

Lehbert, Berndt

**Working Paper — Digitized Version**

## Vorschlag für ein Prognose- und Simulationsmodell des Umwandlungsbereichs der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland

Kiel Working Paper, No. 86

**Provided in Cooperation with:**

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

*Suggested Citation:* Lehbert, Berndt (1979) : Vorschlag für ein Prognose- und Simulationsmodell des Umwandlungsbereichs der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, Kiel Working Paper, No. 86, Kiel Institute of World Economics (IfW), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/46714>

**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.*

# Kieler Arbeitspapiere Kiel Working Papers

---

Arbeitspapier Nr. 86

VORSCHLAG FÜR EIN  
PROGNOSE- UND SIMULATIONSMODELL DES UMWAND-  
LUNGSBEREICHES DER ENERGIEWIRTSCHAFT IN DER  
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

von  
Berndt | Lehbert

Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel

Institut für Weltwirtschaft  
an der Universität Kiel  
Düsternbrooker Weg 120, 2300 Kiel

Arbeitspapier Nr. 86

VORSCHLAG FÜR EIN  
PROGNOSE- UND SIMULATIONSMODELL DES UMWAND-  
LUNGSBEREICHES DER ENERGIEWIRTSCHAFT IN DER  
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

von  
Berndt | Lehbort

März 1979

Mit den Kieler Arbeitspapieren werden Manuskripte, die aus der Arbeit des Instituts für Weltwirtschaft hervorgegangen sind, von den Verfassern möglichen Interessenten zugänglich gemacht. Für Inhalt und Verteilung ist der Autor verantwortlich. Es wird gebeten, sich mit Anregung und Kritik direkt an ihn zu wenden und etwaige Zitate aus seiner Arbeit vorher mit ihm abzustimmen.

ISSN 0342 - 0787

Ag 1738/79  
Weltwirtschaft  
Kiel

## Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Übersichten	II
Verzeichnis der Tabellen im Text	II
Verzeichnis der Tabellen im Anhang	III
Verzeichnis der Abkürzungen	IV
1. Einführung	1
2. Der formale Aufbau des energiewirtschaftlichen Input-Output-Modells	4
2.1 Bilanztechnische Relationen der energie- wirtschaftlichen Input-Output-Tabelle	7
2.2 Das Gleichungssystem und seine Lösung -Modelltheoretische Interpretation-	10
3. Die Ableitung der energiewirtschaftlichen Input- Output-Tabelle aus der Energiebilanz	15
3.1 Kritik an den Bewertungsmethoden der Energie- bilanz	16
3.2 Umformung der Energiebilanz in ein Input- Output-System	25
4. Problematik bei der Bestimmung der sektoralen Inputkoeffizienten	33
4.1 Sektoren mit variabler Koppelproduktion (Raffinerien und sonstige Energieerzeuger)	34
4.2 Sektor mit alternativen Produktionsmethoden bei einheitlichem Produkt (Stromerzeugung)	36
4.3 Sektor mit alternativen Produktionsmethoden und variabler Koppelproduktion (Zechen- u. Hüttenkokereien und Ortsgaswerke)	40
5. Ex-post-Prognosen für das Jahr 1976 zur Prüfung der Modellfunktion	42
5.1 Aggregierte Ex-post-Prognosen 1976	47
5.2 Disaggregierte Quasi-Ex-post-Prognose (Kontrollrechnung)	58
6. Schlußbetrachtung	64
Statistischer Anhang	66

### Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 1	- Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft	6
Übersicht 2	- Sektorale Energiebilanz 1975 Sektor: 9 Raffinerien	27
Übersicht 3	- Sektorale Energiebilanz 1975 Inländischer Endenergieverbrauch	28
Übersicht 4	- Input-Output-Gleichung von Sektor: 9 Raffinerien 1975	30
Übersicht 5	- Stromerzeugung -Inputkoeffizientenberechnung-	39

