

Neu, Axel D.

Working Paper — Digitized Version

Die künftige Rolle der Steinkohle in der Energieversorgung

Kieler Diskussionsbeiträge, No. 70

Provided in Cooperation with:

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

Suggested Citation: Neu, Axel D. (1980) : Die künftige Rolle der Steinkohle in der Energieversorgung, Kieler Diskussionsbeiträge, No. 70, Institut für Weltwirtschaft (IfW), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/47993>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Die künftige Rolle der Steinkohle in der Energieversorgung

von Axel D. Neu

Ag 47 92 80 Weltwirtschaft Kiel

A U S D E M I N H A L T

- Es ist kaum damit zu rechnen, daß der zunehmende Energieverbrauch künftig durch eine Expansion des Erdöl- und Naturgasangebots gedeckt werden kann. Dies resultiert vorrangig aus einer konservierenden Angebotspolitik der OPEC-Länder. Eine weiterhin sinkende Förderung der Vereinigten Staaten wird sich durch ein steigendes Angebot aus dem Raum außerhalb der OPEC vermutlich kaum kompensieren lassen.
- Da der Ausbau der Kernenergie weltweit nicht mehr ohne weiteres akzeptiert wird und deshalb ins Stocken geraten ist, sollte erwogen werden, der Steinkohle einen größeren Platz in der Energieversorgung einzuräumen. Vom Angebot her sind die Voraussetzungen hierzu nicht ungünstig. Nach neueren Schätzungen könnte die Produktion von Steinkohle beachtlich ausgeweitet werden. Als Hauptanbieter werden die Vereinigten Staaten, Australien, die Republik Südafrika, Kanada und Polen in Erscheinung treten, als Hauptnachfrager die westeuropäischen Länder und Japan.
- Dieses Angebotspotential wird sich nur realisieren lassen, wenn langfristige Marktsignale durch langfristige Lieferverträge und Kapitalbeteiligungen die Erzeugerländer erreichen. Dies ist um so wichtiger, als mit erheblichen Vorlaufzeiten bei der Bereitstellung der internen und maritimen Transportkapazitäten zu rechnen ist.
- Das größte Potential bei der Substitution von Heizöl durch Steinkohle läßt sich auf dem Wärmemarkt der Industrie durch einen Wechsel der Befeuerung sowie bei der Raumheizung der Privathaushalte durch einen Ausbau der Fernwärme mobilisieren. Kurzfristig ließen sich etwa 20 Mill. t SKE Heizöl jährlich durch Steinkohle ersetzen. Angesichts des niedrigen Wirkungsgrades von Kohleveredelungsanlagen auf der Basis fossiler Prozeßwärme erscheint es fraglich, ob Großprojekte auf diesem Gebiet in größerem Umfang gefördert werden sollten, bevor nukleare Prozeßwärme aus Hochtemperaturreaktoren marktreif geworden ist. Vorrangig sollte das zusätzliche Steinkohlenangebot vielmehr dort verwendet werden, wo es Heizöl unmittelbar ersetzt, nämlich auf dem Wärmemarkt.
- Negative Umwelteinflüsse lassen es angezeigt erscheinen, den massiven Einsatz von Steinkohle als Übergangslösung zu betrachten und langfristig ein alternatives Verbrauchsmuster anzustreben, bevor die Erschöpfung der Kohlevorräte dies nahelegen würde. Als Basis der Energieversorgung können mittel- und langfristig neben der Kernspaltung auch die Kernfusions- und die Solarenergie in Betracht gezogen werden.
- Es besteht die Absicht, die Reglementierung der Steinkohleneinfuhr in die Bundesrepublik schrittweise etwas zu lockern. Die bisherigen Schritte in diese Richtung geben jedoch Anlaß zu der Sorge, daß der Zugang deutscher Verbraucher zu einem stark expandierenden Weltsteinkohlenmarkt unangemessen stark behindert bleibt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Die energiewirtschaftliche Ausgangslage	3
Substitution von Öl durch Steinkohle.	9
Das Angebotspotential von Steinkohle auf dem Weltmarkt	10
Das Substitutionspotential	16
Umweltaspekte eines forcierten Steinkohleneinsatzes	21
Die Mobilisierung des Substitutionspotentials.	24
Tabellenanhang	26
Verzeichnis der Schaubilder	29
Verzeichnis der Tabellen	29
Literaturverzeichnis	30

Die energiewirtschaftliche Ausgangslage

Der Weltverbrauch an Primärenergie hat seit Anfang der sechziger Jahre um 4 vH pro Jahr expandiert (Tabelle 1). Da die Weltbevölkerung während dieses Zeitraums mit etwa 2 vH pro Jahr zugenommen hat, stieg der Pro-Kopf-Verbrauch an Primärenergie mit etwa derselben Zuwachsrates. Dabei kam es zu einem Strukturwandel im Primärenergieverbrauch, der sich auch weitgehend im Verbrauch der einzelnen Regionen niedergeschlagen hat. Weltweit deckten die festen Brennstoffe 1960 noch gut die Hälfte (Bundesrepublik gut drei Viertel) des Primärenergieverbrauchs, während die flüssigen Brennstoffe hierzu knapp ein Drittel (Bundesrepublik ein Fünftel) beitrugen (Tabelle 1). Bis zum Ende der siebziger Jahre haben sich diese Relationen fast umgekehrt: Feste Brennstoffe bestreiten nur noch knapp ein Drittel des Primärenergieverbrauchs, während das Erdöl ihn nunmehr fast zur Hälfte deckt. Die kräftige Expansion des Angebots an natürlichen Kohlenwasserstoffen (Erdöl und Naturgas) hat in den sechziger und siebziger Jahren mit der weltweiten Zunahme des Primärenergieverbrauchs Schritt gehalten; der Verbrauch hat jeweils um jahresdurchschnittlich 6,1 vH zugenommen.

Stärker noch als in der Bundesrepublik war der Verbrauch an festen Brennstoffen innerhalb der erweiterten Europäischen Gemeinschaft rückläufig. Die Gründe für das starke Vordringen des Erdöls waren vornehmlich

- der Preisvorteil gegenüber den festen Brennstoffen bis Anfang der siebziger Jahre (vgl. Schaubild 1) bei gleichzeitigen erheblichen Vorteilen bei Transport, Lagerung und Verbrauch und
- die hohe Angebotselastizität durch Erschließen neuer Erdölfördergebiete in Nordafrika und im Mittleren Orient.

Um den sich aus dieser Entwicklung ergebenden strukturellen Anpassungsbedarf zu mildern, wurden vornehmlich in der Bundesrepublik und in den Vereinigten Staaten vielfältige Protektionsmaßnahmen ergriffen:

- In der Bundesrepublik wird der heimische Steinkohlenbergbau seit Ende der fünfziger Jahre gegen die konkurrierenden Steinkohleneinfuhren aus Drittländern durch eine Einfuhrbegrenzung in Form eines Zollkontingents abgeschirmt. Die Substitutionskonkurrenz durch das Erdöl sollte durch eine Besteuerung des Heizölverbrauchs zumindest abgeschwächt werden. Hierzu trat im Zeitverlauf ein ganzes Bündel von Subventionen zugunsten des heimischen Steinkohlenbergbaus¹. Alle Maßnahmen haben freilich eine kräftige Rücknahme der Förderkapazitäten von etwa 150 Mill. t bis auf unter 90 Mill. t jährlich nicht verhindern können.

¹ Zu den einzelnen Maßnahmen zugunsten des heimischen Steinkohlenbergbaus vgl. Fels, Neu [1980].

Tabelle 1 - Verbrauch und Außenhandelsintensität von Primärenergie nach Energieträgern und ausgewählten Regionen 1960 und 1978

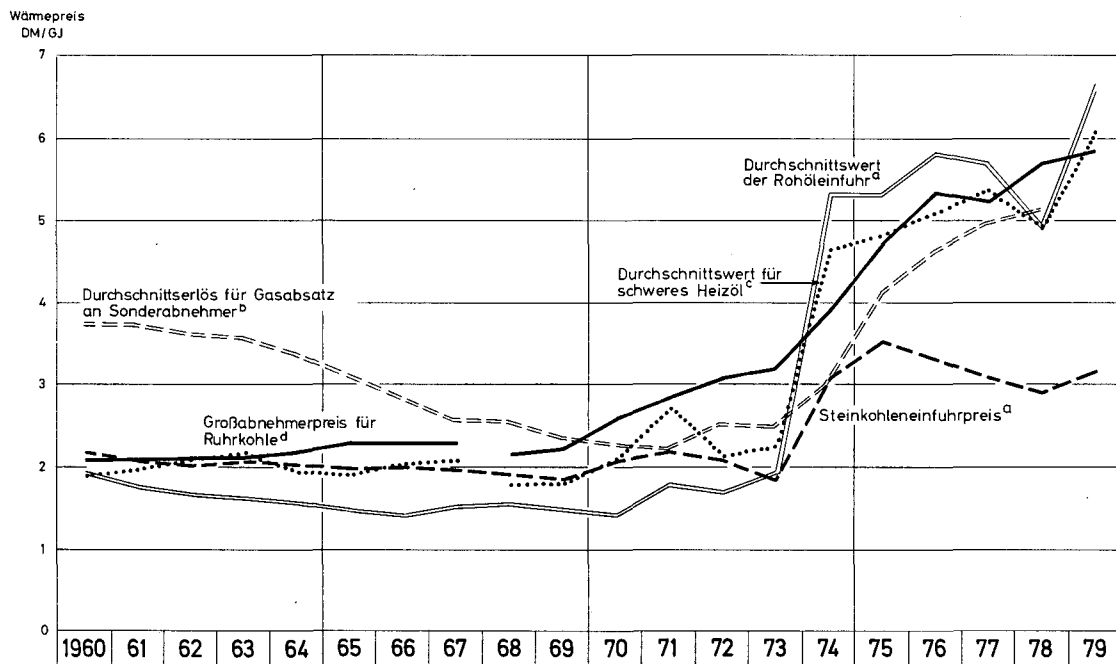
Energieträger und Region	1960			1978			Jahresdurchschnittliche Änderungsrate des Verbrauchs (vH) 1960-1978
	Verbrauch		Nettoimport- quote (-) und -export- quote (+) ^b	Verbrauch		Nettoimport- quote (-) und -export- quote (+) ^b	
	Mill. t SKE ^a	vH		Mill. t SKE ^a	vH		
<u>Staatshandelsländer^c</u>							
Feste Brennstoffe	1 072	79,5	+ 1,9	1 548	54,0	+ 2,7	2,1
Flüssige Brennstoffe	191	14,2	+ 6,4	774	27,0	+ 6,7	8,1
Naturgas	76	5,6	+ 0,0	506	17,6	+ 1,5	11,1
Wasser- und Kernkraft	10	0,7	.	39	1,4	.	7,9
Insgesamt	1 349	100	+ 4,0	2 867	100	+ 6,0	4,3
<u>Entwicklungsländer</u>							
Feste Brennstoffe	86	30,1	- 5,8	140	15,0	- 9,8	2,7
Flüssige Brennstoffe	168	58,7	+151,6	625	66,8	+168,1	7,6
Naturgas	25	8,7	+ 4,5	132	14,1	+ 35,7	9,7
Wasser- und Kernkraft	7	2,4	.	39	4,2	.	10,0
Insgesamt	286	100	+171,0	936	100	+188,7	6,8
<u>Industrieländer^d</u>							
Feste Brennstoffe	1 048	40,2	- 1,3	1 115	22,5	- 2,8	0,3
Flüssige Brennstoffe	999	38,3	- 41,1	2 560	51,7	- 65,7	5,4
Naturgas	493	18,9	- 1,2	1 099	22,2	- 5,2	4,6
Wasser- und Kernkraft	69	2,6	.	179	3,6	.	5,4
Insgesamt	2 609	100	- 20,0	4 953	100	- 39,9	3,6
<u>Vereinigte Staaten</u>							
Feste Brennstoffe	359	24,3	+ 9,6	519	20,7	+ 7,7	2,1
Flüssige Brennstoffe	638	43,2	- 11,9	1 178	47,1	- 37,7	3,5
Naturgas	460	31,1	- 1,2	746	29,8	- 0,4	2,7
Wasser- und Kernkraft	19	1,3	.	59	2,4	.	6,5
Insgesamt	1 477	100	- 6,6	2 502	100	- 22,7	3,0
<u>Europäische Gemeinschaft^e</u>							
Feste Brennstoffe	491	68,8	- 2,7	312	24,9	- 13,6	-2,5
Flüssige Brennstoffe	195	27,3	- 93,4	665	53,1	- 87,4	7,1
Naturgas	14	2,0	- 0,0	241	19,2	- 18,4	17,1
Wasser- und Kernkraft	14	2,0	.	35	2,8	.	5,2
Insgesamt	714	100	- 33,6	1 253	100	- 60,7	3,2
<u>Bundesrepublik Deutschland</u>							
Feste Brennstoffe	159	77,6	+ 11,8	117	31,7	+ 9,7	-1,7
Flüssige Brennstoffe	43	21,0	- 81,5	181	49,1	- 95,0	8,3
Naturgas	1	0,5	.	63	17,1	- 62,8	25,9
Wasser- und Kernkraft	2	1,0	.	8	2,2	.	8,0
Insgesamt	205	100	- 10,9	369	100	- 59,0	3,3
<u>Welt insgesamt</u>							
Feste Brennstoffe	2 206	52,0	5,9 ^f	2 803	32,0	7,8 ^f	1,3
Flüssige Brennstoffe	1 358	32,0	34,5 ^f	3 959	45,2	53,5 ^f	6,1
Naturgas	594	14,0	1,3 ^f	1 737	19,8	11,7 ^f	6,1
Wasser- und Kernkraft	85	2,0	.	256	2,9	.	6,3
Insgesamt	4 243	100	23,1 ^f	8 755	100	37,9 ^f	4,0

