 2030 (in Mrd t SKE)

Weltenergieangebot (Mrd t SKE)													
Energie- träger	Jahr	im Jahre 2000						im Jahre 2020			im Jahre 2030		
		WEK		Ein- spar- kom- mis- sion	IIASA		WOCOL	Global 2000 <sup>1)</sup>	WEK		IIASA		
		Low	High		Low	High			Low	High	Low	High	
Öl		5,2	7,6		5,1	6,3	K.A.	6,4	4,0	7,3		5,4	7,4
Gas		2,2	4,1		2,7	3,4	K.A.	2,8	2,2	4,6		3,8	6,4
Kohle		4,6	6,8		4,2	5,3	6-7	2,4	6,8	10,6		7,0	12,9
Kernenergie		2,8	4,6		1,4	1,9	} 1,5	} 2,2	6,1	10,9		5,6	8,7
Andere		2,5	3,4		1,2	1,2					4,5	6,8	
Σ		17,3	26,5	21,6	14,6	18,1		13,8	23,6	40,2	34,1	24,1	38,4

<sup>1)</sup> die Angaben gelten für 1990

K.A. = Keine Angabe

Tabelle II.41: Weltenergieangebot nach Energieträgern in den Jahren 2000, 2020 und 2030 (in Mrd. t SKE)

### 8.2.5 Weltenergiehandel

Keine Studie gibt Auskunft, wie sich die Welt-Handelsströme in ihrer Höhe und in ihren geographischen Richtungen entwickeln werden, um hieraus ableiten zu können, wie sich die Import- und Exportströme darstellen werden.

Allein das Zahlenmaterial der WEK erlaubt es, eine regionale Betrachtung dahingehend anzustellen, ob der Bedarf an einzelnen Energieträgern und die entsprechenden Versorgungsmöglichkeiten in Einklang zu bringen sind. Die Frage, wie der globale Ausgleich (Handelsströme) zu erreichen wäre, bleibt jedoch auch hier offen. Ein wesentliches Ergebnis einer derartigen Bilanzierung ist, daß die OECD-Länder immer Nettoimporteure bleiben werden und langfristig (2020) immer noch 20–30 % der benötigten Energie einführen müßten. Heute liegt dieser Anteil bei rd. 55 %.

WOCOL macht nur Aussagen zum Weltkohlenhandel. Im Jahre 2000 soll er 600–1000 Mio t SKE betragen. Exportländer könnten sein:

USA:	125–350 Mio t SKE
Australien:	160–200 Mio t SKE
Südafrika:	55–100 Mio t SKE
Kanada:	27– 67 Mio t SKE

### 8.3 Zusammenfassende Betrachtung und Folgerungen für die Bundesrepublik Deutschland

Gemäß der betrachteten Studien stellen sich die **weltweiten Perspektiven zusammenfassend** folgendermaßen dar:

- Alle globalen Energiestudien gehen von einer in Zukunft noch stark anwachsenden Weltenergienachfrage aus, die im Jahre 2000 zwischen 14 und 24 Mrd t SKE und im Jahre 2020/2030 zwischen 24 und 46 Mrd t SKE gesehen wird.
- Eine wesentliche Ursache hierfür ist die wachsende Bevölkerungszahl auf über 6 Mrd Menschen im Jahr 2000 sowie etwa 8-9 Mrd Menschen im Jahre 2020/2030.
- Energieeinsparung muß einen erheblichen Beitrag zur Lösung des Energieproblems leisten, ansonsten ist die Energieversorgung der Welt nicht sicherzustellen. Die weltweiten Energieeinsparpotentiale werden langfristig, d.h. gegen 2020/2030 zwischen gut 30 % und knapp 50 % gesehen.
- Die Energieversorgungskapazitäten müssen in Zukunft erheblich ausgebaut werden. Neben Öl und Gas, die auch längerfristig noch in (absolut) hohem Maße zur Energieversorgung beitragen sollen, werden große Mengen an Kohle und ein steigender Beitrag der Kernenergie erforderlich. Die regenerativen Energiequellen werden in den betrachteten Zeiträumen dahingehend beurteilt, daß sie vom Potential her zwar sehr groß sind – die IIASA-Studie gibt beispielsweise für das Jahr 2030 ein jährlich realisierbares Potential von rd. 11 Mrd t SKE an –, daß ihr tatsächlicher Anteil an der Gesamtenergienachfrage jedoch z.T. erheblich darunterliegen wird. Immerhin wird aber davon ausgegangen, daß längerfristig Anteile von 10–15 % an der gesamten Energieversorgung erreicht werden müssen. Tabelle II.42 gibt die Spannbreite der geschätzten Energieverfügbarkeiten wieder.

Energieverfügbarkeiten im Jahr						
Energieträger	1990		2000		2020 / 2030	
	Mrd t SKE	%	Mrd t SKE	%	Mrd t SKE	%
Öl	6,5	46	5 - 8	38 - 30	4 - 7	19 - 16
Gas	3	21	2 - 4	15	2 - 6	10 - 14
Kohle	2,5	18	4 - 7	31 - 26	7 - 13	33 - 30
Kernenergie	2	15	1 - 5	8 - 18	6 - 11	29 - 25
Regenerative			1 - 3	8 - 11	2 - 7	10 - 16
Σ	14	100	13 - 27	100	21 - 44	100 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Abweichung durch Rundung

Tabelle II.42: Bandbreiten geschätzter Energieverfügbarkeiten bis zum Jahre 2030 (absolut und relativ)

Die betrachteten Studien erlauben es nicht, unmittelbare **Folgerungen für die Bundesrepublik Deutschland** zu entnehmen. Eine Ausnahme bildet der Länderbericht der WOCOL-Studie. Da diese Studie sich jedoch zu einseitig an der Kohle ausrichtet, ist ein gewisses Maß an Skepsis angebracht, ob das Herauslösen von Teilbereichen (hier Kohle) aus dem Gesamtbild zu tragfähigen Empfehlungen führen kann.

Es ist insbesondere nicht möglich, die für die Bundesrepublik Deutschland in Zukunft auf den Weltmärkten verfügbare Mengen an Energie, möglichst aufgeschlüsselt nach Energieträgern, anzugeben. Damit ist es auch **nicht möglich, Importgrenzen zu fixieren**. Gleichwohl vermitteln die Studien Hinweise auf Problembereiche, die die Bundesrepublik Deutschland, wenn sie sich auch weiterhin im internationalen Verbund eingebettet sieht, auch als die eigenen sehen muß. Unter diesem Blickwinkel werden die Studienergebnisse ausgewertet. Dabei stellen die Weltdaten den Orientierungsrahmen dar, an dem sich die Bundesrepublik Deutschland entsprechend ihren Möglichkeiten ausrichten sollte. Folgende Konsequenzen lassen sich ableiten:

- Die Anstrengungen zur **internationalen Kooperation** müssen auch von Seiten der Bundesrepublik Deutschland erheblich intensiviert werden. Das Wohlstandsgefälle zwischen armen und reichen Ländern, ausgedrückt durch das Gefälle des Bruttosozialprodukts pro Kopf, wird auch in Zukunft noch erheblich sein. Die Entwicklungshilfe heutigen Stils dürfte kaum in der Lage sein, Abhilfe zu schaffen.
- Das weltweite **Bevölkerungswachstum** wird dazu führen, daß sich der zahlenmäßige Anteil der deutschen Bevölkerung an der Weltbevölkerung von heute knapp 1,5 % langfristig halbieren wird. Das sich auch für die Zukunft noch abzeichnende Wohlstandsgefälle zu den weniger entwickelten Ländern wird Tendenzen zu verstärkten Einwanderungen hervorrufen.