### Verzeichnis der Tabellen im Text

Tabelle 0	- Koeffizienten-Matrizen und Differenz ihrer Inversen (1975)	13 a
Tabelle 1	- Energiebilanz der BR Deutschland für das Jahr 1975	26
Tabelle 2	- Disaggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft der BR Deutschland 1975	31
Tabelle 3	- Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft der BR Deutschland 1975	32
Tabelle 4	- Output und Input der Raffinerien in der BR Deutschland 1970 - 1975	35
Tabelle 5	- Kraftwerke in der BR Deutschland 1970 - 1975	38
Tabelle 6	- Zechen- u. Hüttenkokereien und Ortsgaswerke in der BR Deutschland 1970 - 1975	41
Tabelle 7	- Zusammensetzung und Berechnung des aggregierten Vektors der "Gesamten Endenergienachfrage nach Sekundärenergieträgern" für die Ex-post-Prognose der BR Deutschland 1976	44 - 46
Tabelle 8	- Aggregierte Input-Output-Tabelle der BR Deutschland 1976	48
Tabelle 9	- Input-Koeffizienten und Umwandlungs- verlustkoeffizienten $\emptyset$ 1973 - 1975	49
Tabelle 10	- Leontief-Matrix 0 1973 - 1975	50
Tabelle 11	- Input-Koeffizienten und Umwandlungs- verlustkoeffizienten 1975	51
Tabelle 12	- Leontief-Matrix 1975	52
Tabelle 13	- Input-Koeffizienten und Umwandlungs- verlustkoeffizienten 1976	53
Tabelle 14	- Leontief-Matrix 1976	54
Tabelle 15	- Disaggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft der BR Deutschland 1976	60
Tabelle 16	- A-u.C-Matrix der Tabelle 15 (Ausschnitt)	61
Tabelle 17	- (A+C)-Matrix der Tabelle 15 (Ausschnitt)	62
Tabelle 18	- Leontief-Matrix und disaggregierter End- energienachfragevektor der Tabelle 15 (Ausschnitt)	63

Verzeichnis der Tabellen im Anhang

Tabelle A 1 - Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft BR Deutschland 1970	67
Tabelle A 2 - Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft BR Deutschland 1971	68
Tabelle A 3 - Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft BR Deutschland 1972	69
Tabelle A 4 - Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft BR Deutschland 1973	70
Tabelle A 5 - Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft BR Deutschland 1974	71
Tabelle A 6 - Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft BR Deutschland 1975	72
Tabelle A 7 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 1. Z.-u.H.-Kokereien u. Gas- werke	73
Tabelle A 8 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 2. Hochöfen	74
Tabelle A 9 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 3. SK-Brikettfabriken	75
Tabelle A10 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 4. BK-Brikettfabriken	76
Tabelle A11 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 5. Kraftwerke	77
Tabelle A12 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 6. Raffinerien	78
Tabelle A13 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 7. Sonstige Energieerzeuger	79
Tabelle A14 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 8. Fernheizwerke	80
Tabelle A15 - Koeffizientenentwicklung-Umwandlungs- bereich: 1 - (Umwandlungsverlust- koeffizient)	81

Verzeichnis der Abkürzungen

(als Subskripte von Energiemengen)

SK	- Steinkohle
BK	- Braunkohle
Eö	- Erdöl (roh)
Eg	- Erdgas (Erdölgas und Grubengas)
Kr	- Kernbrennstoff
KLM	- Klärschlamm u. -gas, Müll u. Brennholz
W, WK	- Wasserkraft
P	- Primärenergieträger insgesamt
IN	- inländischer Endenergieverbrauch
B	- Bestandsänderung
A	- Ausfuhr
M	- Einfuhr
NE	- nichtenergetischer Verbrauch
N	- gesamter Endenergieverbrauch
Z	- Bilanzsumme