^a 1 t Steinkohleneinheiten = 29,3076 Gigajoule. - ^b Nettoimporte bzw. -exporte in vH des Verbrauchs der jeweiligen Region. - ^c Einschließlich asiatischer Staatshandelsländer. - ^d Einschließlich Jugoslawiens. - ^e Erweiterte Gemeinschaft (EG der Neun). - ^f Welthandelsvolumen in vH des jeweiligen Weltprimärenergieverbrauchs.

- Die Vereinigten Staaten beschränkten Ende der fünfziger Jahre zum Schutz heimischer Ölquellen die Einfuhr von Erdöl durch ein System von Importkontingen-ten auf etwa das damals erreichte Niveau. In den sechziger Jahren waren die Vereinigten Staaten in ihrem Energieverbrauch weitgehend autark, und man rech-nete allgemein damit, daß die inländische Förderung den Verbrauch bis weit in die achtziger Jahre würde decken können.

Der allgemeine Optimismus über die Förderkapazitäten in den Vereinigten Staaten wurde allerdings von dem Geophysiker M. King Hubbert nicht geteilt. Durch einen Vergleich der historischen Explorations- und Förderkurven für die Vereinigten Staaten prognostizierte er bereits Mitte der fünfziger Jahre einen Rückgang der Erdölproduktion in den Vereinigten Staaten für den Beginn der siebziger Jahre. Ohne die Argumente von Hubbert und die seiner zahlreichen Opponenten hier im einzelnen darzulegen¹, kann im nachhinein festgestellt werden, daß Hubbert Mitte der fünfziger Jahre eine Punktprognose gelungen war: Die amerikanische Erdöl-

Schaubild 1 - Energiepreise als Wärmepreise für ausgewählte Energieträger in der Bundesrepublik Deutschland 1960-1979



^aC.i.f. Einfuhrpreis Grenzübergang. - ^bIndustrie und öffentliche Kraftwerke, Erdgas und hergestelltes Gas, einschließlich Umsatz-(Mehrwert-)steuer. - ^cVerkaufspreise (einschließlich Verbrauchssteuern, seit 1968 ohne Umsatzsteuer) frei Betrieb Düsseldorf bei Abnahme von 201 bis 2000 t. - ^dIndustriekohle C (unter 10 mm) frei Station Düsseldorf, seit 1968 ohne Mehrwertsteuer.



¹ Zu einer ausführlichen Darlegung der einzelnen Positionen vgl. Philipps [1979].

förderung hat trotz Erschließung neuer Fördergebiete in Alaska 1970 ihren Höhepunkt überschritten und ist seitdem rückläufig¹. Zur Deckung der steigenden Nachfrage mußten Ende der sechziger Jahre die restriktive Einfuhrpolitik aufgegeben und die Importschleusen geöffnet werden (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2 - Versorgung des Erdölmarktes in den Vereinigten Staaten seit 1960

Jahr	Verbrauch	Produktion	Einfuhr	Import- quote ^a
	Mill. Barrel/Tag			
1960	9,7	8,0	1,8	19
1962	10,2	8,4	2,1	21
1964	10,8	8,8	2,3	21
1966	11,9	9,6	2,6	22
1968	13,0	10,6	2,8	22
1970	14,4	11,3	3,4	24
1972	16,0	11,2	4,7	29
1974	16,2	10,5	6,1	38
1976	17,0 ^b	9,7	7,3 ^b	43 ^b
1979	19,0 ^b	8,5	9,5 ^b	50 ^b

^aIn vH des Verbrauchs. - ^bSchätzung.

Quelle: Stobaugh, Yergin [1979, S. 18] .- Handelsblatt vom 30.4.1980.

Der Höhepunkt der amerikanischen Erdölförderung war also schon lange überschritten, bevor der Weltmarktpreis während der ersten Erdölkrise weit über das damalige US-Binnenpreisniveau hinausschoß². Diese Änderung in der Kon-

¹ Die Erdölpolitik der Vereinigten Staaten war von Beginn bis Ende der sechziger Jahre mit dem Problem eines strukturellen Überangebots konfrontiert. Die Konzessionsgebiete der Erdölfördergesellschaften decken sich in aller Regel nicht mit der geologischen Abgrenzung der großen Lagerstätten. Aus fördertechnischen Gründen (das Erdöl wandert zum Punkt der Förderung) war jeder Konzessionär bestrebt, die Produktionsmenge ohne Rücksicht auf die Förderdauer zu maximieren. Dieses "common pool"-Problem wurde in den Vereinigten Staaten dadurch gelöst, daß den einzelnen Fördergebieten und Konzessionären Produktionslimits vorgeschrieben wurden, die sich an der Nachfrageentwicklung orientierten und nach einem komplizierten System auf die einzelnen Quellen verteilt wurden [vgl. Schulz, 1972]. Der Rückgang der Förderung nach 1970 ist nicht darauf zurückzuführen, daß die Produktionslimits global gekürzt wurden, sondern einzig und allein darauf, daß die sonst stets vorhandenen Kapazitätsreserven abgebaut waren und die Gesamtkapazität zu sinken begann.

² Vor der Preiseskalation des OPEC-Öls im Herbst 1973 war der Binnenpreis von US-Erdöl etwa doppelt so hoch wie der des OPEC-Öls, danach knapp halb so hoch. Seit Ende des Zweiten Weltkrieges unterliegen die Binnenpreise einem umfang-

stellation des internationalen Energiemarktes erleichterte es der Organisation erdölexportierender Länder (OPEC), im Gefolge des Jom-Kippur-Krieges im Herbst 1973 einige gravierende Änderungen zu ihren Gunsten vorzunehmen, insbesondere

- den Rohölpreis von vorher knapp 3 US \$ pro Barrel auf etwa 12 US \$ pro Barrel zu vervierfachen,
- die bisherigen Konzessionäre, nämlich die großen multinationalen, vertikal stark integrierten Gesellschaften schrittweise zu enteignen und damit die nationale Kontrolle über die Ölförderung zurückzugewinnen,
- seitens der arabischen Mitglieder die "Ölwaffe" in Form von Lieferboykotts wirksam in Szene zu setzen¹.

Ein dauerhaftes Mengenproblem ist durch den ersten "Ölschock" nicht entstanden, und die Hoffnungen, daß die OPEC den überhöhten Kartellpreis bei einem Kartellzusammenbruch nach unten korrigieren würde, wurden in den Folgejahren dadurch genährt, daß sich der reale Preis für Erdöl verminderte². Die Preisentwicklung verlief aber seit Ende 1978 im Gefolge des Umsturzes in Persien entgegengesetzt, und der Erdölpreis hat sich seitdem mehr als verdoppelt (auf derzeit ca. 32 US \$ pro Barrel). Das Scheitern der OPEC-Konferenz von Caracas Ende letzten Jahres und damit die vorläufige Suspendierung des OPEC-Kartells hat bisher lediglich zu weiteren Preisschüben geführt.

Aus den Änderungen der Angebotskonstellation auf dem Erdölmarkt in den siebziger Jahren wird man vor allem die folgenden Schlüsse ziehen müssen:

- Auf absehbare Zeit muß mit real steigenden Erdölpreisen gerechnet werden, wenngleich sich die Erdölanbieter noch nicht auf eine gemeinsame Strategie festgelegt zu haben scheinen. Der Preispfad für Erdöl wird den des allgemeinen Energiepreisniveaus weitgehend vorzeichnen.

reichen System von Preiskontrollen. So konzentrierte sich die amerikanische Energiepolitik nach dem Preisschub vorrangig darauf, wie die dadurch entstandenen Marktgewinne zwischen Konsumenten, Produzenten und Fiskus verteilt werden sollten. Die geplante Aufhebung der Preiskontrollen für Rohöl bis Ende 1981 und für Erdgas bis 1985, verbunden mit einer "windfall-profit-tax", ist nunmehr Gesetz geworden. Übertrieben hohe Produktionseffekte sollten jedoch von der Entregulierung nicht erwartet werden. Die Reichweite der bekannten Reserven ist mit 10 Jahren auf der Basis der jetzigen Jahresproduktion die niedrigste aller wichtigen Förderländer. Die Explorationsaktivitäten haben in den Vereinigten Staaten auch nach 1973 keineswegs drastisch abgenommen. Das Gebiet der Vereinigten Staaten gehört, auch historisch bedingt, zu den am gründlichsten explorierten Regionen [vgl. Odell, 1980].

¹ Boykottdrohungen und kurzfristige Lieferstopps einiger arabischer Länder hatte es auch während der beiden Suez-Krisen von 1957 und 1967 gegeben. Wegen der vergleichsweise kurzen Dauer dieser Lieferunterbrechungen ist der Einsatz des Erdöls als politische Waffe damals nicht nachhaltig in das Bewußtsein der Öffentlichkeit gedrungen.

² Zur nominalen und realen Entwicklung wichtiger Energiepreise vgl. Schaubild 1 in Hoffmeyer, Neu [1979, S. 157].

- Die Ankündigung vieler OPEC-Förderländer, ihre Produktion eher zu senken als auszudehnen, ist durchaus als eine langfristige Konservierungsstrategie zu interpretieren¹. Das Ende des Ölzeitalters in dem Sinne, daß dem weltweiten Zuwachs des Primärenergieverbrauchs keine entsprechende Erhöhung des Rohölangebots mehr gegenübersteht, ist damit in greifbare Nähe gerückt.

Als weiteres energiepolitisches Novum der siebziger Jahre ist der Umstand zu werten, daß die Kernenergie weltweit nicht erst seit dem schweren Reaktorstörfall von Harrisburg in eine nachhaltige Akzeptanzkrise geraten ist. Sowohl beim künftigen Beitrag des Erdöls als auch beim Beitrag der Kernenergie zum Weltenergieverbrauch werden vermutlich Korrekturen bisheriger Erwartungen unausweichlich sein. Diese Erwartungen waren überwiegend ohnehin nicht sehr optimistisch gestimmt, zumal eine Reihe von Energiestudien eine krisenhafte Verknappung auf den Energiemärkten voraussagten sowie künftige "Energielücken" globaler, sektoraler und regionaler Natur ermittelten². Der wohl detaillierteste Versuch, derartige "Lückenprognosen" zu erstellen, wurde in der Studie des "Workshop on Alternative Energy Strategies" unternommen [Energy, 1977]. Durch eine Vielzahl von Szenarien werden durch getrennte Angebots- und Nachfrageschätzungen und darauf basierende Extrapolationen regionale und globale Energielücken sowie Versorgungsengpässe für einzelne Energieträger ermittelt, ohne aber die daraus resultierenden Anpassungsmechanismen auch mehr als nur ansatzweise zu diskutieren³.