- Die Schwierigkeiten der weltweiten Energieversorgung, mit der Energienachfrage zu jedem Zeitpunkt Schritt zu halten, wird dazu führen, daß der **Preis für Energie** in immer stärkerem Maße diese Verknappungstendenzen widerspiegelt. Kurzfristige Versorgungsschwierigkeiten lassen Preissprünge der Primärenergieträger im Zeitablauf nicht unwahrscheinlich erscheinen. Zudem wird die zunehmende Kapitalintensität von Explorationsvorhaben, Energieversorgungsanlagen und Maßnahmen zur rationelleren Energienutzung steigende Anteile des Bruttosozialprodukts beanspruchen. Die Konsequenzen für die Bundesrepublik Deutschland dürften im internationalen Vergleich jedoch vergleichsweise leichter zu verkraften sein.
- Der **Energieeinsparung** fällt bei der Lösung der Energieversorgungsprobleme eine Schlüsselrolle zu. Mehr noch: Ohne Energieeinsparung, und zwar in forciertem Ausmaße, wird die globale Energieversorgung nicht sicherzustellen sein. Da die Bundesrepublik Deutschland im Vergleich zu einer Vielzahl von Ländern über günstige Voraussetzungen (Technologien, Finanzierung) verfügt, den spezifischen Energieverbrauch zu senken, stellen die für die Welt als Ganzes ausgewiesenen Werte von langfristig 27–46 % auch für die Bundesrepublik ein anzustrebendes Einsparziel dar.
- Die Nachfrage nach **Mineralöl** muß in Zukunft relativ und absolut erheblich vermindert werden. Es wird erwartet, daß im Jahre 2000 das Mineralöl am gesamten weltweiten Energieverfügbarkeitspotential noch einen Anteil von 30–40 % haben könnte. Für das Jahr 2020/2030 gehen die Studien von weniger als 20 % aus. Die Bundesrepublik Deutschland verfügt im Gegensatz zu den sich entwickelnden Ländern über weitreichendere Möglichkeiten zur Ölsubstitution. Man wird deshalb erwarten dürfen, daß die angegebenen Werte für die Bundesrepublik Deutschland obere Grenzen markieren.
- Der Anteil des **Gases** an der Weltenergieverfügbarkeit wird mittelfristig (2000) auf ca. 15 % geschätzt. Langfristig wird mit einem Rückgang auf 10–14 % gerechnet. Der Erdgasanteil an der Primärenergieversorgung der Bundesrepublik Deutschland beträgt heute knapp 17 %, bezogen auf die importierte Erdgasmenge sind es 11 %. Da langfristig die Erschöpfung deutscher Erdgasvorräte abzusehen ist, sind Bemühungen zur Sicherung entsprechender Importbezüge zu unterstützen.
- **Kohle** wird in sehr großen Mengen als eine wesentliche Stütze der Weltenergieversorgung gesehen. Im Jahre 2000 könnte sie entsprechend den Studienergebnissen 25–30 % des gesamten Energieversorgungspotentials stellen und auch langfristig noch ein Drittel hiervon übernehmen. Die Orientierung an diesen Werten legt es nahe, den Abbau und den Einsatz der Kohle in der Bundesrepublik Deutschland zu forcieren, um einen weltweit wirkenden Beitrag zu ermöglichen und zusätzlich die notwendigen Infrastrukturen zu schaffen, um verstärkt Importkohle einsetzen zu können. Es besteht jedoch Unsicherheit, ob es gelingt, rechtzeitig die notwendigen Investitionen zum Aufbau der erforderlichen weltweiten und nationalen Infrastrukturen zu tätigen. Eine herausragende Bedeutung wird der direkten Verbrennung (für den Wärmemarkt) und der Kohleveredlung in Form der Verflüssigung bzw. Vergasung zuzumessen sein.
- Das zukünftige Weltenergiesystem wird aus der Sicht der Studien zunehmend **Kernenergie** zur Energieversorgung heranziehen. Ihr Anteil am Weltenergieversorgungspotential wird im Jahre 2000 zwischen 8 und 18 % gesehen. Langfristig wird mit rd. 25–30 % gerechnet. Wenn die Bundesrepublik Deutschland sich an diesen Werten orientiert, so bedeutet dies, daß sie nicht auf eine Nutzung der Kernenergie verzichten kann, da eine Vielzahl von Ländern, insbesondere Entwicklungsländern, auch längerfristig kaum in der Lage sein wird, auf Kernenergie zurückzugreifen.

- Die **Regenerativen Energiequellen** (incl. Wasserkraft) werden in Zukunft als noch stark ausbaufähig angesehen. Für das Jahr 2000 liegen die Schätzungen zwischen 7 und 11 % der gesamten Weltenergieverfügbarkeit und für 2020/2030 zwischen 10 und 16 %. Diese Zahlenwerte machen deutlich, daß die „Regenerativen“ auch in der Bundesrepublik Deutschland in die Energieversorgung eingebaut werden müssen. Aufgrund der in der Bundesrepublik guten Ausgangslage (Technologie, Finanzierung) sollten bestehende Anstrengungen verstärkt werden, um weltweit diese Zahlen mittragen zu können.

## Verzeichnis der Bilder Band II

<b>Nummer</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
II. 1	Determinanten des Energieverbrauches der Haushalte nach ESSO AG	18
II. 2	Globales Flußbild zur Methodik der langfristigen Energieprognose der Shell AG	24
II. 3	Determinanten des Endenergiebedarfs im Sektor Verkehr nach Shell AG	26
II. 4	Scenarios for the Long Term	28
II. 5	Determinanten des Energieverbrauches	34
II. 6	Projektionen der Weltenergienachfrage bis 2030	92
II. 7	Entwicklung des Sozialproduktes pro Kopf in der Welt, der OECD und den Entwicklungsländern in 2000, 2020 und 2030	96
II. 8	Klassifizierung und Charakterisierung von methodischen Ansätzen	117



## Verzeichnis der Tabellen Band II

Nummer	Titel	Seite
II. 1	Darstellung der Wirkungsketten in der Analyse des Öko-Instituts	16
II. 2	Gegenüberstellung verschiedener Prognosen in einem systematisierten Beziehungsfeld	35
II. 3	Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Haushalte	37
II. 4	Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Kleinverbrauch	39
II. 5	Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Industrie	41
II. 6	Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Verkehr	43
II. 7	Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Nichtenergetischer Verbrauch	45
II. 8	Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauches für den Bereich Umwandlung	47
II. 9	Anteil der Grundstoffindustrie am BSP in 1978-1980, 2000 und 2030 nach Enquete-Kommission (in %)	54
II. 10	Endenergieverbrauch ohne und mit Strukturveränderung (in Mio t SKE) und prozentuale Endenergieverbrauchsminderung durch Strukturwandel (ohne Energieeinsparung) in 2000 und 2030 nach Enquete-Kommission	55
II. 11	Steigerungsfaktoren der Energienachfrage nach Sektoren und Nutzungsarten in den Pfaden der Enquete-Kommission	56
II. 12	Vergleich der Einsparraten und des daraus resultierenden Endenergieverbrauchs in den Pfaden der Enquete-Kommission	58
II. 13	Wirkungen unterschiedlicher gesamtwirtschaftlicher Wachstumsraten, Strukturveränderungen und Energieeinsparungen auf den Endenergieverbrauch bis 2030 nach Enquete-Kommission	59
II. 14	Verfügbarkeit der Primärenergieträger in 2000 und 2030 nach Enquete-Kommission	60
II. 15	Ausschöpfung der Vorgaben für die Obergrenzen der Primärenergieträgerverfügbarkeit in 2000 und 2030 nach Enquete-Kommission	60
II. 16	Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahre 2030 nach Öko-Institut (in Mio Einwohner)	62

II. 17	Absolute und prozentuale Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes bzw. Bruttoinlandsproduktes pro Kopf bis 2030 nach Öko-Institut	63
II. 18	Prozentuale Anteile der Wirtschaftssektoren am Bruttoinlandsprodukt 1973–2030 nach Öko-Institut	64
II. 19	Energieeinsparung im Jahre 2030 gegenüber 1979 nach Öko-Institut (in %)	65
II. 20	Anteil der Sektoren am BSP in 1980, 1990 und 2000 nach ESSO AG (in %)	67
II. 21	Potentialabschätzung für Solar-Kollektoren in 1985, 1990 und 2000 nach ESSO AG	68
II. 22	Mineralölabsatz 1979, 1990 und 2000 nach ESSO AG (in Mio t SKE)	71
II. 23	Entwicklung der jährlichen prozentualen Wachstumsraten des BSP von 1977–2000 nach BP AG	72
II. 24	Entwicklung der jährlichen Wachstumsraten des PEV und des Elastizitätskoeffizienten ( $\Delta$ PEV : $\Delta$ BSP) von 1977–2000 nach BP AG	72
II. 25	Anteil des Umwandlungsbereiches (Verbrauch, Verluste, Differenzen) am Primärenergieeinsatz bis 2000 nach BP AG	73
II. 26	Prozentuale PKW-Anteile nach Kraftstoffarten in 1990 und 2000 nach BP AG	74
II. 27	Wärmepumpeneinsatz im HuK-Sektor in 1990 und 2000 nach BP AG (in Mio Stck.)	74
II. 28	Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahre 2000 nach Shell AG (in Mio Einwohner)	76
II. 29	Absolute und prozentuale Anteile der einzelnen Wirtschaftsbereiche am Bruttosozialprodukt bis 2000 nach Shell AG	78
II. 30	Wirtschaftsentwicklung der Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes bis 2000 nach Shell AG (Index 1978 = 100)	79
II. 31	Wirtschaftsentwicklung und Energieverbrauch in den Szenarien „Lethargie (L)“ und „Strukturwandel (SW)“ in 1990 und 2000 der Shell AG	80
II. 32	Verminderung des spezifischen Energieverbrauches in den Jahren 1990 und 2000 gegenüber 1978 nach Shell AG (in %)	80
II. 33	Technologische Entwicklung und Energieeinsparung nach Sektoren in 2000 nach Shell AG	82
II. 34	Endenergieträgerstruktur in 1978, 1990 und 2000 nach VEBA AG (in %)	84
II. 35	Benzinverbrauch pro PKW bis 2000 nach VEBA AG (Index 1978 = 100)	85