## 1. Einführung

Seit der Ölkrise von 1973/74 bemühen sich Energieplaner und Energiepolitiker um Möglichkeiten, den künftigen Energiebedarf mit Hilfe verschiedener Energiemodelle vorzuschätzen. Diese Bemühungen haben in der Bundesrepublik Deutschland z.B. in zwei vom Bundesministerium für Forschung und Technologie angeregten Seminaren bzw. Tagungen ihren Niederschlag gefunden, die im Januar 1975 in Jülich und im Mai 1977 in der Universität Bremen stattfanden. Beide Tagungen kommen u.a. zu dem Ergebnis, daß "die Problemstellungen der Energiewirtschaft nicht isoliert betrachtet werden"<sup>1</sup> dürfen, weil "die Entwicklung des Energiebedarfs letztlich von der prognostizierten gesamtwirtschaftlichen und gesamtgesellschaftlichen Entwicklung"<sup>2</sup> abhängt.

Die in den Berichten dieser Tagungen aufgeführten Modelle, die sich der Input-Output-Technik bedienen, sind deshalb stets in gesamtwirtschaftliche Input-Output-Systeme eingebaut, wenn auch mit stärker als üblich disaggregierten Energiebranchen.

In der vorliegenden Studie wird nur ein Teilbereich der Energiewirtschaft, nämlich der Umwandlungsbereich, behandelt. Dafür soll hier ein Input-Output-Modell aufgezeigt werden, das aus einer rein energiewirtschaftlichen Input-Output-Tabelle abgeleitet wird; sie enthält nicht Werte (DM), sondern Mengen (t SKE). Ziel des hier vorgeführten Modellvorschlages ist es, für den Umwandlungsbereich der Energiewirtschaft ein in sich geschlossenes Modell zu entwickeln, das in aggregierter Form ein simultanes lineares Gleichungssystem mit einer eindeutigen Lösung darstellt. In der aggregierten Form werden einerseits die Produkte in den Umwandlungsbereichen mit Koppelproduktion und andererseits die stromerzeugenden Sektoren zusammengefaßt. Dabei wird davon ausgegangen, daß das bereits vorhandene Modell des Bundesbeauftragten für den Steinkohlenbergbau, das vom Bundesministerium für Wirtschaft bearbeitet wird, eine Prognose des Energiebedarfs, aufgeteilt nach den einzelnen Sekundär- und Primärenergieträgern, liefert. Für diesen prognostizierten Endenergiebedarf sollen dann mit Hilfe des zu entwickelnden Modells die erforderlichen Kapazi-

---

<sup>1</sup> Christian König, Energiemodelle für die Bundesrepublik Deutschland. Basel, Stuttgart 1977 (Bericht über das Arbeitsseminar vom Januar 1975 in Jülich), S. 5

<sup>2</sup> Hans Matthöfer (Hrsg), Energiebedarf und Energiebedarfsforschung, Referate und Ergebnisse einer Tagung des BMFT in Zusammenarbeit mit dem Projekt "Kernenergie" der Universität Bremen, Nr.2 der Reihe "Argumente in der Energiediskussion", Villingen-Schoeningen Nov. 1977, S. XXI



täten und Energieträgereinsätze nach Menge und Art für die einzelnen Umwandlungssektoren bestimmt werden können. Dieses soll sowohl für alternative Strukturen und Technologien im Umwandlungsbereich als auch für energiewirtschaftlich bedingte, unterschiedliche Kapazitätsbeschränkungen möglich sein. Das Modell kann dabei nicht nur als Prognosemodell, sondern auch als Simulationsmodell verwendet werden.

Die Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland, die von der "Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen" jährlich erstellt werden, bieten sich ihrer Form nach für ein Input-Output-Modell des Umwandlungsbereiches der Energiewirtschaft geradezu an. Die Energiebilanz selbst bereits als "Energiemodell" zu bezeichnen, wie es Burchard in dem ersten Referat<sup>1</sup> des oben angeführten Arbeitsseminars in Jülich von 1975 tut, ist u.E. allerdings nicht ganz berechtigt. Dazu bedarf es erst der modelltheoretischen Interpretation, wie wir sie im vorliegenden Fall mit Hilfe der Input-Output-Analyse im Abschnitt 2.2 vorzunehmen versuchen.