Es bleibt in solchen Studien in der Regel offen, wie die ermittelten Energielücken in der Realität bewältigt werden können; denn die Reduktion der Nachfrage im Gefolge eines scharfen Preisanstiegs und die Ausweitung des Angebots eines weniger engpaßverdächtigen Energieträgers werden nicht behandelt. Auch der Zusammenhang zwischen wirtschaftlichem Wachstum und Energieverbrauch ist in einer Periode langfristig steigender Energiepreise weitaus gestaltungsfähiger als

¹ Dies ist zum einen aus der Mengenreaktion einer Preisstrategie mit "inverssem Angebotsverhalten" zu erwarten. Zum anderen wird die Absorption der Einnahmen aus dem Erdölexport in Form der Industrialisierung der Förderländer sehr viel behutsamer betrieben, und die Skepsis gegenüber einer Politik, die die Absorptionsfähigkeit weit überschätzt, gewinnt in vielen Förderländern an Boden. Hierzu haben die Ereignisse im Iran in vielfältiger Weise beigetragen [vgl. u. a. Schürmann, 1980, S. 14 f.].

² Vgl. u. a. World Energy Resources [1978]. Eine Synopsis neuerer Energieprognosen findet sich bei Brodman, Hamilton [1978, S. 179-195].

³ So wird oft nicht explizit darauf hingewiesen, daß Mengendivergenzen zwischen Angebot und Nachfrage implizite Preisprognosen darstellen. Die Umsetzung in Preisprognosen würde freilich auch die Sensibilität der Szenariotechnik klarer aufzeigen. Die gängigste Preisprognose für Erdöl vor Ausbruch der Iran-Krise war die einer Verdoppelung des realen Ölpreises bis gegen Ende des Jahrhunderts, demnach ein Anstieg des realen Ölpreises von jährlich 3 vH [vgl. u. a. World Energy Resources, 1978]. Die Verdoppelung der realen Ölpreise hat sich 1979 in Jahresfrist vollzogen, obwohl die Erdölförderung trotz der Lieferausfälle im Iran 1979 gegenüber 1978 um ca. 5 vH gestiegen ist [vgl. Croll, 1980, S. 5 f.].

in solchen Modellen, die oft mit den Erfahrungswerten aus einer langen Periode real fallender Energiepreise rechnen¹.

Wenn die energiewirtschaftliche Ausgangslage auf absehbare Zeit durch einen real steigenden Erdölpreis bei eher stagnierendem Erdölangebot seitens der OPEC-Länder geprägt sein wird, so stehen der Energiepolitik im wesentlichen zwei Optionen zur Verfügung²:

- sie kann versuchen, die Anreize zum Energiesparen im Gefolge real steigender Preise zu erhöhen, insbesondere jene zur Anwendung energiesparender Technologien (Sparstrategie);
- sie kann versuchen, das Vordringen alternativer Energieträger zu Lasten des Erdöls zu begünstigen und zu beschleunigen (Substitutionsstrategie).

Substitution von Öl durch Steinkohle

Im folgenden soll untersucht werden, welchen Beitrag der Weltkohlenmarkt im Zuge einer Substitutionsstrategie global und im Falle der Bundesrepublik leisten könnte. Dabei geht es nicht darum, der Frage nachzugehen, ob ein verstärkter Steinkohleneinsatz regional oder global einen anderen Energieträger, etwa die Kernenergie, "überflüssig" machen könnte. Wenn sich eine generelle Verknappung von Primärenergie in Form steigender realer Erdölpreise abzeichnet, wäre schon ein möglicher Einsatz der Steinkohlenpolitik zur Abschwächung dieser Entwicklung prüfenswert.

Für ein künftig stärkeres Vordringen der Steinkohle bei der Bereitstellung des Weltenergieangebots sprechen vor allem die folgenden Gründe:

- Die auf dem Weltkohlenmarkt angebotene Steinkohle ist derzeit der mit Abstand preisgünstigste Energieträger (Schaubild 1) und wird dies vermutlich vor allem wegen der im Vergleich zum Erdöl sehr viel günstigeren Reservesituation bleiben.
- Die Regionen, die verstärkt auf dem Weltkohlenmarkt als Anbieter auftreten könnten, sind nicht mit den bisherigen Erdölانbietern identisch. Eine Diversifizierung der Energieträger durch erhöhten Steinkohleneinsatz würde daher auch eine Diversifizierung der regionalen Bezugsquellen bedeuten, so daß die allgemeine Versorgungssicherheit zunehmen könnte.

Die Weltsteinkohlenförderung erreichte 1978 gut 2,6 Mrd. t SKE und deckte da-

¹ Zu den Energieintensitäten des Bruttosozialprodukts und den möglichen Gestaltungsspielräumen vgl. u. a. Hudson und Jorgensen [1974, Appendix F], Neu [1978], Stobaugh, Yergin [1979, Kap. 6].

² Zur möglichen Ausgestaltung dieser Strategien vgl. u. a. Sachverständigenrat [1979, Kap. 3].

mit etwa 30 vH des Primärenergieverbrauchs in der Welt¹ (Tabellen 1 und 3). Bezogen auf die Weltsteinkohlenförderung des Jahres 1978 entsprechen die zu heutigen Preisen ökonomisch ausbringbaren Reserven einer statischen Reichweite von 160 Jahren, die erheblich größer ist als die für die bisher bekannten Erdölvorkommen geschätzte von lediglich 34 Jahren².

Über mehr als vier Fünftel der unter gegenwärtigen Verhältnissen ökonomisch ausbringbaren Weltsteinkohlenreserven verfügen die Volksrepublik China, die Vereinigten Staaten und die Sowjetunion (Tabelle 3). Die Steinkohlenvorräte Australiens und der Volksrepublik Polen liegen deutlich über denen der Europäischen Gemeinschaft, deren Reserven etwa denen von Indien und der Republik Südafrika entsprechen, aber eine weitaus geringere statische Reichweite haben. Innerhalb der Europäischen Gemeinschaft verfügen nur die Bundesrepublik und Großbritannien über nennenswerte Steinkohlenreserven.

Das Angebotspotential von Steinkohle auf dem Weltmarkt

Das vergleichsweise niedrige Niveau des internationalen Warenaustauschs mit Steinkohle und der hohe Anteil intraregionaler Lieferungen wird häufig als Argument gegen die Ansicht vorgetragen, daß eine nachhaltige Expansion des internationalen Steinkohlenmarktes einen nennenswerten Beitrag zur Lösung künftiger Energieprobleme beisteuern könne. Auf diese Argumente soll im folgenden näher eingegangen werden.

Der internationale Warenaustausch mit Steinkohle erreichte 1978 etwa 215 Mill. t, d. h. nur gut 8 vH der damaligen Weltsteinkohlenförderung. Bei einer durchschnittlichen Außenhandelsintensität des Weltprimärenergieverbrauchs von fast 40 vH (Tabelle 1) ist dies ein erstaunlich niedriges Niveau. Betrachtet man darüber hinaus die regionale Verflechtung des internationalen Warenaustauschs mit Steinkohle (Tabelle A1), so entfielen 1977 auf den intraregionalen Handel der dort ausgewiesenen Regionen knapp ein Drittel. Nur etwa knapp 140 Mill. t wurden 1977 interregional gehandelt. Hiervon importierte die Bundesrepublik etwa 5 Mill. t, also etwa 3,5 vH des Welthandelsvolumens an Steinkohle.

Der mit Abstand größte Beitrag zu den Weltkohlenausfuhren wurde 1978 von der Volksrepublik Polen, den Vereinigten Staaten und von Australien bestritten. Die Stellung der Bundesrepublik auf der Exportseite des Weltsteinkohlenmarktes übertraf 1978 diejenige von Südafrika und Kanada. Hierbei schlagen insbesondere die Kokskohlenlieferungen an die Stahlindustrie in anderen EGKS-Ländern zu Buche.

¹ Die Differenz zu den festen Brennstoffen in Tabelle 1 in Höhe von 171 Mill. t SKE entspricht dem weltweiten Einsatz der Braunkohle, deren Beitrag zur Weltversorgung mit knapp 2 vH vermutlich doppelt so hoch war wie der der Kernenergie.

² Zu den Implikationen von Reserve- und Reichweiteschätzungen für einzelne Energieträger vgl. Hoffmeyer, Neu [1979, S. 167 f.].

Tabelle 3 - Steinkohlevorräte nach ihrer technischen und ökonomischen Bewertung sowie Weltversorgung mit Steinkohle nach Regionen 1978

Land	Bewertung der Reserven unter gegenwärtigen Verhältnissen				Steinkohlenförderung			Exporte		Importe		Verbrauch		Nettoimportquote (-) und -exportquote (+) ^b
	technisch gewinnbar		ökonomisch ausbringbar		Mill. t	vH	statische Reichweite ^a in Jahren	Mill. t SKE	vH	Mill. t SKE	vH	Mill. t SKE	vH	
	Mrd. t SKE	vH	Mrd. t SKE	vH										
Bundesrepublik	24,20	2,7	6,00	1,4	90,10	3,4	67	18,66	8,7	6,43	3,0	77,87	3,0	+ 15,7
Belgien/Luxemburg	0,25	0	0,13	0	6,59	3,0	20	0,23	0,1	7,50	3,5	13,86	0,5	- 52,5
Frankreich	1,37	0,2	0,56	0,1	19,69	0,7	28	0,44	0,2	23,27	10,8	42,52	1,6	- 53,7
Italien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,15	5,7	12,15	0,5	-100
Niederlande	3,70	0,4	-	-	-	-	-	0,07	0	4,79	2,2	4,72	0,2	-100
Großbritannien	30,00	3,4	3,87	0,9	121,69	4,6	32	2,26	1,1	2,36	1,1	121,79	4,6	0
Insgesamt	59,54	6,7	10,58	2,5	238,10	9,0	44	21,71	10,1	63,42	29,5	279,81	10,6	- 14,9
Deutsche Demokratische Rep.	0,20	0	0,10	0	0,11	0	900	-	-	6,10	2,8	6,21	0,2	- 98,2
Polen	32,43	3,7	17,80	4,2	192,62	7,3	92	40,00	18,6	1,08	0,5	153,70	5,8	+ 25,3
Tschechoslowakei	5,54	0,6	2,49	0,6	28,26	1,1	88	3,40	1,6	5,70	2,7	30,56	1,2	- 7,5
Spanien	0,59	0	0,45	0	12,05	0,5	37	0,02	0	3,34	1,6	15,37	0,6	- 21,6
Insgesamt	38,76	4,4	20,84	4,9	233,04	8,9	89	43,42	20,2	16,22	7,5	205,84	7,8	+ 13,2
Sowjetunion	165,80	18,7	82,90	19,6	557,48	21,2	149	28,00	13,0	9,10	4,2	538,58	20,5	+ 3,5
Indien	21,36	2,4	10,68	2,5	101,53	3,9	105	0,55	0,3	0	0	100,98	3,8	+ 0,6
Japan	6,28	0,7	0,79	0,2	18,99	0,7	42	0,05	0	52,16	24,3	71,10	2,7	- 73,7
Nord-Korea	-	-	-	-	63,06	2,4	-	0,08	0	0,30	0,1	63,28	2,4	- 0,4
Volksrepublik China	300,00	33,8	150,00	35,5	600,00	22,8	250	17,02	7,9	0,25	0,1	583,23	22,2	+ 2,9
Insgesamt	327,64	36,9	161,47	38,2	783,58	29,8	224	17,70	8,2	52,71	24,5	818,59	31,1	- 4,3
Vereinigte Staaten	218,00	24,6	109,00	25,8	574,17	21,8	190	36,92	17,2	2,72	1,3	539,97	20,5	+ 6,3
Kanada	7,35	0,8	4,20	1,0	25,57	1,0	164	13,66	6,4	13,23	6,2	25,14	1,0	+ 1,7
Insgesamt	225,35	25,4	113,20	26,8	599,74	22,8	189	50,58	23,6	15,95	7,4	565,11	21,5	+ 6,1
Republik Südafrika	24,22	2,7	10,58	2,5	90,67	3,4	117	14,05	6,5	0,02	0	76,64	2,9	+ 18,3
Australien u. Neuseeland	29,06	3,3	14,04	3,3	83,66	3,2	168	35,54	16,5	0,01	0	48,13	1,8	+ 78,8
Insgesamt	870,37	98,0	413,61	97,8	2 586,27	98,3	160	211,00	98,1	157,43	73,2	2 532,70	96,2	+ 2,1
Übrige Länder	18,08	2,0	9,17	2,2	45,90	1,7	200	4,00	1,9	57,57	26,8	99,47	3,8	- 53,9
Welt insgesamt	888,45	100	422,78	100	2 632,17	100	161	215,00	100	215,00	100	2 632,17	100	8,2

^a Ökonomisch ausbringbare Reserven, dividiert durch die jeweilige Steinkohlenförderung des Jahres 1978. - ^b Nettoimporte bzw. -exporte bzw. Welthandelsvolumen bezogen auf den jeweiligen Steinkohlenverbrauch.