II. 36	Weltenergieressourcen und -reserven nach WEK	91
II. 37	Prognosen des Weltenergieverbrauchs bis 2030	93
II. 38	Bevölkerungsentwicklung in der Welt, der OECD und den Entwicklungsländern bis 2030	94
II. 39	Prozentuale Wachstumsraten des Weltsozialproduktes bis 2030	95
II. 40	Globales und regionales Weltenergieangebot in den Jahren 2000, 2020 und 2030 (in Mrd t SKE)	98
II. 41	Weltenergieangebot nach Energieträgern in den Jahren 2000, 2020 und 2030 (in Mrd t SKE)	99
II. 42	Bandbreiten geschätzter Energieverfügbarkeiten bis zum Jahre 2030 (absolut und relativ)	101
II. 43	Quasitechnologien „F2“ und „F3“ im Computermodell der Enquete-Kommission	126
II. 44	Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit Fernwärme	127
II. 45	Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit niedertemperaturiger Wärme der Art WARM	128
II. 46	Übersicht und Charakteristik der Quasitechnologien zur Erzeugung einer Einheit Bruttostrom	129
II. 47	Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit Prozeßwärme in der Industrie	130
II. 48	Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit Treibstoff	131
II. 49	Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit der Energieträger für den Nichtenergetischen Verbrauch	131

## Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

a	Anno/Jahr
AS	Alte Struktur
b	barrel
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BSP	Bruttosozialprodukt
disc./discont	discontinuous scenario
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EEV	Endenergieverbrauch
et.al.	und andere
GW <sub>el</sub>	Gigawatt (elektrisch)
GWh	Gigawattstunde
h	Stunde
HH	Haushalte
HuK	Haushalte und Kleinverbrauch
i.d.R.	in der Regel
IIASA	Internationales Institut für Angewandte Systemanalyse
KFA	Kernforschungsanlage
KKW	Kernkraftwerk
kTOE	Kilotons of Oil Equivalent
KV	Kleinverbrauch
KW	Kraftwerk
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
L	Lethargie
LP	Lineare Programmierung
LPG	Liquid Petrol Gas
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
Mio	Millionen
Mrd	Milliarden
NS	Neue Struktur
o.a.	oben angegeben
o.A.	ohne Angabe
ob.	oben, obig
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries
ord./Ordered	ordered scenario
o.V.	obere Variante

p.a.	pro Jahr/per anno
PEV	Primärenergieverbrauch
Pf	Pfennig
PKW	Personenkraftwagen
\$	Dollar
SKE	Steinkohleneinheit
sog.	sogenannt
Stck.	Stück
SW	Strukturwandel
t	Tonne
u.a.	unter anderem
unt./u.V.	untere Variante
US	United States
VK	Verkehr
WEK	Weltenergiekonferenz
WOCOL	World Coal Study
$\eta$	Wirkungsgrad
$\Sigma$	Summe
$\emptyset$	Durchschnitt/durchschnittlich

## Verzeichnis energetischer Umrechnungsfaktoren

Cal.: Kalorie, veraltete physikalische Maßeinheit für Arbeit bzw. Energie

J: Joule, physikalische Maßeinheit für Arbeit bzw. Energie

SKE: Steinkohleneinheit, veraltete Maßeinheit für Energie

W: Watt, physikalische Maßeinheit für Leistung

WS: Wattsekunde, physikalische Maßeinheit für Arbeit bzw. Energie

Vorsatzzeichen	k = Kilo = $10^3$					
	M = Mega = $10^6$					
	G = Giga = $10^9$					
	T = Tera = $10^{12}$					
	P = Peta = $10^{15}$					
	E = Exa = $10^{18}$					
Umrechnungsfaktoren	MJ	Mcal	kWh	kg SKE	kg RÖE	
MJ	1	0,239	0,278	0,034	0,024	
Mcal	4,19	1	1,163	0,145	0,10	
kWh	3,6	0,86	1	0,123	0,086	
kg SKE	29,31	7,0	8,141	1	0,70	
kg RÖE	41,868	10,0	11,63	1,429	1	

## Literaturverzeichnis

- [ 1] Bericht der Enquete-Kommission  
„Zukünftige Kernenergie-Politik“,  
Deutscher Bundestag, 8. Wahlperiode,  
Drucksache 8/4341, 27.6.80
  
- [ 2] Materialband 1 zum Bericht der Enquete-Kommission  
„Zukünftige Kernenergie-Politik“  
über den Stand der Arbeit und die Ergebnisse  
– Drucksache 8/4341 –
  
- [ 3] F. Krause, et al.,  
Energie-Wende: Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran,  
S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main, 1980
  
- [ 4] Technische Berichte zur Energiestudie des Öko-Instituts,  
von Florentin Krause, überarbeitet und vervollständigt durch Joey Schaffner,  
Freiburg, November 1980
  
- [ 5] ESSO AG,  
Kurzinformation ENERGIE/OEL  
Hamburg, August 1980
  
- [ 6] ESSO AG,  
Kurzinformation ENERGIE/OEL  
Hamburg, Juli 1981
  
- [ 7] Deutsche BP Aktiengesellschaft,  
Prognose des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland  
bis 2000,  
Hamburg, Juli 1980
  
- [ 8] Deutsche BP Aktiengesellschaft,  
Energieperspektiven 1950–1980–2010,  
Hamburg, 1981
  
- [ 9] Deutsche Shell Aktiengesellschaft,  
Trendwende im Energiemarkt, Szenarien für die Bundesrepublik Deutschland  
bis zum Jahr 2000,  
Aktuelle Wirtschaftsanalysen 10, August 1979
  
- [10] W. von Ilseman,  
Die geteilte Zukunft – Szenarienplanung bei Shell,  
Manager-Magazin, Heft 5, Mai 1980
  
- [11] W. Stümke/A. Löw,  
Angewandte Systemanalyse in der Praxis eines Energieversorgungsunternehmens,  
Angewandte Systemanalyse, Band 1/Heft 4 (1980)

- [12] VEBA AG,  
Energieprognose für die Bundesrepublik Deutschland 1980–2000,  
Düsseldorf, 1980
- [13] G. Kammholz, H. Frohnert, W. Lührmann,  
Energie im Haushalt,  
Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 10, Okt. 1976
- [14] G. Kammholz, H. Frohnert,  
Chancen und Entwicklungsschwerpunkte neuer Technologien und Energiearten  
in der Bundesrepublik,  
Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 12, Dez. 1977
- [15] VEBA AG,  
Thesen und Argumente zur Kernenergie,  
Düsseldorf, 1981
- [16] VEBA Kraftwerke Ruhr AG,  
Fernheizung im Ruhrgebiet aus Kohle-Kraftwerken der VEBA Kraftwerke Ruhr AG,  
Herten, Juni 1981
- [17] Energy in a finite World,  
Report by the Energy Systems Program Group of the International Institute for  
Applied Systems Analysis,  
Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1981
- [18] World Energy Resources 1985–2020,  
Executive Summaries of reports on resources, conservation and demand to the  
Conservation Commission of the World  
Energy Conference, IPC Science and Technology Press, 1978
- [19] World Energy Demand,  
The Full Report to the Conservation Commission of the World Energy Conference,  
IPC Science and Technology Press, 1978
- [20] World Energy looking ahead to 2020,  
Report by the Conservation Commission of the World Energy Conference,  
IPC Science and Technology Press, New York, 1979
- [21] C.L. Wilson (Hrsg.),  
Coal-Bridge to the Future,  
Report fo the World Coal Study,  
Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1980
- [22] The Global 2000 Report to the President,  
Washington, U.S. Government Printing Office, 1980



- [23] Deutsche BP Aktiengesellschaft,  
Energieperspektiven 1950–1980–2010,  
Hamburg, 1981
- [24] K. Schmitz, A. Voß,  
Energiewende? Analysen, Fragen und Anmerkungen zu den vom Öko-Institut  
vorgelegten „Alternativ-Bericht“,  
Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich Nr. 73, Jülich, April 1980
- [25] Weltenergiekonferenz – Survey of Energy Resources 1980,  
London 1980
- [26] World Energy Conference: Report on „World Energy Demand“ – 1985–2020 –  
Technical Report, 15/8/1977