In Analogie zur gesamtwirtschaftlichen Input-Output-Tabelle wird hier statt der Branchen-Verflechtung die Verflechtung der Umwandlungssektoren als zentrale Verflechtungsmatrix verwendet und die Nachfrage nach den von ihnen erzeugten Sekundärenergieträgern in Zwischen- und Endnachfrage aufgeteilt. Die Primärenergieträger fungieren als "primäre Inputs". Zusammen mit den Sekundärenergieträgern - als "sekundäre Inputs" - ergeben sie den jeweiligen gesamten Input eines Umwandlungssektors. Das Gleichgewicht zwischen Input und gesamtem Output eines Umwandlungssektors wird dadurch erreicht, daß zu der Zwischen- und Endnachfrage nach Sekundärenergieträgern noch die jeweiligen Umwandlungsverluste hinzugezählt werden. Um diese, die Zwischen- und Endnachfrage trennende Spalte der Umwandlungsverluste, unterscheidet sich formal die vorliegende Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft von der üblichen gesamtwirtschaftlichen Input-Output-Tabelle.

Erst bei der recht aufwendigen Umformung der Energiebilanzen in Input-Output-Tabellen, wie sie im Abschnitt 3.2 beschrieben

---

<sup>1</sup>H.J. Burchard, Energiemodelle und Wirtschaftsordnung.  
In Christian König, Energiemodelle a.a.O., S. 11 ff

wird, stellte es sich heraus, daß die Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland in der z.Zt. vorliegenden Form nicht unerhebliche technische Ungenauigkeiten und Inkonssequenzen aufweisen, auf die im Abschnitt 3.1 näher eingegangen wird.

## 2. Der formale Aufbau des energiewirtschaftlichen Input-Output-Modells

Bei zweckmäßigerweise zunächst sehr starker Aggregation<sup>1</sup> werden aus der Energiebilanz der BRD folgende acht Umwandlungssektoren mit entsprechenden Sekundär-energie-Outputs bzw. -Outputkombinationen gebildet:

Nr.	<u>Umwandlungssektor</u>	<u>Output</u>	(auch als "sekundäre Inputs")
1.	Zechen- und Hüttenkokereien und Ortsgaswerke	$X_1$	- Sk-Koks, Stadtgas, Rohteer und Rohbenzol
2.	Hochöfen	$X_2$	- Gichtgas
3.	Sk-Brikettfabriken <sup>2</sup>	$X_3$	- Sk-Briketts
4.	Bk-Brikettfabriken	$X_4$	- Bk-Briketts, Staub- u. Trockenkohle, Schwelkoks
5.	Kraftwerke	$X_5$	- Strom
6.	Raffinerien <sup>2</sup>	$X_6$	- Mineralölprodukte
7.	Sonstige Energieerzeuger	$X_7$	- Sonstg. Energieerzeugnisse
8.	Fernheizwerke	$X_8$	- Fernwärme

Diesen acht Umwandlungssektoren stehen folgende sieben Primärenergieträger zur Verfügung: (als "primäre Inputs")

1.	Steinkohle	$X_{Sk}$
2.	Braunkohle (Rohbraunkohle, Hartbraunkohle u. Pechkohle)	$X_{Bk}$
3.	Erdöl	$X_{Eö}$
4.	Erdgas (incl. Erdölgas u. Grubengas)	$X_{Eg}$
5.	Kernbrennstoff	$X_{Kr}$
6.	Klärschlamm u.-gas, Müll, Brenntorf u.-holz	$X_{KlM}$
7.	Wasserkraft	$X_W$