^a Ökonomisch ausbringbare Reserven, dividiert durch die jeweilige Steinkohlenförderung des Jahres 1978. - ^b Nettoimporte bzw. -exporte bzw. Welthandelsvolumen bezogen auf den jeweiligen Steinkohlenverbrauch.

Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [1976]. - UN [World Energy Supplies, lfd. Jgg.]. - Statistik der Kohlewirtschaft e. V., Essen. - Eigene Berechnungen.

Die mit Abstand wichtigste Einfuhrregion war nach der Europäischen Gemeinschaft Japan (Tabelle 3). Westeuropa wurde 1977 überwiegend (ca. 41 vH) von Anbietern aus den Staatshandelsländern beliefert. Jeweils etwa 20 vH der Einfuhren stammte aus intraregionalen Quellen sowie aus Nordamerika, jeweils etwa 10 vH aus Südafrika und Australien (Tabelle A1). Der intraregionale Handel mit Steinkohle in Westeuropa kam überwiegend durch Lieferungen der Bundesrepublik zustande, die über 90 vH ihrer gesamten Steinkohlenausfuhr in diese Region exportierte.

Zum Niveau und zur Regionalstruktur des internationalen Steinkohlenhandels ist vor allem anzumerken, daß die Lieferungen bisher schätzungsweise zu 75 vH aus Koks-kohle und nur zu 25 vH aus Kesselkohle bestehen. Diese Relation steht in diametralem Gegensatz zu der der Steinkohlenförderung. Der internationale Steinkohlenaustausch galt fast vollständig der Belieferung der Eisenschaffenden Industrie mit Koks-kohle, wobei diese Lieferungen nur sehr begrenzt einer Substitutionskonkurrenz durch andere Energieträger ausgesetzt waren. Soweit die Steinkohle als Kesselkohle für den Wärmemarkt international angeboten wurde, traf sie auf folgende zwei gravierende Hemmnisse:

- bis 1974 hatte sie gegenüber dem konkurrierenden schweren Heizöl keinen oder nur einen sehr geringen Preisvorteil (Schaubild 1);
- bis heute trifft sie auf Einfuhrbarrieren der westeuropäischen Steinkohlenförderländer, insbesondere bei Lieferungen in die Bundesrepublik.

Die Durchschnittswerte des Welthandels mit Steinkohle für das Jahr 1977 zeigen, daß Polen, Australien und Südafrika fast nur Kesselkohle auf dem Weltmarkt angeboten haben. Dies steht durchaus im Einklang mit der Struktur der Steinkohlenförderung dieser Länder, die auch in Zukunft noch über ein erhebliches Lieferpotential verfügen. Die Steinkohlenausfuhr der Bundesrepublik dagegen dürfte entsprechend der Reservestruktur des Ruhrgebiets fast ausschließlich aus Koks-kohlenlieferungen bestanden haben (Durchschnittspreis der Ausfuhr 1977 etwas über 60 US \$/t¹).

Die von der OECD veröffentlichte Studie der Internationalen Energieagentur gelangt hinsichtlich des mittel- und langfristigen Expansionspotentials des Weltmarktes für Kesselkohle zu vergleichsweise optimistischen Ergebnissen (Tabelle 4). Nach diesen Schätzungen könnte der interregionale Steinkohlenhandel, der 1976 lediglich 124 Mill. t betragen hatte, bis zur Jahrhundertwende auf gut 0,5 Mrd. t/Jahr anwachsen und somit die in der Vergangenheit bei den Energieträgern Erdöl und Naturgas erzielte Zuwachsrate von jährlich 6 vH erreichen (Tabelle 1). Hierbei ist nach diesen Schätzungen mit einem starken Vordringen der Kesselkohle zu rechnen: Von nur 24 vH in 1976 wird ihr Anteil am interregionalen Steinkohlenhandel auf 64 vH im Jahre 2000 steigen (Tabelle 4). Zu den

¹ Vgl. Tabelle A2. Bei der Interpretation dieser Tabelle ist zu beachten, daß der Weltmarktpreis für Kesselkohle 1977 zwischen 30 und 40 US \$/t, für Koks-kohle zwischen 50 und 60 US \$/t f.o.b. Verschiffungshafen Lieferland betrug [OECD, IEA, 1978].

Tabelle 4 - Nettohandelsvolumen^a mit Steinkohle nach Regionen 1976-2000
(Mill. t SKE)

	1976	1985	1990	2000
Lieferregionen				
Nordamerika	+ 50,3	+ 74	+ 88	+ 143
Australien	+ 31,0	+ 57	+ 90	+ 195
Südafrika	+ 5,6	+ 34	+ 60	+ 90
Staatshandelsländer	+ 37,7	+ 43	+ 49	+ 66
Entwicklungsländer	-	-	-	+ 10
Bezugsregionen				
Westeuropa	- 55,1	- 94	-153	- 311
Japan	- 59,6	- 96	-123	- 181
Entwicklungsländer	- 7,0	- 11	- 2	-
Übrige Länder	- 2,5	- 7	- 9	- 12
Nettohandelsvolumen	124	208	287	504
davon (in vH)				
Kesselkohle	24	38	49	64
Kokskohle	76	62	51	36
Annahmen:	1976-1985	1985-1990	1990-2000	
Bruttosozialprodukt der OECD-Länder				
Jahresdurchschnittliche Zuwachsrates (vH)	3,9	3,5	3,0	
Primärelastizität	0,86	0,83	0,70	
Jahresdurchschnittliche Zuwachsrates der Kernenergie bei nach 1985 kaum noch steigendem Ölangebot (vH)		10,3		
^a Ohne intraregionalen Handel. - Nettoexporte (+), Nettoimporte (-).				

Quelle: OECD [IEA, 1978] . - Eigene Berechnungen.

wichtigsten Anbieterländern wird neben Australien auch Südafrika zählen, und die Vereinigten Staaten werden ihre ohnehin starke Stellung auf dem internationalen Steinkohlenmarkt weiter ausbauen können; letzteres scheint jedoch angesichts der absehbaren energiewirtschaftlichen Situation der Vereinigten Staaten etwas zu optimistisch beurteilt zu sein¹. Die mit Abstand wichtigsten Einfuhrregionen würden bei einer derartigen Zunahme des interregionalen Steinkohlenhandels Westeuropa und Japan sein.

Zu noch optimistischeren Ergebnissen des künftigen Steinkohleneinsatzes bei der Weltenergieversorgung gelangt eine jüngst vorgelegte Weltkohlestudie [Wilson, 1980]. Nach dieser Studie könnte die Steinkohlenproduktion bis zum Jahr 2000 bis auf den 2,5 bis 3-fachen Umfang der bisherigen Förderung anwachsen und damit die Hälfte bis zu zwei Drittel des bis dahin zu erwartenden Energieverbrauchsanstieges decken.

Die Expansionsmöglichkeiten des internationalen Steinkohlenhandels gelten freilich nur auf mittlere und lange Sicht und werden auf der Angebotsseite nur dann zu erwarten sein, wenn rechtzeitige und nachhaltige Marktsignale gesetzt werden². Denn bei einer Anpassung des Angebots an veränderte Nachfragebedingungen muß mit einem erheblichen Zeitaufwand gerechnet werden. Neben den Vorlaufzeiten für das Erschließen von Kohlefördergebieten ist hier vor allem der Zeitbedarf für die Anpassung der Infrastruktur, insbesondere der Transportkapazitäten, an eine zunehmende Außenhandelsintensität zu berücksichtigen³.

¹ Gleichwohl hat der stellvertretende amerikanische Energieminister John C. Sawhill Anfang Mai dieses Jahres den Wunsch der US-Regierung bekräftigt, die Steinkohlenausfuhren der Vereinigten Staaten bis 1990 auf 90-100 Mill. t aufzustocken. Dies stünde im Einklang mit den angesprochenen Projektionen. Die US-Regierung hat hierbei den Wunsch vorgetragen, daß die Importrestriktionen der Bundesrepublik nachhaltig beseitigt werden [vgl. Süddeutsche Zeitung, 8. Mai 1980].

² Hierbei ist es a priori von untergeordneter Bedeutung, ob die Umsetzung dieser Marktsignale in Form von langfristigen Lieferkontrakten erfolgt oder aber in Form von Eigentumsbeteiligungen an ausländischen Ressourcen. Dies soll keinen Pessimismus bezüglich der Vertragstreue künftiger Liefer- oder Eigentumsvereinbarungen auf dem Steinkohlensektor begründen, wenn auch der nahezu rechtsfreie Raum auf dem Erdölsektor diese Ansicht nahelegen könnte. Selbstverständlich werden auch Vereinbarungen über den langfristigen Bezug von Steinkohle aus den überseeischen Bezugsquellen keine "Insel der Stabilität" beschereuen können. Aber immerhin bietet die bisherige Erfahrung eine gewisse Gewähr oder auch nur Hoffnung dafür, daß sich der Preis dieser Lieferungen auch oder sogar vorrangig an der Kostenentwicklung orientiert (den Preisgleitklauseln in den langfristigen Verträgen liegt der Kostenindex zugrunde). Selbst wenn auf dem Weltmarkt der Bezugspreis für Steinkohle unmittelbaren Anschluß an den Erdölpreis suchen sollte, wäre doch mit einer forcierten Substitutionspolitik durch die damit verbundene Diversifizierung der Bezugsquellen ein erheblicher Beitrag zur Versorgungssicherheit geleistet.

³ Dies betrifft nicht nur die internen Transportleistungen von den Kohlefeldern zu den Verladehäfen, sondern insbesondere auch die Anpassung der Schiffs-transportkapazitäten. Vgl. Hoffmeyer, Neu [1979, S. 176 f.]; OECD [IEA, 1978]; Wilson [1980]; Grenon [1979].

Tabelle 5 - Schätzung des Exportpotentials wichtiger Steinkohlenausfuhrländer für das Jahr 2000 (Mill. t SKE)

Land/Region	Ausfuhr	Mittlere Erwartung	Maximale Erwartung
	1977	für das Jahr 2000	
Vereinigte Staaten	49	125-200	350
Australien	38	160	200
Republik Südafrika	12	55- 75	100
Kanada	12	27- 47	67
Polen	39	50	50
Sowjetunion	25	50	a
VR-China	3	30	a
Bundesrepublik	14	23- 25	a
Indien und Indonesien	1	5	a
Übrige Förderländer	7	25- 50	a
Welt insgesamt	200	550-700	930

^a Keine Schätzung des maximalen Potentials.

Quelle: Wilson [1980, S. 22].