# ANHANG

	<b>Seite</b>
<b>Anhang I</b>	117
I. Klassifizierung und Eigenschaften von methodischen Ansätzen für die Erstellung von energiewirtschaftlichen Projektionen	117
I.1 Grundsätzliche Anmerkungen zu mentalen und mathematisch formalisierten Modellen	117
I.2 Intuitive Methoden	118
I.3 Mathematisch formalisierte Modellbildung	118
I.4 Prognosen, Bedingte Prognosen, Szenarien, Systematische Zukunftsanalyse	120
<b>Anhang II</b>	123
Das Computermodell der Enquete-Kommission	123

## Anhang I

### I. Klassifizierung und Eigenschaften von methodischen Ansätzen für die Erstellung von energiewirtschaftlichen Projektionen

Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführt, gibt es keine allgemeingültigen Regeln zur Erstellung von energiewirtschaftlichen Projektionen. In der Regel lassen sich jedoch methodische Ansätze identifizieren, die in allgemeiner Form beschreibbar sind und als problemunabhängig gesehen werden können. In Anlehnung an Bild II.8 kann man zunächst grob unterscheiden zwischen mentaler Informationsverarbeitung bzw. Modellbildung einerseits und formalen Modellierungsmethoden andererseits. Die Anwendung dieser unterschiedlichen Modelle wiederum kann zu verschiedenen Zwecken erfolgen, in Bild II.8 als Prognosen, bedingte Prognosen, Szenarien und systematische Zukunftsanalysen bezeichnet. Diese Unterscheidungen sind jedoch nur zu verstehen, wenn die Begriffe inhaltlich ausgefüllt und damit klarer dargestellt werden. Dies soll im folgenden geschehen.

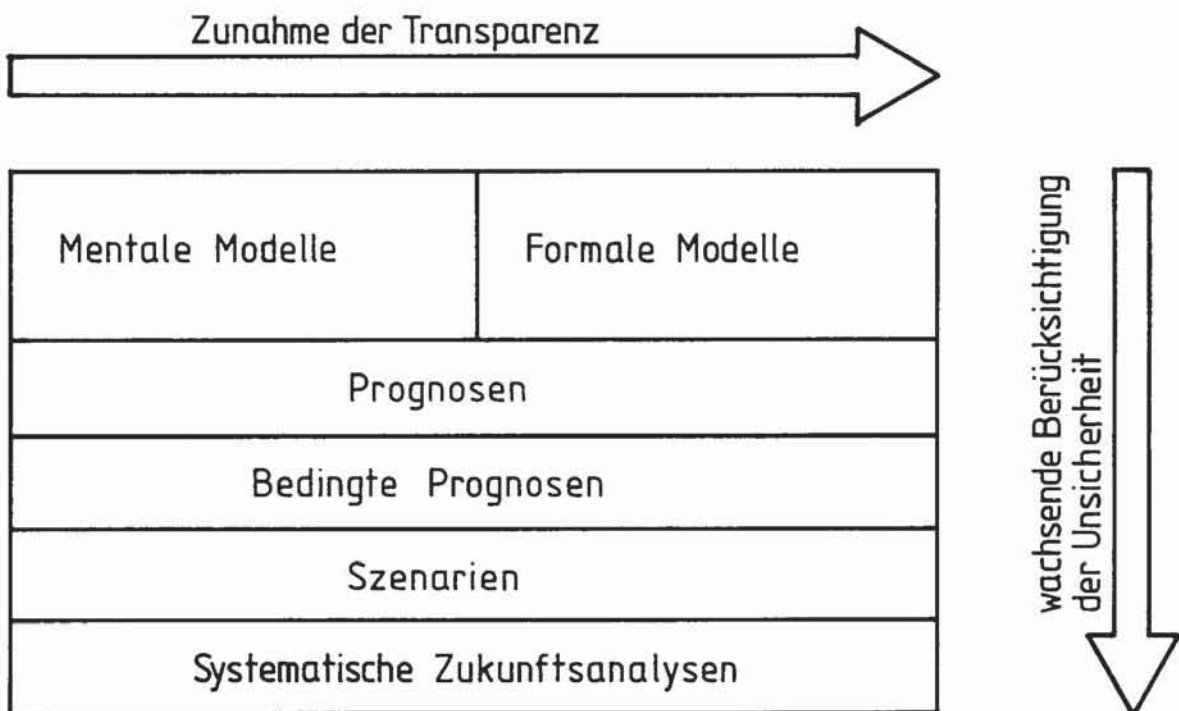


Bild II.8: Klassifizierung und Charakterisierung von methodischen Ansätzen

#### I.1 Grundsätzliche Anmerkungen zu mentalen und mathematisch formalisierten Modellen

Bei den zur Erstellung von Langfristprognosen in der Energiewirtschaft verwendeten Methoden spielt die mentale Informationsverarbeitung bzw. Modellbildung eine sehr unterschiedliche Rolle. Die bei der **mentalen Modellbildung** ablaufende Informationsumsetzung unterscheidet sich stark in dem Grad der Bewußtwerdung, welche Informationen in den jeweiligen Denk- bzw. Modellbildungsprozeß einfließen. Die intuitiven Methoden sind dadurch gekennzeichnet, daß bei ihnen die Informa-

tionsverarbeitung sich weitgehend im bewußten und unterbewußten Bereich des individuellen Denkens abspielt, während die **mathematisch formalisierte Modellbildung** und Prognose aus diesem Bereich herausgelöst wird und somit vollständig mitteilbar und damit auch nachvollziehbar gemacht wird. Das **verbale Modell** stellt hierbei eine Zwischenstufe dar zwischen dem individuell mentalen und dem mathematisch formalisierten, analytischen Modell.

Die mentale Informationsverarbeitung zeichnet sich unter anderem dadurch aus, daß sie auf eine unüberschaubare große Anzahl von Einzelinformationen in Form von mehr oder weniger subjektiven Wahrscheinlichkeiten für die verschiedensten zukünftig möglichen Einzelergebnisse zurückgreifen kann. Sowohl die Wahrscheinlichkeiten selbst als auch die Tatsache, welche Informationen in einen intuitiven Modellbildungs- oder Entscheidungsprozeß einfließen, bleibt jedoch im Normalfall weitgehend unbewußt. Die intuitive Fähigkeit des menschlichen Verstandes, Unsicherheiten qualitativ wertend berücksichtigen zu können, wird sicher immer ein wesentliches Element der Entscheidungsfindung im Bereich der Energiewirtschaft bleiben. Sie wird aber zunehmend ergänzt werden durch eine formalisierte Informationsverarbeitung, insbesondere in den Bereichen, wo quantitative Aussagen über komplexe, strukturierbare Zusammenhänge möglich sind und wo die Wirkungen unterschiedlicher Annahmen konsistent darzustellen sind.

## 1.2 Intuitive Methoden

Die intuitiven Verfahren zur Erstellung energiewirtschaftlicher Langfristprojektionen lassen sich wohl von allen Verfahren am schwierigsten in ein Schema mit genau definierten Ablaufregeln einpassen. Erfahrungswerte aus der Vergangenheit, Annahmen, Randbedingungen usw. werden ohne eine bewußt formalisierte Modellvorstellung miteinander verknüpft.

Die Bearbeitungstiefe bei der Anwendung von intuitiven Verfahren zur Erstellung von energiewirtschaftlichen Langfristprojektionen zeigt eine große Spannweite: von der Schätzung basierend auf der „Daumenmethode“ eines einzelnen Experten oder einer Expertengruppe bis hin zu aufwendigen und komplexen Überlegungen. Bekannte intuitive Verfahren sind beispielsweise das Brainstorming und die Delphi-Technik, deren zentrales Ziel es ist, systematisch Ideen oder zukünftige Entwicklungen aufzudecken. Dabei geht es in erster Linie um möglichst originelle und ungebundene Meinungsäußerungen, um die schöpferische Kraft der Beteiligten auf die zukünftige Entwicklung zu konzentrieren. Die Stärke der intuitiv mentalen Methodik liegt zum einen in der Berücksichtigung von Unsicherheiten, sowie in der großen Flexibilität. Die intuitiv erstellten Projektionen können jeweils den aktuellsten Informationsstand für sich in Anspruch nehmen, da sie ohne großen Aufwand neuen Informationen angepaßt werden können.

## 1.3 Mathematisch formalisierte Modellbildung

Die bei formalisierten Modellen der Energiewirtschaft benutzten Modellierungsmethoden lassen sich nach unterschiedlichen Gesichtspunkten klassifizieren. Wir wollen hier nur drei davon herausgreifen. Erstes Unterscheidungsmerkmal ist die Abbildung von Wirkungsursachen bzw. Ursache-Wirkungsbeziehungen einerseits und Zweck- bzw. Zielursachen andererseits. Diese Unterscheidung deckt sich weitgehend mit den Kategorien explikativ und normativ.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal liegt in der Behandlung von Unsicherheiten in den Modellbeziehungen. In deterministischen Modellen wird Unsicherheit explizit nicht erfaßt und gegebenenfalls nur durch die Variation exogener Variablen berücksichtigt, während stochastische Modelle versuchen, Unsicherheit direkt in den Modellaufbau miteinzubeziehen.