Die Endenergienachfrage als autonome Nachfrage setzt sich

<sup>1</sup>Auf ihre Begründung und Problematik soll an dieser Stelle noch nicht eingegangen werden

<sup>2</sup>Für den Input einschließlich des Verbrauchs der Steinkohlenzechen bzw. der Erdöl- u. Erdgasgewinnung

zusammen aus der Endnachfrage nach Sekundärenergieträgern und der nach Primärenergieträgern. Sie ergibt sich aus

dem inländischen Endenergieverbrauch  
+ den Bestandsänderungen  
+ der Ausfuhr  
- der Einfuhr  
+ dem nichtenergetischen Verbrauch

$\Sigma$  Gesamte Endenergienachfrage

Damit erhalten wir eine Tabelle (Übersicht 1), die sich aus folgenden vier Teilen ("Quadranten") zusammensetzt:

Teil I	(links oben)	Matrix der Umwandlungsverflechtung Einsatz der Sekundärenergieträger ("sekundäre Inputs") in den Um- wandlungssektoren (8x8)
Teil II	(rechts oben)	Matrix der Endnachfrage nach Sekundär- energieträgern (8x5)
Teil III	(links unten)	Matrix des Primärenergieträgerein- satzes in den Umwandlungssektoren (7x8)
Teil IV	(rechts unten)	Matrix der Endnachfrage nach Primär- energieträgern (7x5)

Zwischen den Matrizen I und II liegt die Diagonalmatrix der Umwandlungsverluste der acht Umwandlungssektoren.