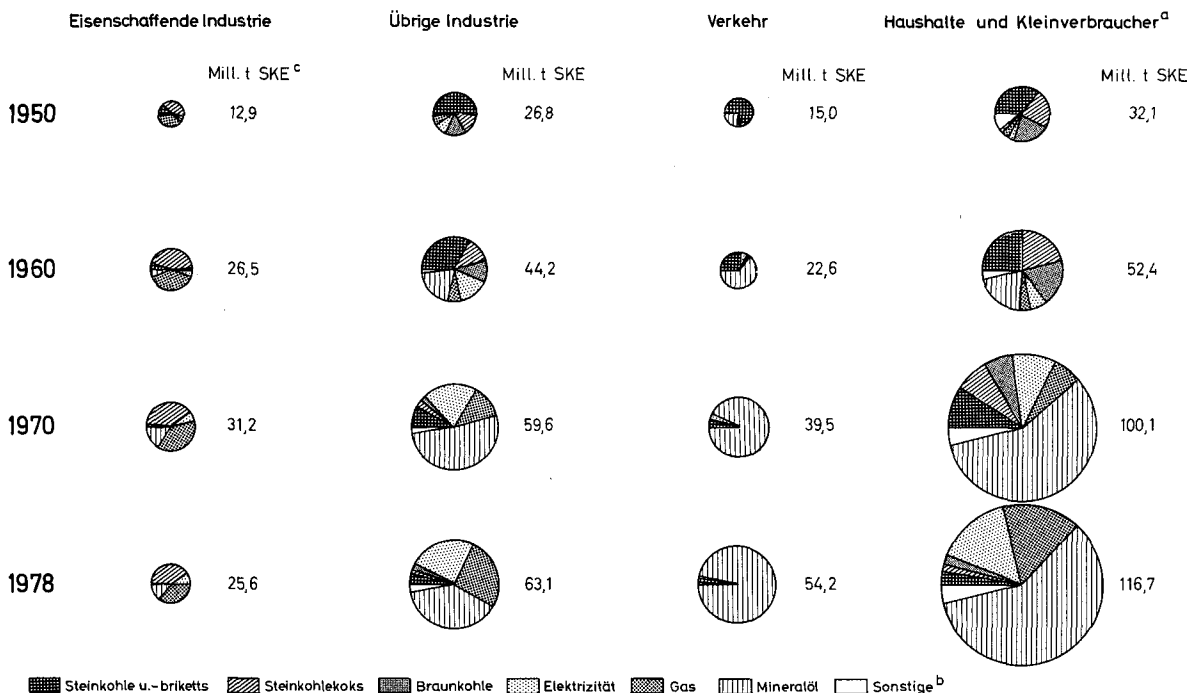
Um den Substitutionsspielraum künftig nutzen zu können, bedarf es vor allem weltweit einer Neuorientierung der nationalen Kohlepolitik. War diese in den traditionellen kohleproduzierenden Ländern bisher überwiegend binnenmarktbezogen und vorrangig auf die Festlegung bestimmter Preis- und Versorgungsziele gerichtet, so werden künftig Maßnahmen erforderlich sein, die zu einer Öffnung bisher außenwirtschaftlich reglementierter Märkte führen. Die Beseitigung von Einfuhrbarrieren ist unerlässlich, damit sich die Nachfrager nach Steinkohle durch langfristige Verträge sowohl die Bezugsbasis sichern als auch den Kohleausfuhrländern Marktsignale für die mittel- und langfristige Absatzentwicklung geben können. Ein sich nur zögernd oder schrittweise öffnender Markt wird als Nachfrager gegenüber Ländern ohne Einfuhrbeschränkungen im Wettbewerb um neue Bezugsquellen ins Hintertreffen geraten¹.

¹ So konzentrierten sich bereits 1977 gut drei Viertel der gesamten Steinkohlenausfuhr von Australien auf den japanischen Markt und deckten damit fast die Hälfte der Steinkohleneinfuhr von Japan (Tabelle A2). Wegen der vergleichsweise niedrigen Transportkosten ist eine weitere Konzentration der japanischen Importnachfrage auf Steinkohlenlieferungen aus Australien zu erwarten.

Das Substitutionspotential

Im folgenden soll geprüft werden, welcher Substitutionsspielraum auf der Nachfrageseite erwartet werden kann. Der Endenergieverbrauch nach Energieträgern ist für einige Stichjahre in Schaubild 2 ersichtlich. In allen Sektoren mit Ausnahme der Eisenschaffenden Industrie überstieg 1970 der Anteil des Mineralöls am Endenergieverbrauch den aller übrigen Energieträger. Bis 1978 hat der Anteil des Mineralöls in den Sektoren Verkehr sowie Haushalte und Kleinverbraucher noch zugenommen, während er im Sektor Übrige Industrie kräftig geschrumpft ist, freilich nicht zugunsten der Steinkohle; denn der relative Rückgang des Mineralöls wurde hier fast vollständig durch den verstärkten Verbrauch von Gas ersetzt. Gleichwohl ist das Mineralöl in diesem Sektor noch der dominierende Energieträger. Im Sektor Verkehr ist eine direkte Substitution von Mineralöl durch Steinkohle nur für wenige Teilbereiche (Schifffahrt) denkbar; das Substitutionspotential dieses Sektors ist daher eine zu vernachlässigende Größe.

Schaubild 2 - Endenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland nach Energieträgern und Verbrauchergruppen für ausgewählte Jahre



Die größten Substitutionspotentiale können a priori auf dem Wärmemarkt der Sektoren Übrige Industrie sowie Haushalte und Kleinverbraucher vermutet werden; denn in diesen Bereichen ist der Einsatz von Steinkohle und Steinkohlenkoks in der Vergangenheit durch das Mineralöl verdrängt worden. Das theoretische, technisch mögliche Substitutionspotential hängt kurzfristig von dem Ausmaß vorhandener Bivalenzen in der Wärmeerzeugung sowie langfristig von der Bereitschaft ab, im Zuge von Ersatz- und Neuinvestitionen monovalente Wärmeerzeuger durch solche zu ersetzen, die auch Steinkohle verwenden können.

Eine Schätzung des Substitutionspotentials für verschiedene Umstellungszeiträume wurde mittels Befragungen in einem Gemeinschaftsgutachten [DIW, EWI, RWI] vorgenommen, das bisher nur teilweise veröffentlicht worden ist¹. Ein Teil der Untersuchungsergebnisse ist in Tabelle 6 zusammengestellt worden. Danach hält sich der potentielle Umfang der Substitution von Heizöl durch Steinkohle bei einem Umstellungszeitraum bis zu einem Jahr mit etwas mehr als 1 Mill. t SKE im Industriebereich in recht engen Grenzen. Erheblich günstiger ist jedoch das Substitutionspotential im industriellen Wärmemarkt auf lange Sicht einzuschätzen. Im Zuge von Ersatz- und Neuinvestitionen könnten theoretisch 16,9 Mill. t SKE schweres Heizöl und 8,4 Mill. t SKE leichtes Heizöl, insgesamt mehr als 25 Mill. t SKE, durch den Einsatz von Steinkohle verdrängt werden.

Erstaunlich hoch wird das theoretische Substitutionspotential für den Bereich der Privaten Haushalte geschätzt. Kurzfristig sind nach dieser Berechnung 11,6 Mill. t SKE leichtes Heizöl innerhalb von vier Wochen aufgrund vorhandener Bivalenzen² substituierbar, darüber hinaus innerhalb eines Jahres weitere 6 Mill. t SKE. Das Substitutionspotential für eine Umstellungsfrist von mehr als einem Jahr wird nicht geschätzt. Abweichend von der Schätzung des industriellen Substitutionspotentials wird für den Bereich der Privaten Haushalte der Einsatz von Ersatzenergieträgern nicht spezifiziert, sondern global festgestellt, es sei davon auszugehen, "daß der bei weitem größte Teil der Substitution durch verstärkten Einsatz von Steinkohle und anderen festen Brennstoffen erfolgen müßte" [Schmitt, Schiffer, 1979, S. 16]. Wichtig erscheint allerdings die Feststellung, daß die Befragung nur die Möglichkeit und nicht die Bereitschaft zur Umstellung zum Gegenstand hatte.

Das theoretische Substitutionspotential bei den Privaten Haushalten von 17,6 Mill. t SKE, dem etwa 44 vH des Gesamtverbrauchs an Mineralölprodukten im Haushaltsbereich entsprechen, ist eine technische Obergrenze. Denn der Realisierung dieses Substitutionspotentials werden, nicht anders als im Bereich des industriellen Wärmemarktes, eine Reihe von Restriktionen technischer, zeitlicher, politischer

¹ Schmitt, Schiffer [1979]. - Dolinski, Labahn [1979, S. 740 f.].

² Von 15,1 Mill. Wohnungen werden 9,4 Mill. durch eine ölbetriebene Zentralheizung versorgt. Von diesen Zentralheizungskesseln sind etwa 5 Mill. mit Öl betriebene Umstell- bzw. Wechselbrandkessel auf feste Brennstoffe umstellbar. Bei einem spezifischen Ölverbrauch von 3,8 t SKE pro Jahr entspräche allein dies einem Substitutionspotential von rd. 19 Mill. t SKE Heizöl im Haushaltsbereich [vgl. Schmitt, Schiffer 1979, S. 67].

Tabelle 6 - Theoretische Substitutionspotentiale von Heizöl im Bereich der Industrie und der Privaten Haushalte, bezogen auf das Jahr 1976
(1 000 t SKE)

Verbrauchssektoren	Umstellungsmöglichkeiten beim Verbrauch von Heizöl			
	innerhalb von 4 Wochen	zwischen 4 Wochen und 12 Monaten	langfristig	
			schweres Heizöl	
Grundstoff- und Produk- tionsgüterindustrien ^a	549	402	10 194	2 639
Investitionsgüter- industrien	60	-	1 487	2 949
Verbrauchsgüter- industrien	-	13	2 457	1 594
Nahrungs- und Genuß- mittelindustrien	164	4	2 724	1 258
Verarbeitende Industrie insgesamt ^a	773	419	16 862	8 440
Private Haushalte ^b	11 600 ^c	6 000 ^c	-	.
Insgesamt	12 373	6 419	16 862	8 440

^a Ohne Eisenschaffende Industrie und Mineralölverarbeitung. - ^b Ohne sonstige Kleinverbraucher. - ^c Leichtes Heizöl.

Quelle: Schmitt, Schiffer [1979]. - DIW, EWI, RWI [unveröff.].

und ökonomischer Art entgegenstehen. Insbesondere werden die energiewirtschaftlichen Rahmendaten für die Umstellungsentscheidung von Bedeutung sein. So ist es beispielsweise wichtig, ob sich etwa eine Versorgungskrise abzeichnen beginnt oder ob der Wärmepreis von Steinkohle um so viel niedriger ist als der von Heizöl, daß die sich beim Einsatz von Steinkohle ergebende Einbuße an Bequemlichkeit ausgeglichen wird.

Sieht man einmal von einer akuten und nachhaltigen Versorgungskrise ab, so dürfte langfristig ein nennenswertes Substitutionspotential im Niedertemperaturbereich durch einen Ausbau der Fernwärme mobilisierbar sein. Wenn Heizkraft-

werke mit Gegendruckturbinen oder aber einfache Heizwerke Dampf oder Heißwasser in ein Fernwärmenetz einschleusen, wird nicht nur Heizöl durch Steinkohle substituiert, sondern es werden auch positive Umwelteffekte erzielt. Dem stehen freilich enorme Investitions- und Anlaufkosten gegenüber, so daß die Fernwärme im Niedertemperaturbereich gegenüber anderen leitungsgebundenen Energieträgern, insbesondere gegenüber dem Erdgas, in aller Regel bisher nicht wettbewerbsfähig ist [vgl. Fichtner, 1977].

Sofern sich das Fernwärmenetz auf die "fernwärmewürdigen" Ballungszentren konzentriert und sich eine Preisschere zwischen Steinkohle und Erdgas herausbildet, kann allerdings auch ohne Anschlußzwang mit einer Ausweitung der Fernwärmeversorgung gerechnet werden. Derzeit beträgt der Anteil der Fernwärme an der Wärmeerzeugung im Niedertemperaturbereich nur etwa 8 vH. Bei einer Konzentration auf die fernwärmewürdigen Ballungszentren könnte die Fernwärme, so das Ergebnis einer recht umfangreichen Studie¹, unter günstigen Voraussetzungen 26 - 33 vH des nutzbaren Endenergieverbrauchs für Niedertemperaturwärme bis 200° C im Jahre 1990 wirtschaftlich decken. Hierbei kämen jährlich 9 - 13,4 Mill. t Steinkohle zum Einsatz und könnten gleichzeitig jährlich 12,3 bis 16,6 Mill. t SKE, vornehmlich in Form von Heizöl, eingespart werden.