Ein drittes Unterscheidungsmerkmal besteht in der Art der mathematischen Beziehung eines Modells. Als größte Einteilung lassen sich hier lineare und nichtlineare Modelle unterscheiden. Aufgrund methodischer, insbesondere numerischer Schwierigkeiten spielen traditionsgemäß bei großen ökonomischen Modellen sowie auch bei großen Programmierungsmodellen jeweils die linearen Modellansätze eine besondere Rolle.

Charakteristisch für die Problematik der Modellbildung der Energiewirtschaft ist, daß für eine mittel- bis langfristig quantitativ adäquate Beschreibung sowohl technologiespezifische Eigenschaften des Energieerzeugungs-, Umwandlungs- und Verbrauchssystems berücksichtigt werden müssen als auch ökonomiespezifische Verhaltensweisen der ins Energiesystem eingebundenen Unternehmer und Verbraucher. Hieraus sollen nun einige Vor- und Nachteile von drei bei Abbildungen der Energiewirtschaft gebräuchlichen Modelltypen abgeleitet werden.

**Simulationsmodelle** sind ursprünglich rein technologieorientierte Modelle, die die Energieflüsse detailliert darstellen. Sie erlauben eine starke Disaggregation des Kapitalstocks des Energiesystems herunter bis auf die Ebene der wichtigsten Einzeltechnologien sowie auch deren Altersstruktur. Sofern sie nicht zusätzlich ökonomische Elemente enthalten, bleiben für diese Modelle die ökonomisch wichtigen Verhaltensfunktionen der am Energiesystem beteiligten Parteien exogen.

**Ökonometrische Modelle** haben ihre Stärke in der Darstellung von Verhaltensweisen, also der Wechselwirkung von Energienachfrage und -angebot. Da ökonometrische Modelle (insbesondere solche mit linearen Modellansätzen) zur Schätzung der Verhaltensfunktionen und deren Vertrauensbereiche größtenteils Daten aus der Vergangenheit benutzen, erscheinen diese Modelle in erster Linie für kurz- bis mittelfristige Prognosen geeignet. Ihre Aussagemöglichkeit im Hinblick auf strukturelle Änderungen ist dagegen beschränkt.

**Optimierungsmodelle** versuchen, die Verhaltensfunktionen der ins Energiesystem eingebundenen Entscheidungsträger in Gestalt der Unternehmer und Verbraucher mikroökonomisch abzubilden, indem das Verhalten als Resultat des Verfolgens bestimmter Ziele bzw. als Maximierung bestimmter Nutzenfunktionen erklärt wird. Eine solche Vorgehensweise scheint für Langfristmodelle besser geeignet zu sein als die ökonometrische, da bei Optimierungsmodellen auch Veränderungen im Ziel- bzw. Wertesystem der Entscheidungsträger berücksichtigt werden können.

Die wichtigsten Energietechnologien sind vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus recht gut als lineare Technologien darstellbar. Deshalb kommt linearen Programmierungsmodellen im Bereich der Energiewirtschaft eine besondere Bedeutung zu. Zur Darstellung der Preis- und Einkommensabhängigkeit des Nutzenergiebedarfs der Haushalte wie auch der Preisabhängigkeit struktureller Veränderungen der Produktionssektoren der übrigen Industrie müssen jedoch auch nichtlineare Modellbeziehungen verwandt werden.

## 1.4 Prognosen, Bedingte Prognosen, Szenarien, Systematische Zukunftsanalysen

Aussagen über den Verlauf zukünftiger Ereignisse und Prozesse erfahren die verschiedensten Bezeichnungen:

Prognose, Bedingte Prognose, Projektion, Vorausschau, Perspektive, Strategie, Szenario – um nur einige zu nennen. Oft werden die Begriffe synonym verwendet, vor allen Dingen in der Öffentlichkeit. In der Fachwelt findet man jedoch immer häufiger Differenzierungen inhaltlicher Art, um Unterschiede in der Erarbeitung von Informationen über die Zukunft deutlich zu machen, da hieraus eine bessere Beurteilungsgrundlage hinsichtlich der Vorgehensweise und der Ergebnisse erwächst. Wir schließen uns dieser differenzierenden Betrachtung an und wollen hierdurch vor allen Dingen deutlich machen, wo die Unterschiede in der Berücksichtigung der Unsicherheit liegen. Unter **Prognose** soll hier die Anwendung mentaler und/oder formalisierter Modelle verstanden werden, um die zukünftige Entwicklung in Form einer Einlinien-Entwicklung zu beschreiben. Die zentrale Fragestellung hierbei lautet: „Wie wird sich die Zukunft entwickeln“? In vielen Fällen bedient man sich bei der Erstellung von Prognosen mathematisch-statistischer Methoden, mit deren Hilfe Abhängigkeiten oder Zusammenhänge aus der Vergangenheit ermittelt in die Zukunft extrapoliert werden. Bei vielen Extrapolationsverfahren ist die Zeit der erklärende Faktor. Sie ist dabei als Bestimmungsfaktor für eine Vielzahl nicht näher angegebener Einflußgrößen unterschiedlicher Intensität und Richtung zu verstehen. Welches Gewicht die jeweiligen Einflußfaktoren haben, bleibt unklar, so daß die „Gesetzmäßigkeit“ der zeitlichen Entwicklung der prognostizierten Größe formal rein zeitabhängig begründet ist. Eine explizite Erfassung von Unsicherheit erfolgt nicht.

Die eigentliche Projektion des ermittelten statistischen Zusammenhangs, der in Form einer Trendfunktion mathematisch exakt dargestellt wird, ist in der Regel keine schwierige Aufgabe, soweit man mechanistisch die Trendfunktion fortschreibt, ob nun linear, exponentiell oder sonst wie. Eine solche (formale) Vorgehensweise muß jedoch in vielen Fällen als wenig befriedigend angesehen werden, bleiben doch andere als in der Trendfunktion inkorporierte Informationen unberücksichtigt. Erst die Einbeziehung zusätzlicher zumeist auch intuitiv erfaßter Informationen in die Trendfortschreibung, wie etwa über Sättigungsgrenzen oder Unsicherheiten, stellt den Interpretations- und Argumentationsrahmen auf eine breitere Basis. Dennoch bleibt festzustellen, daß unabhängig davon, ob nun mehr formale oder mentale Elemente zum Tragen kommen, die Vorstellung aufrechterhalten bleibt, daß die Hauptdeterminanten für die Vergangenheitsentwicklung in der Zukunft in gleicher Form auftreten und wirken.

Als Vorteil und damit auch als ein Grund für die weite Verbreitung von so erstellten Prognosen in der Praxis ist der relativ geringe Aufwand, was Rechenaufwand und Datenverarbeitung anbelangt, anzusehen.

**Bedingte Prognosen** stellen die Frage in den Mittelpunkt: „Wie wird sich die Zukunft entwickeln, wenn...?“

In diesem Sinne werden sie hier so verstanden, daß sie expliziter als Prognosen unterschiedlicher Annahmen-Konstellationen in die Betrachtung der Zukunft einbeziehen und damit die Unsicherheiten, die aus den unterschiedlichen Annahmeeinschätzungen resultieren, dokumentieren. Sowohl mentale als auch formale Methoden spielen bei der Erstellung von bedingten Prognosen eine Rolle.

**Szenarien** orientieren sich an der Fragestellung: „Wie könnte oder wie sollte die Zukunft aussehen?“ Hieraus leitet sich das Ziel der Szenariotechnik ab, ein möglichst umfassendes und wider-

spruchsfreies Bild denkbarer zukünftiger Entwicklungen zu zeichnen und zwar – und dies ist charakteristisch für Szenarien – nicht ausschließlich begründet auf Erfahrungen und Strukturen der Vergangenheit. Dies stellt hohe Anforderungen an Konsistenz und Plausibilität. Die Grundlage von Szenarien bildet das Erfassen der logischen Verknüpfung von Wirkungsketten in einem definierten Untersuchungsfeld. Aufbauend auf diesen Wirkungsketten wird dann versucht, mögliche zukünftige Situationen zu beschreiben, welche sich aus der gegenwärtigen Situation und angenommener zukünftiger Entscheidungen ableiten. Das Ergebnis der Vorausschau ist also abhängig von Annahmen über zukünftige Aktionen. Eine wichtige Aufgabe der Szenariotechnik kann darin bestehen, diese Annahmen zu variieren, um auf diese Weise mehrere alternative Zukunftsbilder zu entwerfen. Neben einem besseren Problemverständnis ergeben sich neue Aspekte für die Problembehandlung, insbesondere bessere Vorstellungen über den Spielraum, in dem sich die interessierenden Größen plausibel entwickeln könnten.