Übersicht 1 Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft

Input an Output von		Umwandlungsverflechtung									Umwandlungs- verluste 10.	Endenergienachfrage						Gesamter Output € 9.10.16 17.	
		Z.u.H.- Kokereien, Ortsgasw. 1.	Hoch- öfen 2.	SK Brikett- fabrik 3.	BK Brikett- fabrik 4.	Kraft- werke 5.	Raffi- nerien 6.	Sonst. Energie- erzg. 7.	Fern- heiz- werke 8.	Zwischen- nachfrage € 1-8 9.		Inländischer Endenergie- verbrauch 11.	Bestands- änderung 12.	Ausfuhr 13.	Einfuhr 14.	Nicht- energet. Verbrauch 15.	Gesamte Endnachfrage € 11-15 16.		
I Sektorenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	.	.	.	.	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>	X <sub>1.</sub>	X <sub>11</sub> <sup>v</sup>	X <sub>1</sub> IN	X <sub>1B</sub>	X <sub>1A</sub>	-X <sub>1M</sub>	X <sub>1</sub> NE	X <sub>1N</sub>	X <sub>1</sub>	Ks-G
	2. Hochöfen	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	.	.	.	.	X <sub>27</sub>	X <sub>28</sub>	X <sub>2.</sub>	X <sub>22</sub> <sup>v</sup>	X <sub>2</sub> IN	X <sub>2B</sub>	X <sub>2A</sub>	-X <sub>2M</sub>	X <sub>2</sub> NE	X <sub>2N</sub>	X <sub>2</sub>	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	.	.	X <sub>33</sub>	.	.	.	.	.	.	X <sub>33</sub> <sup>v</sup>	.	.	.	.	.	X <sub>3N</sub>	X <sub>3</sub>	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	BK-B
	5. Kraftwerke	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	Str
	6. Raffinerien	.	.	.	.	.	X <sub>66</sub>	.	.	.	X <sub>66</sub> <sup>v</sup>	.	.	.	.	.	X <sub>6N</sub>	X <sub>6</sub>	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	X <sub>71</sub>	X <sub>72</sub>	.	.	.	.	X <sub>77</sub>	X <sub>78</sub>	X <sub>7.</sub>	X <sub>77</sub> <sup>v</sup>	X <sub>7</sub> IN	X <sub>7B</sub>	X <sub>7A</sub>	-X <sub>7M</sub>	X <sub>7</sub> NE	X <sub>7N</sub>	X <sub>7</sub>	SE
	8. Fernheizwerke	X <sub>81</sub>	X <sub>82</sub>	.	.	.	.	X <sub>87</sub>	X <sub>88</sub>	X <sub>8.</sub>	X <sub>88</sub> <sup>v</sup>	X <sub>8</sub> IN	X <sub>8B</sub>	X <sub>8A</sub>	-X <sub>8M</sub>	X <sub>8</sub> NE	X <sub>8N</sub>	X <sub>8</sub>	FW
	9. Sekundäre Inputs (€1-8)	X <sub>.1</sub>	X <sub>.2</sub>	X <sub>.3</sub>	.	.	X <sub>.6</sub>	X <sub>.7</sub>	X <sub>.8</sub>	X <sub>.</sub>	X <sub>.</sub> <sup>v</sup>	X <sub>.</sub> IN	X <sub>.B</sub>	X <sub>.A</sub>	-X <sub>.M</sub>	X <sub>.</sub> NE	X <sub>.N</sub>	X	
II Primärenergieträger	10. Steinkohle	X <sub>SK1</sub>	X <sub>SK2</sub>	.	.	.	.	X <sub>SK7</sub>	X <sub>SK8</sub>	X <sub>SK.</sub>	-	X <sub>SK</sub> IN	X <sub>SK</sub> B	X <sub>SK</sub> A	-X <sub>SK</sub> M	X <sub>SK</sub> NE	X <sub>SK</sub> N	X <sub>SK</sub>	SK
	11. Rohbraunkohle	X <sub>BK1</sub>	X <sub>BK2</sub>	.	.	.	.	X <sub>BK7</sub>	X <sub>BK8</sub>	X <sub>BK.</sub>	-	X <sub>BK</sub> IN	X <sub>BK</sub> B	X <sub>BK</sub> A	-X <sub>BK</sub> M	X <sub>BK</sub> NE	X <sub>BK</sub> N	X <sub>BK</sub>	BK
	12. Erdöl (roh)	X <sub>Eö1</sub>	.	.	.	.	.	.	.	X <sub>Eö.</sub>	-	-	-	-	-	-	.	X <sub>Eö</sub>	Eö
	13. Erdgas	X <sub>Eg1</sub>	.	.	.	.	.	.	.	X <sub>Eg.</sub>	-	X <sub>Eg</sub> IN	.	.	.	.	.	X <sub>Eg</sub>	Eg
	14. Kernbrennstoff	X <sub>Kr1</sub>	.	.	.	.	.	.	.	X <sub>Kr.</sub>	-	-	-	-	-	-	-	X <sub>Kr</sub>	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	X <sub>KLM1</sub>	X <sub>KLM2</sub>	.	.	.	.	X <sub>KLM7</sub>	X <sub>KLM8</sub>	X <sub>KLM.</sub>	-	X <sub>KLM</sub> IN	X <sub>KLM</sub> B	X <sub>KLM</sub> A	-	-	X <sub>KLM</sub> N	X <sub>KLM</sub>	KLM
	16. Wasserkraft	X <sub>WK1</sub>	X <sub>WK2</sub>	.	.	.	.	X <sub>WK7</sub>	X <sub>WK8</sub>	X <sub>WK.</sub>	-	-	-	-	-	-	X <sub>WK</sub> N	X <sub>WK</sub>	WK
	17. Primäre Inputs (€10-16)	X <sub>P1</sub>	X <sub>P2</sub>	X <sub>P3</sub>	.	.	X <sub>P6</sub>	X <sub>P7</sub>	X <sub>P8</sub>	X <sub>P.</sub>	-	X <sub>P</sub> IN	X <sub>P</sub> B	X <sub>P</sub> A	-X <sub>P</sub> M	X <sub>P</sub> NE	X <sub>P</sub> N	X <sub>P</sub>	
18. Gesamter Input		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	.	.	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X	X <sub>.</sub> <sup>v</sup>	X IN	X <sub>B</sub>	X <sub>A</sub>	-X <sub>M</sub>	X <sub>NE</sub>	X <sub>N</sub>	Z	