Um das weitere Vordringen der Fernwärmeversorgung zu beschleunigen, haben Bund und Länder im März dieses Jahres ein gemeinsames fünfjähriges Programm mit einem Förderungsvolumen von insgesamt 1,2 Mrd. DM vorgesehen. Dieses Programm ist noch nicht beschlossen, da die Verwaltungsvereinbarungen - vornehmlich wohl aufgrund der finanzpolitischen Situation - bisher nicht zustande gekommen sind. Im Rahmen dieses Programms sollen Investitionszuschüsse von bis zu 35 vH der Gesamtkosten beim Bau neuer Heiz- und Heizkraftwerke und bei einem weiteren Ausbau des Fernwärmenetzes gewährt werden.

Ebenfalls mit erheblichen staatlichen Zuschüssen können voraussichtlich Unternehmen rechnen, die sich der großindustriellen Erprobung von Kohleveredelungstechnologien (Vergasung und Verflüssigung) zuwenden. Nach dem beschlossenen Kohleveredelungsprogramm der Bundesregierung vom Anfang dieses Jahres sollen 14 Großprojekte der Kohleveredelung (11 der Vergasung sowie 3 der Verflüssigung) bei einem Gesamtinvestitionsvolumen von rd. 13 Mrd. DM staatlich gefördert werden [Das Kohleveredelungsprogramm, 1980]. Bis 1981 beschränken sich die staatlichen Hilfen allerdings auf die Finanzierung von Untersuchungen und auf die Förderung von Vorprojekten der avisierten Großtechnologie.

Solange die Prozeßwärme derartiger Anlagen durch fossile Energieträger gewonnen werden muß, ist vor übertriebenen Erwartungen bezüglich der Rentabilität und des Versorgungsbeitrags derartiger Projekte zu warnen. Bei fossiler Prozeßwärme sind, je nach Verfahren und Endprodukt, etwa drei Einheiten Einsatzkohle (in SKE) notwendig, um eine Einheit der Veredelungsprodukte zu erzeugen.

¹ Zu einer zusammenfassenden Darstellung von Ergebnissen der Gesamtstudie Fernwärme vgl. Winkens u. a. [1976].

Eine Überschreitung der Rentabilitätsschwelle derzeitiger Veredelungsverfahren ist, auch bei staatlichen Investitionszuschüssen von bis zu 40 vH, gegenwärtig nicht abzusehen. Es besteht jedoch die begründete Vermutung, daß dies am ehesten von Kohlevergasungsanlagen auf Braunkohlenbasis zu erwarten ist¹.

Selbst wenn alle 14 projektierten Großanlagen ab Mitte der achtziger Jahre voll arbeiten würden, beliefe sich der Ausstoß von gasförmigen und flüssigen Kohlenwasserstoffen bei einem Kohledurchsatz von etwa 20 Mill. t SKE (davon 18, 4 Mill. t Steinkohle) auf etwa 7 Mill. t SKE. Dies entspräche dann knapp 3 vH des Verbrauchs von Mineralölerzeugnissen und von Erdgas im Jahr 1978 (vgl. Tabelle A3).

Erheblich anders wäre die Kohleveredelungstechnologie allerdings zu beurteilen, wenn zur Bereitstellung der Prozeßwärme auf Nuklearenergie der Hochtemperaturreaktoren zurückgegriffen werden könnte². Da die Markteinführung des Thorium-Hochtemperaturreaktors abzusehen ist³, bleiben Zweifel, ob die Kohleveredelungsprogramme auf der Basis fossiler Prozeßwärme in der richtigen Größenordnung angesiedelt sind. Innovationsstrategisch wäre der Zusammenführung von Kohle und Kernenergie mit hoher Wahrscheinlichkeit der größere Erfolg beschieden⁴.

Würde der günstige Wärmepreis der Steinkohle etwa in der Größenordnung von Schaubild 1 auch nur die Hälfte des theoretischen Substitutionspotentials mobilisieren, so entstünde eine heizölverdrängende Mehrnachfrage nach Steinkohle auf dem industriellen Wärmemarkt in der Größenordnung von über 13 Mill. t SKE und zusätzlich auf dem Wärmemarkt der Privaten Haushalte von etwa 9 Mill. t SKE. Ohne das Substitutionspotential exakt abgrenzen zu können, läßt es sich doch an der Untergrenze bei etwa 20 Mill. t SKE⁵ und an der Obergrenze bei über 44 Mill. t SKE ansiedeln. Es bleibt zu fragen, welche Gesichts-

¹ Zu den Rentabilitätsschwellen der einzelnen Technologien vgl. Speich [1979]; Schilling u. a. [1979].

² Zum Einsatz nuklearer Prozeßwärme bei der Kohleveredelung vgl. Grathwohl [1978, S. 150]. - Zur Relation des Wärmepreises der Kohleveredelungsprodukte beim Einsatz fossiler und nuklearer Prozeßwärme vgl. Hoffmeyer, Neu [1979, S. 174 f.].

³ Ein Thorium-Hochtemperaturreaktor ist als Versuchskraftwerk mit einem Kugelhaufencore im Rahmen des Projekts AVR-Jülich seit 1967 in Betrieb. Ein Prototyp-Kernkraftwerk THTR-300 dieser Technologie befindet sich seit 1972 bei Hamm in Bau und soll jüngsten Pressemeldungen zufolge 1982/83 den Betrieb aufnehmen [vgl. Barnert, 1980].

⁴ Letztlich bleibt abzuwarten, ob sich die Standortvorteile fortgeschrittener Kohleveredelungsverfahren an der Rohstoffbasis oder aber in den Verbrauchsregionen der Veredelungsprodukte auswirken werden. Hier ist nur der Aspekt des Technologielieferanten angesprochen. Unter der Voraussetzung, daß sich Desintegrationstendenzen auf den Weltenergiemärkten nicht verstärken, ist durchaus vorstellbar, daß Technologieinvestitionen Demonstrationsprojekte bleiben.

⁵ Dies ist auch die Größenordnung des kurzfristigen Substitutionspotentials in dem Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats des Bundesministeriums für Wirtschaft [BMWi, 1980, S. 10].

punkte gegen einen forcierten Kohleeinsatz sprechen könnten und durch welche energie- und außenwirtschaftlichen Maßnahmen dieses Substitutionspotential mobilisiert werden könnte.

Umweltaspekte eines forcierten Steinkohleneinsatzes

Einer Substitutionsstrategie, die auf einen verstärkten Einsatz der Steinkohle setzt, wird mit dem Einwand begegnet, daß hierdurch massive Umwelt- und Sicherheitsprobleme hervorgerufen werden können [vgl. u.a. Grenon, 1979; Stobaugh, Yergin, 1979, Kap. 4]. Die Umweltprobleme resultieren aus den bei der Energieerzeugung bzw. -umwandlung freigesetzten Schadstoffen und aus der dabei erzeugten direkten und indirekten Abwärme. Beide Aspekte sollen im folgenden näher betrachtet werden.

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt und bei unzulänglichen Rückhaltetechniken in die Atmosphäre emittiert. Die wichtigsten dieser Schadstoffe sind Schwefeldioxid, Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Staub¹. Durch geeignete Rückhaltetechniken läßt sich die Emission dieser Schadstoffe zu vertretbaren Kosten weitgehend reduzieren.

Die Schadstoffbelastung der Umwelt durch fossil beheizte Kraftwerke konnte im Laufe der Zeit erheblich herabgesetzt werden. Neue Steinkohlenkraftwerke emittieren heute 70 vH weniger Schwefeldioxid und 80 vH weniger Staub als jene, die nunmehr aus dem Betrieb genommen werden. Eine weitere Herabsetzung der Schwefeldioxidemission ist bei künftigen Steinkohlenkraftwerken durch Entschwefelung der Brennstoffe und der Rauchgase zu erwarten². Von Befürwortern der Kernspaltungs-(Fissions-)energie wird darauf hingewiesen, daß bei der Erzeugung von Strom durch Fissionsreaktoren die genannten Schadstoffe nicht freigesetzt werden und die Kernenergie deshalb als besonders umweltfreundlich gelten kann. Allerdings geben Fissionskraftwerke auch bei Normalbetrieb Radionuklide an die Umwelt ab (insbesondere Krypton und Xenon an die Luft sowie Tritium und Jod an das Wasser), die von Kritikern der Kernfissionstechnologie für nicht unbedenklich erachtet werden. Daneben können aber Störfälle im gesamten Kernbrennstoffkreislauf zu regional katastrophalen Umweltbelastungen führen, die bei konventionellen Kraftwerken nicht auftreten können. Dieses "Restrisiko" der Fissionsenergie und andere Risiken können zwar durch geeignete technische und institu-

¹ Zu den spezifischen Schadstoffemissionen einzelner Verbrauchssektoren und Primärenergieträger vgl. BMFT [1977, S. 27 f., 39 f. u. 407 f.].

² Eine weitere Reduzierung der Schadstoffemission, insbesondere des SO₂, ist durch den Einsatz von neuen Technologien einer Wirbelschichtfeuerung und einer Kohledruckvergasung zu erwarten [vgl. Hoffmann, 1978].

tionelle Einrichtungen herabgesetzt, aber nicht ausgeschlossen werden¹.

Gravierender noch als das Problem der Schadstoffe bei fossiler und nuklearer Energieerzeugung und -umwandlung wird sich vermutlich das Problem der direkten und indirekten Abwärme stellen. Jede Art der Energieumwandlung führt unabhängig vom eingesetzten Primärenergieträger letztlich zu einer Erwärmung der Umgebung, die gesamte eingesetzte Primärenergie wird letztlich als "Abwärme" freigesetzt. Global gesehen ist von dieser direkten Abwärme kein nachhaltig umweltschädlicher Effekt zu erwarten. Dies gilt freilich nicht für lokale Emissionsschwerpunkte und insbesondere nicht für das Wasser als Kühlmedium [vgl. Meyer-Abich, 1974].

Anders wird hingegen das globale Problem der indirekten Wärmebelastung durch die Anreicherung der Atmosphäre mit Kohlendioxid beurteilt, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht²; daneben wird CO₂ allerdings auch durch die Nutzung der Biosphäre gebunden oder freigesetzt. Das Vorhandensein von CO₂ in der Atmosphäre bewirkt zwar, daß das sichtbare Licht der Sonne zur Erde gelangt, hält aber die von der Erdoberfläche ausgehenden langwelligen Strahlen zurück. Durch eine Erhöhung des CO₂-Pegels kann sich langfristig der Wärmestau in der unteren Atmosphäre und damit die globale Durchschnittstemperatur erhöhen (sogenannter Treibhauseffekt).

¹ Kontrovers sind die Standpunkte von Befürwortern und Gegnern der Kernenergie insbesondere bei den folgenden Problemkreisen:

- Somatische und genetische Risiken der im Normalbetrieb aus den Reaktoren und den übrigen Stationen des Brennstoffkreislaufes emittierten radioaktiven Substanzen;
- Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensfolge schwerer Reaktorunfälle (Niederschmelzen des Reaktorkerns, Bersten des Reaktorschutzhalters). Diese Frage hat nach dem schweren Reaktorstörfall in Harrisburg weltweites Interesse gefunden;
- Beurteilung der Risiken der Reaktorlinie "Schnelle Brüter" im Vergleich zu den Leichtwasserreaktoren (hohe Leistungsdichte im Reaktorkern, Einsatz von flüssigem Natrium, Erzeugung großer Mengen von Plutonium);
- Risiken der "Plutoniumwirtschaft" (hohe Toxizität, Gefahr der Kernwaffenverbreitung und des Mißbrauchs durch Terroristen);
- Notwendigkeit der Aufarbeitung abgebrannter Reaktorbrennelemente;
- Möglichkeit der säkularen Abschirmung des Atommülls von der Biosphäre;
- Beeinträchtigung der Verteidigungsfähigkeit bei militärischen Konfliktfällen.

Auf die umfangreiche Literatur zu diesen Problemkreisen kann in diesem Zusammenhang nicht eingegangen werden. Eine recht ausführliche Darstellung bisheriger Risikostudien sowie die sie begleitende Literatur findet sich bei National Research Council [1979, Kap. 9].

² Auf den gleichen Wärmewert bezogen, ist der CO₂-Ausstoß bei der Verbrennung von Steinkohle 25 vH höher als bei Erdöl und 75 vH höher als bei Erdgas [vgl. Wilson, 1980, S. 148].