Die Szenariotechnik bedient sich sowohl der intuitiven als auch der formalisierten Verfahren. Ihr spezieller Vorzug liegt in der ganzheitlichen Problemerkennung von alternativen Entwicklungspfaden und damit in der Möglichkeit, in einem größeren Rahmen unterschiedliches strategisches Verhalten auf seine Risiken und Chancen hin abzuschätzen. Dies geschieht in einer zeitlichen Abfolge. Zwischenschritte und Übergänge werden explizit erfaßt und fallen nicht – wie bei punktuellen Betrachtungen – unter den Tisch. Damit ist gewährleistet, daß nicht nur wünschenswerte Vorstellungen über eine zukünftige Situation entwickelt werden, sondern daß gleichzeitig auch ihre Realisierbarkeit überprüft wird. Als Nachteile der Szenariotechnik gelten der verhältnismäßig hohe Aufwand an Zeit sowie die Tatsache, daß diese Art Gedankenexperimente durchzuführen noch relativ ungewohnt ist und von daher oft mit Skepsis betrachtet wird. Gerade der letzte Punkt dürfte aber eher ein Vorteil sein, da man sich auf diese Weise von allzu vergangenheitsgeprägten Vorstellungen lösen und kreativ vergangenheitsunabhängigere Zukunftsbilder entwerfen kann. Denkbare Entwicklungen, die wenig glatt verlaufen und möglicherweise auch Krisenhaftes aufweisen könnten, sind so einer Analyse zugänglich. Die szenarische Planung verbessert insbesondere bei Entwicklungsbrüchen den Informationsstand über den Handlungsspielraum. Gegenmaßnahmen können häufig sofort eingeleitet werden, um eine neue Situation bestmöglich zu meistern. Auf diese Weise vergrößern sich gegenüber den vorgenannten Ansätzen die Möglichkeiten einer weiter verbesserten Erfassung der Unsicherheit.

**Systematische Zukunftsanalysen** rücken die Frage ins Zentrum: „Welche Entscheidungen sind heute angesichts der Vielzahl denkbarer zukünftiger Entwicklungen unter besonderer Berücksichtigung der Unsicherheiten zu treffen?“

Die Analyse weit in die Zukunft reichender energiewirtschaftlicher Entwicklungen sieht sich mit der Tatsache konfrontiert, daß mit dem wachsenden Betrachtungszeitraum auch die Unschärfe, d.h. die Variationsbreite der Bestimmungsfaktoren sowie die Zahl nicht vorhersehbarer Ereignisse zunehmen. Die Folge hiervon ist eine sehr große Anzahl denkbarer und plausibler Zukunftsverläufe, welche zum Endzeitpunkt der Betrachtungen in ihren Konstellationen erheblich voneinander abweichen können. Da es nun in der Regel nicht möglich ist, die Unsicherheit der Entwicklung der Bestimmungsgrößen zu reduzieren und damit die Bandbreite der Zukunftsentwicklungen zu reduzieren, ist es auch wenig effektiv aus dem Spektrum möglicher Entwicklungen eine sog. wahrscheinliche Entwicklung identifizieren zu wollen. Eine rationale Vorgehensweise sollte vielmehr die Frage in den Mittelpunkt stellen, welche Entscheidungen sind angesichts der Vielfalt denkbarer Entwicklungen heute sinnvoll und notwendig? Der erste Schritt einer systematischen Zukunftsanalyse ist darauf ausgerichtet sog. robuste Entscheidungen, auch Kernentscheidungen genannt, zu identifizieren. Hierunter sind diejenigen Entscheidungen zu verstehen, die in Anbetracht der sich darstellenden Vielfalt von denkbaren und plausiblen Entwicklungen relativ unabhängig sind von dem letztendlich sich einstel-

lenden Weg, oder anders ausgedrückt sind dies die Entscheidungen, die in jedem Fall richtig sind. Diese Entscheidungen würden sicherstellen, daß die Mehrzahl der möglichen Zukünfte realisierbar bleibt. Es wäre damit möglich, einen unter heutigen Gesichtspunkten favorisierten Pfad in die Zukunft zu Gunsten eines anderen zu einem späteren Zeitpunkt wieder zu verlassen. Damit wäre ein hohes Maß an Flexibilität gegeben. Ausgangspunkt dieses ersten Schrittes einer systematischen Zukunftsanalyse ist ein sorgfältig definierter Szenarienkranz, welcher ein möglichst breites Spektrum aus heutiger Sicht plausibler und wahrscheinlicher Zukunftspfade abdeckt. Für jedes Szenario aus diesem Szenarienbündel erfolgt eine systematische Darlegung aller entscheidungsrelevanten Annahmen, d.h. Kennzeichnung aller Schritte, die zur Erzielung des jeweils definierten Zukunftsverlaufs erforderlich sind. Zur Auffindung der Kernelemente wird dann in einem ersten Schritt auf dieser Grundlage die Schnittmenge der in dem gesamten Szenariokranz auftretenden Entscheidungselemente gebildet, d.h. man bestimmt diejenigen Kernelemente, die sozusagen immer in Lösung sind, die also für jedes Szenario im Sinne der Zielerreichung „richtig“ sind. Damit ist eine Teilmenge der gesuchten Kernelemente identifiziert.

Darüber hinaus existieren noch Entscheidungselemente, die für den einzelnen Szenariofall notwendig sind, die aber auch gleichzeitig mit den Entscheidungselementen in den anderen Szenarien verträglich sind. Diese ‚verträglichen‘ Elemente sind ebenfalls Kernelemente, da sie die Summe derjenigen Entscheidungselemente darstellen, die notwendig sind, damit möglichst viele der untersuchten Energiepfade realisierbar bleiben, auch wenn schon Entscheidungen in Richtung einer bestimmten favorisierten Entwicklung getroffen worden sind. **Schnittmengenelemente** und ‚**verträgliche**‘ **Elemente** sind die gesuchten Kernelemente und stellen das erste wichtige Ergebnis der systematischen Zukunftsanalyse dar. In einem weiteren Schritt sind diejenigen Entscheidungen zu identifizieren, die szenariospezifisch und mit anderen Entwicklungen nicht verträglich sind. Im eigentlichen Entscheidungsprozeß können dann diese Entscheidungen besonders sorgfältig diskutiert werden.

Die systematische Zukunftsanalyse stellt heute den wohl weitgehendsten Ansatz dar, Zukunftsvorsorge zu treffen, indem man Vorbereitungen nicht nur für eine (oder mehrere wenige) wahrscheinliche Entwicklung(en) trifft, sondern eine Vielzahl plausibler Alternativen explizit ins Kalkül einbezieht und hieraus quantitative Schlußfolgerungen möglichst allgemeingültiger Art für die Zukunft ableitet. Diesen daraus resultierenden Vorteil einer größeren Robustheit von zumindest einem Teil der anstehenden Entscheidungen, steht als möglicher Nachteil ein relativ hoher Aufwand entgegen. Aufgrund der Vielzahl von notwendigen Rechenoperationen für eine derartige Vorgehensweise wird der Einsatz von EDV-Anlagen in den meisten Fällen unumgänglich, zumindest dann, wenn komplexe Problemfelder behandelt werden. Die Programmierung der entsprechenden Systemzusammenhänge, die Datenhandhabung, die Durchführung der Rechenläufe usw. kosten Zeit und Geld, so daß auf jeden Fall der Nutzen der reduzierten Entscheidungsunsicherheiten mit dem Aufwand zu vergleichen ist.



## Anhang II

### Das Computermodell der Enquete-Kommission

Als Hilfsmittel für die Durchrechnung der vier Pfade bedient sich die Kommission eines Computermodells, das die auftretenden Energieflüsse, die verbrauchten Energieträger und die befriedigten Bedürfnisse, die als nutzungsorientierter Energieverbrauch quantifiziert sind, und alle Input- und Output-Bilanzen, die exogen vorgegebenen Vorschriften folgen, als Lösungen eines (Un-)Gleichungssystems nach der Theorie der Linearen Programmierung ermittelt. Zur Deckung der nutzungsorientierten Endenergienachfrage stehen konkurrierende Technologien, die bestimmte Energieträgersubstitutionen ermöglichen, zur Verfügung, so daß sich unter bestimmten gewünschten Zusatzeigenschaften (energiepolitischen Randbedingungen oder den Zielen der Optimierung, wie z.B. minimaler Ölbedarf oder minimaler Primärenergieeinsatz) ein optimaler Technologiemix entsprechend den Randbedingungen und dem Zielkriterium als Lösung ergibt.