## 2.1 Bilanztechnische Relationen der energiewirtschaftlichen Input-Output-Tabelle

Die Teile I und II der Tabelle (Übersicht 1) ergeben zusammen mit dem dazwischenliegenden Verlustsektor zeilenweise den Gesamtoutput, während die Teile I und III spaltenweise den Gesamtinput ausmachen. Der Gesamtoutput entspricht dem Gesamtinput, wie die nachstehend aufgeführten bilanztechnischen Relationen<sup>1</sup> zeigen.

Horizontal:  
(zeilenweise)

$$(1) \quad X_1 = X_{1.} + X_{11}^V + X_{1N} \quad (\text{Gesamtoutput des Umwandlungssektors 1 inclusive Umwandlungsverluste})$$

worin

$$(1a) \quad X_{1.} = X_{11} + X_{12} + \dots + X_{18} ,$$

$$(1b) \quad X_{11}^V = \text{Umwandlungsverluste des Sektors 1 und}$$

$$(1c) \quad X_{1N} = X_{1IN} + X_{1B} + X_{1A} - X_{1M} + X_{1NE} \text{ ist.}$$

Diese Relationen gelten analog für alle acht Umwandlungssektoren.

$$(2) \quad X = X_{.} + X_{.}^V + X_{.N} \quad (\text{Gesamter Output an Sekundärenergie inclusive Umwandlungsverluste})$$

worin

$$(2a) \quad X_{.} = X_{.1} + X_{.2} + \dots + X_{.8} ,$$

$$(2b) \quad X_{.}^V = \text{gesamte Umwandlungsverluste und}$$

$$(2c) \quad X_{.N} = X_{.IN} + X_{.B} + X_{.A} - X_{.M} + X_{.NE} \text{ ist.}$$

$$(3) \quad X_{SK} = X_{SK.} + X_{SKN} \quad (\text{Gesamte Nachfrage nach SK})$$

worin

$$(3a) \quad X_{SK.} = X_{SK1} + X_{SK2} + \dots + X_{SK8} \quad (\text{Zwischennachfrage})$$

und

$$(3b) \quad X_{SKN} = X_{SKIN} + X_{SKB} + X_{SKA} - X_{SKM} + X_{SKNE} \quad (\text{Endnachfrage})$$

ist.

Diese Relationen gelten analog für alle sieben Primärenergieträger (bzw. -gruppen).

<sup>1</sup>Die Systematik und Nomenklatur dieser Aufstellung ist der von R. Stäglin in seiner Studie "Aufstellung von Input-Output-Tabellen", DIW-Beiträge zur Strukturforchung, Heft 4, 1968 angeglichen

$$(4) \quad X_P = X_{P.} + X_{PN} \quad (\text{Gesamte inländische Darbietung an Primärenergieträgern})$$

worin

$$(4a) \quad X_{P.} = X_{P1} + X_{P2} + \dots + X_{P8} \quad \text{und}$$

$$(4b) \quad X_{PN} = X_{PIN} + X_{PB} + X_{PA} - X_{PM} + X_{PNE} \quad \text{ist.}$$

Daraus folgt:

$$(5) \quad Z = X + X^V + X_N \quad (\text{horizontale Bilanzsumme})$$

worin

$$(5a) \quad X = X_1 + X_2 + \dots + X_8 \quad ,$$

$$(5b) \quad X^V = \text{gesamte Umwandlungsverluste und}$$

$$(5c) \quad X_N = X_{IN} + X_B + X_A - X_M + X_{NE} \quad \text{ist.}$$

### Vertikal:

(spaltenweise)

$$(6) \quad X_1 = X_{.1} + X_{P1} \quad (\text{Gesamtinput des Umwandlungssektors 1})$$

worin

$$(6a) \quad X_{.1} = X_{11} + X_{21} + \dots + X_{81} \quad \text{und}$$

$$(6b) \quad X_{P1} = X_{SK1} + X_{BK1} + X_{EÖ1} + X_{EG1} + X_{KR1} + X_{KLM1} + X_{W1} \quad \text{ist.}$$