Große Unsicherheit herrscht nach wie vor bei der Beurteilung der daraus resultierenden globalen Temperaturerhöhung¹ und einer möglicherweise damit einhergehenden Klimaverschiebung². Nach neueren Modellen wird angenommen, daß sich die globale Durchschnittstemperatur um 2° C erhöht, wenn sich der CO₂-Pegel der Luft gegenüber seinem vorindustriellen Stand verdoppelt hat³. Eine erhebliche Unsicherheit gibt es vor allem noch bei der Frage der Auswirkungen derartiger Temperaturerhöhungen. In Betracht gezogen werden Einflüsse auf das Ausmaß der Polareisbindung und eine Verlagerung der Trockenzonen und Wüstengebiete.

Wenn diese Effekte auch derzeit nicht mit hinreichender Sicherheit vorausgesagt werden können, so bliebe doch ein erhebliches "klimatisches Restrisiko", falls eine massive Kohlennutzung bis weit in das nächste Jahrhundert hinein fortgeführt wird. Will man die Option eines massiven Einsatzes der Fissionsenergie angesichts ihrer Risiken meiden, ließe sich das "klimatische Restrisiko" nur dadurch verringern, daß auf mittlere und lange Sicht neue Energieträger erschlossen werden. Nach heutiger Kenntnis könnte diese Rolle unter der Bedingung, preisgünstig, hinreichend verfügbar und umweltschonend zu sein, nur von zwei Primärenergieträgern übernommen werden⁴: von der Sonnenenergie⁵ und der Kernfusionsenergie⁶. Die umweglose Nutzung der Sonnenenergie zur Stromerzeugung auf photo-

¹ Derartige Voraussagen sind wegen zahlreicher Sekundär- und Nebeneffekte äußerst problematisch. So nahm die mittlere Temperatur, im Einklang mit den CO₂-Wirkungsmodellen, von 1880 bis 1940 um 0,7° C zu; von 1940 bis 1970 hat sie jedoch trotz steigenden CO₂-Gehalts um 0,3° C abgenommen [vgl. Siegenthaler, Oeschger, 1978].

² Zu den Klimamodellen vgl. Penner, Icerman [1974, Kap. 6]; Singer [1975]; Stumm [1977]; Kellogg [1977].

³ Die Erhöhung der CO₂-Konzentration wird seit 1958 meßtechnisch nachgeprüft; vom Ende des vorigen Jahrhunderts bis 1958 soll die CO₂-Konzentration von 292 parts per million (ppm) Luftinhalt bis auf 313 ppm angestiegen sein. Seitdem hat sie bis auf derzeit 333 ppm, also ziemlich genau um 1 ppm pro Jahr, zugenommen.

⁴ Zu den Alternativstrategien globaler Energieoptionen vgl. Häfele [1976]; Fritsch [1977]; Stobaugh, Yergin [1979]; National Research Council [1979].

⁵ Zum aktuellen Stand der technologischen Forschung zu einer Nutzung der Sonnenenergie vgl. Hautala et al. [1979].

⁶ Die für die Kernfusion notwendigen Kernbrennstoffe Deuterium und Lithium stehen von der Reservesituation her gesehen für praktisch unbegrenzte Zeiträume zur Verfügung [vgl. Bünde, 1974]. - Ein Fusionsreaktor bietet gegenüber Fissionsreaktoren erhebliche Vorteile. Die inhärente Sicherheit ist vermutlich sehr viel höher, Kernbrennstoffe des Fusionsreaktors bilden darüber hinaus einen geschlossenen Kreislauf. Es entsteht kein radioaktiver Abbrand wie bei Fissionsreaktoren, der konditioniert und als Atom Müll endgelagert werden muß. Des weiteren fallen keine Produkte an, die zur Kernwaffenproduktion mißbraucht werden könnten [vgl. Odell, 1974, S. 31 f.].

elektrischer Basis erscheint erfolgversprechender als die solarthermische Konversion. Neben der Elektrizität aus Sonnen- und Kernfusionsenergie könnte dem Wasserstoff die Rolle des zweiten und universalen Sekundärenergieträgers zufallen, der die bisherigen Kraftstoffe weitgehend ersetzen könnte. Freilich sind diese Technologien entweder heute noch nicht wirtschaftlich anwendbar (Elektrizitätserzeugung durch Sonnenenergie, Produktion von Wasserstoff) oder technisch noch nicht durchführbar (Kernfusion). Die Prognosen über den Zeitpunkt des wirtschaftlichen Einsatzes dieser Energieträger bei der Elektrizitätserzeugung schwanken im Falle der Sonnenenergie zwischen wenigen Jahren und dem Ende des Jahrhunderts, im Falle der Kernfusionsenergie zwischen dem Ende des Jahrhunderts und nie.

Der massive Einsatz des fossilen Energieträgers Steinkohle zur Substitution der natürlichen Kohlenwasserstoffe Erdöl und Naturgas kann nur im Sinne einer "Brückenstrategie", d. h. als Übergangslösung ins Auge gefaßt werden [vgl. u. a. Hoffmeyer, Neu, 1979, S. 178]. Die zeitliche Begrenzung eines solchen Verbrauchsmusters wird sich vermutlich eher aus den Umweltbelastungen als aus der Endlichkeit der globalen Kohlevorräte ergeben. Sowohl unter Gesichtspunkten des Umweltschutzes als auch aus Rentabilitätsabwägungen erfordert die mit einem verstärkten Kohleeinsatz einhergehende Kohleveredelung den Einsatz von nuklearer Prozeßwärme in Form von Hochtemperaturreaktoren. Während die "Brückenstrategie" verfolgt wird, verbleibt mit hoher Wahrscheinlichkeit hinreichend Zeit, eine endgültige Entscheidung darüber einzuleiten, ob die Kernfission unter Einsatz von Schnellen Brutreaktoren, die Kernfusion oder die Solarenergie eine langfristige Basis der künftigen Energieversorgung bilden sollen.

Die Mobilisierung des Substitutionspotentials

Der Zugang deutscher Verbraucher zu den Steinkohlenmärkten in Drittländern ist seit dem Ende der fünfziger Jahre beschränkt; das Zollkontingent beträgt derzeit 6,2 Mill. t/Jahr. Im Zuge neuer Vereinbarungen zwischen den Kraftwerken und dem Steinkohlenbergbau vom März dieses Jahres über eine schrittweise jährliche Erhöhung der Abnahmeverpflichtung von derzeit 33 Mill. t auf bis zu 46,5 Mill. t bis zum Jahr 1995 (Kohlepaket) sollen künftig auch die Restriktionen für Steinkohleneinfuhren aus Drittländern gelockert werden. Für den gesamten Wärmemarkt mit Ausnahme der Kraftwerkswirtschaft ist geplant, ab 1981 ein Kontingent von jährlich 4 Mill. t (1981-1985) bereitzustellen, das schrittweise über 8 Mill. t (1986-1990) auf jährlich 12 Mill. t (1991-1995) aufgestockt werden soll. Mit diesen Kontingenten können demnach nur Bruchteile des kurzfristigen und langfristigen Substitutionspotentials mobilisiert werden.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von begründeten Zweifeln daran, daß die deutsche Wirtschaft mit der avisierten Einfuhrreglementierung in Form von Zollkontingentscheinen bereits in die Lage versetzt wird, auf dem Weltkohlemarkt langfristige Engagements einzugehen [vgl. Fels, Neu, 1980]. Die Lockerung der Einfuhrrestriktionen im Rahmen des Kohlepakets ist zwar ein Schritt in die richtige Richtung, aber insgesamt wohl zu zaghaft ausgefallen. Für eine nachhaltige Substitution von Heizöl durch Importkohle auf dem Wärmemarkt wird sich

eine völlige Liberalisierung der Einfuhren als unerlässlich erweisen. Potentielle Steinkohlenverbraucher in der Bundesrepublik laufen sonst Gefahr, daß sie bei der Verteilung eines expandierenden Steinkohlenangebots weitgehend unberücksichtigt bleiben.

Tabelle A1 - Regionale Verflechtung des Welthandels mit festen Brennstoffen^a 1960 und 1977 (1 000 t SKE)

Importregion	Jahr	Exporte aus:								Insgesamt
		Nord-amerika	Latein-amerika	West-europa	Afrika	Mittlerer Osten	Ferner Osten	Ozeanien	Staatshandelsländer	
Nordamerika	1960	12 200	-	70	-	-	-	-	-	12 270
	1977	15 250	-	340	730	-	-	250	530	17 100
Lateinamerika	1960	2 120	-	170	30	-	-	-	650	2 970
	1977	3 870	-	170	-	-	-	160	2 030	6 230
Westeuropa	1960	15 500	-	44 450	190	-	-	-	17 400	77 540
	1977	14 290	-	15 770	7 630	-	180	7 320	32 070	77 260
Afrika	1960	5	-	260	810	-	-	-	100	1 175
	1977	540	-	10	430	-	-	-	700	1 680
Mittlerer Osten	1960	60	-	110	15	-	-	-	100	285
	1977	310	-	80	-	-	-	20	20	430
Ferner Osten	1960	5 790	-	50	390	-	1 710	1 690	1 540	11 170
	1977	25 770	-	360	2 550	-	510	31 210	5 440	65 840
Ozeanien	1960	-	-	60	6	-	-	230	-	296
	1977	10	-	-	-	-	-	20	-	30
Staatshandelsländer	1960	-	-	540	-	-	8	-	25 600	26 150
	1977	1 110	-	230	10	-	-	110	32 250	33 710
Insgesamt	1960	35 675	-	45 710	1 440	-	1 720	1 920	45 490	132 000
	1977	61 150	-	16 960	11 350	-	690	39 090	73 040	202 280
Außenhandelssaldo	1960	23 405	- 2 970	- 31 830	265	- 285	- 9 450	1 624	19 340	.
	1977	44 050	- 6 230	- 60 300	9 670	- 430	- 65 150	39 060	39 330	.
Nachrichtlich:										
Produktion	1960	401 050	7 850	498 230	43 270	4 510	114 990	29 500	1 102 530	2 201 930
	1977	626 814	16 258	256 809	90 763	5 312	140 344	72 389	1 315 403	2 524 092

^a Einschließlich Braunkohle. 1 t Steinkohleneinheiten = 29,3076 Gigajoule.

Quelle: UN [World Energy Supplies, lfd. Jgg.] - Eigene Berechnungen.

Tabelle A2 - Durchschnittspreise im Welthandel mit Steinkohle^a und regionale Anteile am jeweiligen Handelsvolumen 1977

Exportland/ -region Importland/ -region	Kanada	Ver- einigte Staaten	Australien	Frank- reich	Bundes- republik	OECD- Länder insgesamt	Polen	Republik Süd- afrika
Durchschnittspreis der Exporte (f.o.b., US \$/t)								
Welt insgesamt	46,45	53,89	39,18	55,19	64,41	49,26	39,46	.
davon:								
OECD-Länder	46,29	53,45	39,06	55,38	64,25	48,92	.	34,17 ^b
Nicht-OECD-Länder	48,86	57,30	43,43	55,13	70,54	54,30	.	.
Bundesrepublik	26,24	51,54	24,90	48,39	.	40,11	.	.
Italien	39,85	56,69	29,82	45,92	64,99	56,51	.	.
Japan	47,97	62,10	40,31	.	77,31	47,67	.	.
Durchschnittspreis der Importe (c.i.f., US \$/t)								
Bundesrepublik	30,07	53,64	35,27	49,01	.	44,51	34,68	34,50
Italien	49,56	61,43	49,42	50,19	81,09	64,59	46,15	31,86
Japan	59,30	72,09	52,26	.	86,22	59,62	61,33	42,75
Kostenbelastung (Differenz f.o.b./c.i.f., vH)								
Bundesrepublik	14,6	4,1	41,6	1,3	.	11,0	.	.
Italien	24,4	8,4	65,7	9,3	24,8	14,3	.	.
Japan	23,6	16,1	29,6	.	11,5	25,1	.	.
Anteil an den Gesamtexporten (vH)								
Welt insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
davon:								
OECD-Länder	93,7	88,5	94,5	98,3	97,3	92,3	50,6	74,9
Nicht-OECD-Länder	6,3	11,5	5,1	1,7	2,7	7,7	49,4	25,1
Bundesrepublik	2,6	1,6	1,4	59,8	.	2,5	4,9	5,3
Italien	0,5	7,6	3,2	4,2	15,7	6,2	7,4	6,7
Japan	85,9	29,2	75,6	.	1,5	46,1	2,0	17,7
Anteil an den Gesamtimporten (vH)								
Bundesrepublik	4,7	15,8	10,0	5,3	.	52,2	30,7	11,8
Italien	0,3	31,1	9,9	0,2	17,1	59,0	24,5	7,8
Japan	17,8	25,0	43,5	.	0,6	86,9	1,3	4,1
^a SITC, Untergruppe 3214 (SITC, Rev. I). - ^b Einfuhrpreis der OECD-Länder insgesamt.								