#### Formaler Aufbau des Computermodells – Informationsfluß

Das Modell durchläuft für jeden Zeitpunkt folgende Stufen:

- 1) Energiewirtschaftliches Ausgangsniveau
- 2) Zukünftige wirtschaftliche Aktivitäten
- 3) Strukturelle Änderungen
- 4) Einsparungen – neue Technologien
- 5) End- bzw. Primärenergiebedarfszahlen

Die Stufen 2) und 3) werden unterteilt in den Produktions- und den Konsumbereich. Bei einem „Straight forward“-Vorgehen werden ausgehend vom nutzungsorientierten Endenergieverbrauch zur Bereitstellung von Licht, Kraft, Raumwärme, Prozeßwärme und Treibstoffen des Basisjahres 1980 (Modellstufe 1) über die Höhe des Konsum- oder Aktivitätsniveaus (Modellstufe 2), die Vorgabe der strukturellen Änderungen der Volkswirtschaft (Modellstufe 3) und die Vorgabe der Energieeinsparungen und Charakteristik der neuen Technologien (Modellstufe 4) der Endenergieverbrauch nach Nutzungsarten und Primärenergieverbrauch nach Energieträgern (Modellstufe 5) bestimmt.

Genauso können neben den Angaben zu Modellstufe 1) die Angaben zu 3) bis 5) vorgegeben werden und daraus kann 2) als Ergebnis bestimmt werden.

#### Gliederung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren und Nutzungsarten

Der gesamte Endenergieverbrauch wird sektoral in

- Private Haushalte (Ein- und Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser),
- Kleinverbrauch,
- Industrie (Grundstoff und Produktionsgüter, Übrige Industrie),
- Verkehr (Privater Verkehr, Gewerblicher Verkehr)

und nutzungsorientiert in

- Raumwärme
- Prozeßwärme und
- Licht und Kraft

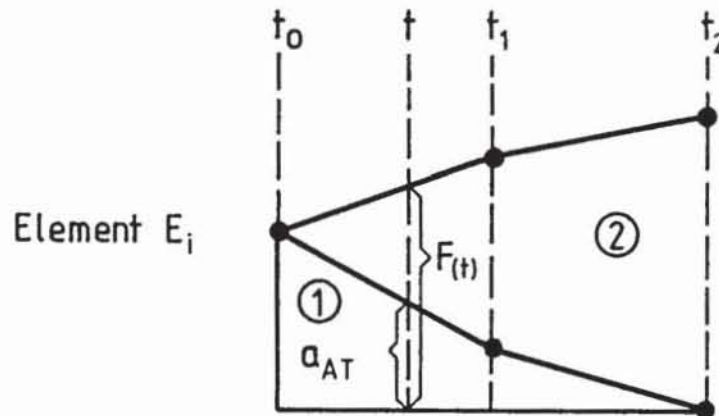
aufgeteilt.

## Energieeinsparung und Regenerative Energieträger

Energieeinsparungen werden formal wie ein Energieträger (Energiesparen als Energiequelle) behandelt, der bei der Ermittlung des Endenergieverbrauchs unberücksichtigt bleibt. Regenerative Energieträger werden als Endenergie bilanziert, soweit sie zur Deckung der Endenergienachfrage beitragen. Primärenergieseitig wird diese Endenergie als Substitution von Mineralöl behandelt. Eine Einheit Endenergie wird formal als 1,07 Einheiten Renewables primärenergieseitig bilanziert.

## Einführung neuer Technologien

Für jede einzelne nutzungsorientierte Nachfrage nach Endenergie wird die zeitliche Entwicklung und zeitlich variable Deckung nach folgendem Schema behandelt:



① = „Alte“ Technologien

② = „Neue“ Technologien

Zum Ausgangszeitpunkt der Betrachtung  $t_0$  erfolgt die Deckung zu 100 % durch sogenannte „alte“ Technologien, die die bestehende Versorgungsstruktur und bestehende Techniken der Energieumwandlung beschreiben. Zwischen  $t_0$  und  $t_2$  wächst  $E_{i0}$  auf  $E_{i2}$ , außerdem werden die „alten“ Technologien ersetzt. Zum Zeitpunkt  $t_1$  besteht ein Mix aus „alten“ und „neuen“ Technologien, d.h. Änderungen, die in den „neuen“ Technologien stecken, sind insgesamt zu einem bestimmten – von außen vorgebbaren – Anteil verwirklicht.

Die Charakteristik und Struktur der Technologien, sowohl der alten als auch der neuen, bleibt über den ganzen Betrachtungszeitraum konstant. Die alten Technologien charakterisieren den heutigen Stand der Umwandlungstechniken und die neuen Technologien den Zustand des Jahres 2030. Formal übernimmt vom Jahr 1980 an die Technik des Jahres 2030 die Deckung der nicht durch die Technik des Jahres 1980 gedeckten Nachfrage nach nutzungsorientierter Endenergie.

Umwandlungstechniken im Endenergiebereich entsprechend den alten Technologien haben eine Lebensdauer von 50 Jahren und werden nach 1980 nicht mehr zugebaut. Für 1980 übernehmen sie 100 % des Endenergieverbrauchs, im Jahr 2000 im Bereich Raumwärme noch 60 % und in allen anderen Bereichen noch 40 % des Endenergieverbrauchs, und bis zum Jahr 2030 gehen sie auf 0 % zurück.

### Zeitliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs

Die zeitliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs errechnet sich für alle Sektoren und Nutzungsarten nach folgender Formel

$$EEV(t) = EEV(t_0) \times \{ \alpha_{AT}(t) + [F(t) - \alpha_{AT}(t)] \times (1-ES) \}$$

EEV(t)	= Endenergienachfrage zum Zeitpunkt t
EEV(t <sub>0</sub> )	= Endenergienachfrage im Basisjahr t <sub>0</sub>
α <sub>AT</sub> (t)	= Zum Zeitpunkt t noch durch bestehende alte Technologien des Basisjahres gedeckte Endenergienachfrage
F(t)	= Index des Aktivitäts- bzw. Konsumniveaus bezogen auf EEV(t <sub>0</sub> )
ES	= Energieeinsparung, die durch die neuen Technologien wirksam wird

Der nicht durch Einsparung zu deckende Teil der nutzungsorientierten Endenergienachfrage wird formal in „energieträger-orientierten Zwischenstufen“ umgewandelt. Die Umwandlung ist charakterisiert durch die Strukturanteile, mit denen jede „energieträgerspezifische Zwischenstufe“ zur Deckung der nutzungsorientierten Endenergienachfrage beiträgt. Diese Zwischenstufen werden bilanziert in folgenden Aggregaten:

ELE	Elektrizität allgemein
ELHZ	Elektrizität für Raumwärme (Nachtspeicher)
FERN	Fernwärme
HEIS	Wärme hoher Temperatur aus Brennstoffen für industrielle Prozesse
WARM	Wärme niedriger Temperatur, konventionell bereitgestellt für Raumwärme und Warmwasserbereitung
TR	Treibstoff für Kraftfahrzeuge
SUN	Solarenergie bzw. Umgebungswärme

Für den Umwandlungssektor, der die Endenergie bereitstellt, ist formal nur die Kenntnis der „energieträgerspezifischen Zwischenstufen“ nötig. Die Aufstellung des Endenergieverbrauchs nach den Energieträgern Kohle, Produkte der Kohleveredlung, Öl und Gas, Wasserstoff, Fernwärme, Elektrizität, Renewables ist im Informationsfluß bis zur Ermittlung des Primärenergieverbrauchs nicht enthalten; sie ist erst möglich, nachdem im Umwandlungssektor entsprechend den Randbedingungen und Optimierkriterien die Endenergieträger ermittelt sind, die die „energieträgerspezifischen Zwischenstufen“ bereitstellen. Die „Zwischenstufe“ HEIS kann z.B. durch Direkteinsatz fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl und Gas), durch Strom und Wasserstoff oder neue Verfahren des Kohledirekteinsatzes bereitgestellt werden (s. Tab. II-47).

## Umwandlungstechnologien

Die „energieträgerorientierten Zwischenstufen“ werden jeweils als Output konkurrierender Prozesse bereitgestellt. Der gesamte Input in diese Prozesse wird nach den Energieträgern Kohle, Öl und Gas, Kernenergie und Regenerative zum Primärenergieverbrauch addiert.