Quelle: OECD [Statistics of Foreign Trade, 1979]. - UN [Yearbook, 1977; World Energy Supplies, lfd. Jgg.]. - Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Essen. - Eigene Berechnungen.

Tabelle A3 - Versorgungsbilanz bei Steinkohle und Primärenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland 1978

Steinkohle	Mill. t SKE		Anteil der Förderung in vH
Förderung	85,139 ^a		100
Ausfuhr insgesamt	27,969		32,9
davon			
Steinkohle	18,656		21,9
Steinkohlenbriketts	0,409		0,5
Steinkohlenkoks	8,904		10,5
Inlandsabsatz	57,170		67,1
Einfuhr insgesamt ^b	7,335		8,7
davon			
Steinkohle	6,432		7,6
Steinkohlenkoks	0,903		1,1
Abbau von Lagerbeständen	4,431		5,2
Energieträger	Verbrauch		Nettoimportquote (-) und -exportquote (+)
	Mill. t SKE	vH	
Steinkohle ^c	69,220	17,8	+ 29,8
Braunkohle	35,890	9,3	- 3,0
Mineralölerzeugnisse	202,516	52,2	- 98,8
Erdgas/Erdölgas	59,828	15,4	- 62,5
Kernbrennstoffe	11,777	3,0	- 100
Sonstige Energieträger ^d	8,939	2,3	- 4,5
Insgesamt	388,170	100	- 60,0
^a 85,139 t SKE = 83,936 Mill. metrische t. - ^b Ohne Direkteinfuhren der US-Armee aus den Vereinigten Staaten. - ^c Unter Einbeziehung von Bestandsänderungen und des Steinkohlens austausches mit der Deutschen Demokratischen Republik. - ^d Grubengas, Wasserkraft- und Einfuhrstrom (Überschuß), inländisches Aufkommen von Brennholz, Torf und Müll.			

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [1978]. - Eigene Berechnungen.

Verzeichnis der Schaubilder

	Seite
Schaubild 1 - Energiepreise als Wärmepreise für ausgewählte Energieträger in der Bundesrepublik Deutschland 1960-1979	5
Schaubild 2 - Endenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland nach Energieträgern und Verbrauchergruppen für ausgewählte Jahre	16

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1 - Verbrauch und Außenhandelsintensität von Primärenergie nach Energieträgern und ausgewählten Regionen 1960 und 1978	4
Tabelle 2 - Versorgung des Erdölmarktes in den Vereinigten Staaten seit 1960	6
Tabelle 3 - Steinkohlenvorräte nach ihrer technischen und ökonomischen Bewertung sowie Weltversorgung mit Steinkohle nach Regionen 1978	11
Tabelle 4 - Nettohandelsvolumen mit Steinkohle nach Regionen 1976-2000.	13
Tabelle 5 - Schätzung des Exportpotentials wichtiger Steinkohlenausfuhrländer für das Jahr 2000	15
Tabelle 6 - Theoretische Substitutionspotentiale von Heizöl im Bereich der Industrie und der privaten Haushalte, bezogen auf das Jahr 1976	18
 Tabelle A1 - Regionale Verflechtung des Welthandels mit festen Brennstoffen 1960 und 1977	 26
Tabelle A2 - Durchschnittspreise im Welthandel mit Steinkohle und regionale Anteile am jeweiligen Handelsvolumen 1977	27
Tabelle A3 - Versorgungsbilanz bei Steinkohle und Primärenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland 1978	28

Literaturverzeichnis

- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt/M., lfd. Jgg.
- Barnert, H., "Nukleare Wärmeenergie, Flexibler Partner der Kohle". Handelsblatt, Düsseldorf, vom 23. Januar 1980.
- Brodman, John R., Richard E. Hamilton, "A Comparison of Energy Projections to 1985". Zeitschrift für Energiewirtschaft, Braunschweig 1978, H. 3, S. 179-195.
- Bünde, R., u.a., "Aspekte der Energieversorgung mit Fusionsreaktoren". Brennstoff, Wärme, Kraft, Vol. 26, Düsseldorf 1974, S. 467-472.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Die künftige Entwicklung der Energienachfrage und deren Deckung - Perspektiven bis zum Jahr 2000. Hannover 1976. (Unveröff.)
- Der Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT), Zur friedlichen Nutzung der Kernenergie. Eine Dokumentation der Bundesregierung. Bonn 1978.
- Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi), Wirtschaftspolitische Folgerungen aus der Ölverknappung. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft. Bonn 1980.
- Croll, Donald O., "Growth in a Year of Crisis". Petroleum Economist, Vol. 47, London 1980, S. 5-7.
- DIW, EWI, RWI, Untersuchung der Möglichkeiten zur Substitution von Mineralöl. (Veröff. in Vorber.)
- Dolinski, Urs, Klaus-Dieter Labahn, "Zur Frage der Substitution von Mineralöl durch andere Energieträger. Dargestellt am Beispiel der Energiewirtschaft eines Bundeslandes". Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Vol. 29, Gräfelfing 1979, S. 740-745.
- Energy: Global Prospects, 1985-2000. Report of the Workshop on Alternative Energy Strategies. New York 1977.
- Fels, Gerhard, Axel D. Neu, Reform der Kohlepolitik als Beitrag zur Sicherung der Energieversorgung. Institut für Weltwirtschaft, Kieler Diskussionsbeiträge, 72. (Im Druck.)
- Fichtner, Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Systemvergleich Fernwärme-/Erdgasversorgung. Kurzfassung. Im Auftrage der Ruhrgas AG, Essen, Juni 1977.
- Fritsch, Bruno, Future Capital Requirements of Alternative Energy Strategies. Global Perspectives. Swiss Federal Institute of Technology, Working Paper, 3, Zürich, Juli 1977.

- Grathwohl, Manfred, Energieversorgung. Ressourcen, Technologien, Perspektiven. Berlin 1978.
- Grenon, Michel (Ed.), Future Coal Supply for the World Energy Balance. Third IIASA Conference on Energy Resources, 28.11. - 2.12.1977, Moscow. IIASA Proceedings Series, Vol. 6, Oxford 1979.
- Häfele, Wolf, "Energy Systems: Global Options and Strategies". In: IIASA Conference, 10./13. May 1976. Vol. 1, Laxenburg 1976, S. 57-91.
- Hautala, Richard R., R. Bruce King, Charles Kutal (Eds.), Solar Energy. Chemical Conversion and Storage. Clifton, N.J., 1979.
- Hoffmann, Frank, "Die Beurteilung verschiedener Energieträger unter Arbeitsmarkt- und Umweltschutzaspekten". In: V. Hauff (Hrsg.), Energie, Wachstum, Arbeitsplätze. Argumente in der Energiediskussion, Vol. 4/5, Villingen 1978, S. 579-587.
- Hoffmeyer, Martin, Axel D. Neu, "Zu den Entwicklungsaussichten der Energiemärkte". Die Weltwirtschaft, Tübingen 1979, H. 1, S. 154-182.
- Hudson, Edward A., Dale W. Jorgensen, "Economic Analysis of Alternative Energy Growth Pattern 1975-2000". In: S.D. Freeman (Ed.), A Time to Choose. America's Energy Future. Final Report by the Energy Policy Project of the Ford Foundation, Cambridge, Mass., 1974.
- Kellogg, William W., Effects of Human Activities on Global Climate. Technical Note No. 156, Genf 1977.
- Das Kohleveredelungsprogramm der Bundesregierung. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Aktuelle Beiträge zur Wirtschafts- und Finanzpolitik, Bonn, Nr. 6, vom 31. Januar 1980.
- Meyer-Abich, Klaus M., "Umweltbeeinträchtigungen durch den wirtschaftlich-technischen Prozeß". In: Herbert Giersch (Hrsg.), Das Umweltproblem in ökonomischer Sicht. Symposium 1973, Tübingen 1974, S. 3-25.
- National Research Council, Committee on Nuclear and Alternative Energy Systems. Energy in Transition, 1985-2010. Washington 1979.
- Neu, Axel D., Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch - Eine Strategie der Energiepolitik? Institut für Weltwirtschaft, Kieler Diskussionsbeiträge, 52, Kiel, Februar 1978.
- Odell, Peter R., Energy: Needs and Resources. London 1974.
- , "A Personal View of 'Missing Oil'". Petroleum Economist, Vol. 47, London 1980, S. 21-23.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD), International Energy Agency (IEA), Steam Coal, Prospects to 2000. Paris 1978.
- , Statistics of Foreign Trade, Series C: Trade by Commodities 1977, Paris 1979.

- Penner, S.S., L. Icerman, Energy: Demands, Resources, Impact, Technology, and Policy. Vol. I of a 3-Vol. set of lecture notes, London 1974.
- Philipps, Owen, The Last Chance Energy Book. Baltimore 1979.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Herausforderung von außen. Jahresgutachten 1979/80, Stuttgart 1979.
- Schilling, Hans-Dieter, Detlev Wiegand, Bernd Strobel, "Wirtschaftliche Perspektiven der Steinkohlenverflüssigung in der Bundesrepublik Deutschland". Zeitschrift für Energiewirtschaft, Braunschweig 1979, H. 4, S. 260-267.
- Schmitt, Dieter, Hans-Wilhelm Schiffer, Substitutionsmöglichkeiten für Mineralöl im Haushaltsbereich. Aktuelle Fragen der Energiewirtschaft, Vol. 14, München 1979.
- Schürmann, Heinz Jürgen, "Ölversorgung, Bestandsaufnahme und Ausblick". Zeitschrift für Energiewirtschaft, Braunschweig 1980, H. 1, S. 14-26.
- Schulz, Walter, Ökonomische Probleme der Politik der Erdölkonservierung in den USA. München 1972.
- Siegenthaler, U., H. Oeschger, "Predicting Future Atmospheric Carbon Dioxide Levels". In: Philip H. Abelson, Allen L. Hammond (Eds.), Energy II. Use, Conservation and Supply. Washington 1978, S. 53-59.
- Singer, S. Fred (Ed.), The Changing Global Environment. Dordrecht 1975.
- Speich, Peter, "Gas aus Braunkohle. Technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte der Braunkohlenveredelung". Zeitschrift für Energiewirtschaft, Braunschweig 1979, H. 4, S. 252-258.
- Stobaugh, Robert B., Daniel Yergin (Eds.), Energy Future. New York 1979.
- Strack, G., "Energiepläne mit und ohne Atomkraft. Enquête-Kommission: Drastisches Sparen und Schnelle Brüder möglich". Frankfurter Rundschau, Frankfurt/M., 19. April 1980.
- Stumm, W. (Ed.), Global Chemical Cycles and Their Alteration by Man. Dahlem Konferenzen, Berlin 1977.
- Süddeutsche Zeitung, München, vom 8. Mai 1980: "Die USA wollen mehr Kohle liefern. - Bundesrepublik soll die Importbeschränkungen lockern".
- United Nations, World Energy Supplies, Statistical Papers, Series J, New York, lfd. Jgg.
- , Yearbook of International Trade Statistics 1977, Vol. I, New York 1979.
- Wilson, Carroll L. (Ed.), Coal - Bridge to the Future. Report of the World Coal Study. Cambridge, Mass., 1980.

Winkens, Hans P., Franz J. Mölter, Hans Neuffer, "Die wirtschaftlichen und technischen Ausbaumöglichkeiten der Fernwärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland". Fernwärme International, Vol. 5, Frankfurt/M. 1976, H. 5, S. 134-152.

World Energy Resources 1985-2020. Executive Summaries of Reports on Resources, Conservation and Demand to the Conservation Commission of the World Energy Conference. New York 1978.