Die Energieumwandlung von Primärenergie in nutzungsorientierte Endenergie wird im Modell durch quasitechnologische Prozesse abgebildet, die im Modell durch Inputs und Outputs charakterisiert sind, wie sie sich für einen bestimmten Mix von realen Technologien ergeben. Die Entscheidung für eine Modelltechnologie fällt dann nicht für eine reale Technologie, sondern für einen exogen zusammengesetzten Satz von realen Technologien. Alternative Modelltechnologien unterscheiden sich in der Zusammensetzung des Satzes. Beispielhaft werden im folgenden die Technologien zur Fernwärmeerzeugung (Tab. II.43 und II.44) ausführlicher dargestellt, die anderen Umwandlungstechnologien werden in Übersichtstabellen (Tab. II.45 – II.49) kurz beschrieben und jeweils durch die Inputs zur Erzeugung einer Einheit Endenergie charakterisiert.

Die Fernwärmeerzeugung des Basisjahres 1980 wird durch die „alte Technologie“ F1 beschrieben. F1 hat eine Lebensdauer von 20 Jahren und scheidet gleichverteilt über diesen Zeitraum von 20 Jahren aus, ein Neubau nach 1980 ist nicht mehr zugelassen.

Eine Einheit Fernwärme wird formal aus 1.11 Einheiten Primärenergie bereitgestellt ( $\eta = 90\%$ ), und zwar aus 0,47 Einheiten Kohle und 0.64 Einheiten Öl und Gas.

Den Ersatz von F1 und den benötigten Zubau stellen die konkurrierenden Technologien F2 und F3.

Die Quasitechnologien F2 und F3 setzen sich wie folgt zusammen (Tab. II.43):

	„F2“	„F3“
Reine Fernheizwerke ( $\eta = 90\%$ )	25 %	25 %
Blockheizkraftwerke ( $\eta = 80\%$ , Wärme:Strom = 1,5:1)	15 %	15 %
Kraft-Wärme-Kopplung in -Kohlekraftwerken ( $\eta = 80\%$ , Wärme:Strom = 3:1)	30 %	60 %
-Kernkraftwerken ( $\eta = 80\%$ , Wärme:Strom = 5:1)	30 %	0
$\Sigma$	100 %	100 %

$\eta$  = Wirkungsgrad

Tabelle II.43: Quasitechnologien „F2“ und „F3“ im Computermodell der Enquete-Kommission

Technische Verfahren	Input	Wirkungsgrade $\eta$		Bemerkungen
		Fernw. %	Strom	
F <sub>1</sub> Reine Fernheizwerke	Kohle 0,47 Öl + Gas 0,64	90	—	kein Zubau nach 1980, Lebensdauer 20 Jahre
F <sub>2</sub> • Fernheizwerke • Blockheizwerke • Kraftwärmekopplung in Kohle- und Kernkraftwerken	Kohle 1,09 Kern. 0,42	90	65	Zubau ab 1980 Koppelprodukt: 0,26 Einh. Strom pro Einh. Fernwärme
F <sub>3</sub> wie F <sub>2</sub> , ohne Kernkraft	Kohle 1,59	90	62,5	Zubau ab 1980 Koppelprodukt: 0,3 Einh. Strom pro Einh. Fernwärme

$\eta$  = Wirkungsgrad

Tabelle II.44: Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit Fernwärme

Die Zuordnung des Primärenergieverbrauchs auf Strom und Fernwärme geschieht in der Weise, daß die Fernwärme primärenergieseitig so behandelt wird, wie wenn sie ohne Kopplung entstanden wäre, der Differenzbetrag wird der Stromerzeugung zugeordnet.

Je nach den gewählten Nebenbedingungen und Zielkriterien geht F2 oder F3 in Lösung.

Technische Verfahren	Input		Gesamt	Bemerkungen
			$\eta$ %	
A 1 Direkteinsatz fossiler Brennstoffe (konventionell)	Kohle 0,10 Öl + Gas 0,97	93 %	kein Zubau ab 1980 50 Jahre Lebensdauer	
A 2 Direkteinsatz fossiler Brennstoffe (konventionell)	Öl + Gas 1,07	93 %		
A 3 Autotherme Kohlevergasung	Kohle 1,67	60 %		
A 4 Allotherme Kohlevergasung	Kohle 0,50 H2 0,60 Kern 0,15	45 %	H2 wird mit Kernenergie erzeugt, $\eta = 38 \%$	
7E Substitution fossiler Brennstoffe durch Strom	Strom 0,84 Ein- sparung 0,16	–	nur in Pfad 1, Varianten zu 2 und 3 zugelassen	

$\eta$  = Wirkungsgrad

Tabelle II.45: Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit niedertemperaturiger Wärme der Art WARM

### Nachtspeicherstrom

Maximal 10 % des erzeugten Stroms aus Technologie E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>4</sub>, E<sub>8</sub> und WW können in Nachtspeicherheizungen verwendet werden. Falls mehr Strom für Nachtspeicher nachgefragt wird, wird dieser in speziellen Kraftwerksanlagen aus Kernenergie bzw. Kohle erzeugt (Technologien E5 bzw. E6, die Auslastung der hier eingesetzten Kernkraftwerke beträgt 3000 h/a, die der in Technologie E2 eingesetzten 6000 h/a).

Technische Verfahren	Netto Brutto	Input	Gesamt $\eta$ (Brutto) %	Bemerkungen
E1 Konventionell Stand 1980	0,83	Kohle 1,58 Öl + Gas 0,75 Kern. 0,29	38 %	kein Zubau ab 1980
WK Wasserkraft Müll, Import an Strom	0,83	RENW 2,67	37,5 %	Stilllegung bis 2000
E2 Schwergewicht Kernenergie	0,88	Kern. 1,90 Kohle 0,24 Öl + Gas 0,24	42 %	Zubau ab 1980
E4 Schwergewicht Kohle	0,88	Kohle 2,14 Öl + Gas 0,24	42 %	
E8 nur Ölkraft- werke	0,88	Öl 2,38	42 %	nur in Pfad 1 zugelassen
WW wie WK, zusätzlich Windkraftwerke	0,88	RENW 2,38	42 %	
IE industrielle Kraftwärmekopplung	1,0	Kohle 1,18	85 %	erzeugte Mengen sind in allen Pfaden fest vorgegeben
E5 Kohle KW	1,0	Kohle 2,38	42 %	zusätzliche Kapazität für Nachtspeicher- strom
E6 KKW	1,0	Kern. 2,38	42 %	

$\eta$  = Wirkungsgrad

Tabelle II.46: Übersicht und Charakteristik der Quasitechnologien zur Erzeugung einer Einheit Bruttostrom

Technische Verfahren	Input		Gesamt	Bemerkungen
			$\eta$	
I1 Direkteinsatz fossiler Brennstoffe (konventionell)	Kohle	0,42	93 %	Lebensdauer 50 Jahre Zubau nach 1980 erlaubt
	Öl + Gas	0,66		
8E Stromeinsatz zur Substitution fossiler Brennstoffe	Strom	1,0	100 %	nur in Pfad 1 und Varianten zu 2 und 3
I2 Direkteinsatz von Kohle	Kohle	1,08	93 %	Ein Mix aus I1, I2, I3 kann exogen fest vorgegeben werden
I3 Einsatz von H2	H2	1,00	—	

$\eta$  = Wirkungsgrad

Tabelle II.47: Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit Prozeßwärme in der Industrie



Technische Verfahren	Input	Gesamt $\eta$	Bemerkungen
T1 Konventionell in Raffinerien	Öl + Gas 1,07	93 %	Lebensdauer 20 Jahre Zubau nach 1980 erlaubt
T2 autotherme Kohleverflüssigung	Kohle 2,50	40 %	sind in keinem der durchgeführten Rechenläufe in Lösung
T3 allotherme Kohleverflüssigung	Kohle 0,80 H2 0,80 Kern. 0,37	40 %	
T4 Treibstoffe aus Regenerativen Energieträgern	RENW 1,07	93 % <sup>1)</sup>	

$\eta$  = Wirkungsgrad

<sup>1)</sup> In der Primärenergiebilanz werden die regenerativen Energieträger, die als Ersatz für flüssige Treibstoffe eingesetzt werden, als Substitution von Mineralöl behandelt (Substitutionsprinzip wie bei Kernenergie)

Tabelle II.48: Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit Treibstoff

Technische Verfahren	Input	Bemerkungen
C1 Konventionell in Raffinerien	Kohle 0,07 Öl + Gas 1,00	Lebensdauer 20 Jahre Zubau auch nach 1980 erlaubt
C2 autotherme Kohlevergasung	Kohle 1,67	wie A3
C3 allotherme Kohlevergasung	Kohle 0,50 H2 0,60 Kern. 0,15	wie A4

Tabelle II.49: Übersicht und Charakteristik konkurrierender Quasitechnologien zur Bereitstellung einer Einheit der Energieträger für den Nichtenergetischen Verbrauch