Diese Relationen gelten analog für alle acht Umwandlungssektoren.

$$(7) \quad X = X_{.} + X_P \quad (\text{Gesamter Input des Umwandlungsreiches})$$

worin

$$(7a) \quad X_{.} = X_{1.} + X_{2.} + \dots + X_{8.} \quad (\text{sekundär}) \quad \text{und}$$

$$(7b) \quad X_P = X_{SK.} + X_{BK.} + X_{EÖ.} + X_{EG.} + X_{KR.} + X_{KLM.} + X_{W.} \quad (\text{primär}) \quad \text{ist.}$$

$$(8) \quad X^V = X_{11}^V + X_{22}^V + \dots + X_{88}^V \quad (\text{Umwandlungsverluste})$$

$$(9) \quad X_{IN} = X_{.IN} + X_{PIN} \quad (\text{Inländische Endenergienachfrage})$$

worin

$$(9a) \quad X_{.IN} = X_{1IN} + X_{2IN} + \dots + X_{8IN} \quad \text{und}$$

$$(9b) \quad X_{PIN} = X_{SKIN} + X_{BKIN} + X_{EÖIN} + X_{EGIN} + X_{KRIN} + X_{KLMIN} + X_{WIN} \quad \text{ist.}$$

$$(10) \quad X_N = X_{.N} + X_{PN} \quad (\text{Gesamte Endenergienachfrage})$$

worin

$$(10a) \quad X_{.N} = X_{1N} + X_{2N} + \dots + X_{8N} \quad \text{und}$$

$$(10b) \quad X_{PN} = X_{SKN} + X_{BKN} + X_{EÖN} + X_{EGN} + X_{KRN} + X_{KLMN} + X_{WN} \quad \text{ist.}$$

Daraus folgt:

$$(11) \quad Z = X + X_P \quad (\text{Vertikale Bilanzsumme})$$

worin

$$(11a) \quad X = X_1 + X_2 + \dots + X_8 \quad \text{und}$$

$$(11b) \quad X_P = X_{SK} + X_{BK} + X_{EO} + X_{EG} + X_{KR} + X_{KLM} + X_W \quad (\text{inländische Darbietung an Primärenergieträgern}) \quad \text{ist}$$

Aus (1) und (6) folgt:

$$X_1 \text{ als Output} = X_1 \text{ als Input}$$

Aus (2) und (7) folgt:

$$X_{\cdot}^V + X_{\cdot N} = X_P. \quad (\text{Umwandlungsverluste + Endnachfrage nach Sekundärenergieträgern = Umwandlungseinsatz an Primärenergieträgern})$$

Aus (5) und (11) folgt:

$$X_{\cdot}^V + X_N = X_P \quad (\text{Umwandlungsverluste + gesamte Endenergienachfrage = gesamte Primärenergieträgernachfrage})$$

Aus den beiden letzten Folgerungen ist deutlich zu ersehen, daß sich das bilanztechnische System in Z (Gesamtproduktion = Gesamtverwendung) hier nur unter Berücksichtigung der Umwandlungsverluste schließt.







oder, nach  $X_N$  aufgelöst, auch

$$(6) \quad X_N = X - (A + C) X$$

Unter Verwendung der Einheitsmatrix E kann man (6) umformen in

$$(7) \quad X_N = [E - (A + C)] X$$

Hierin ist  $[E - (A + C)]$  eine invertierbare sog. Leontief-Matrix<sup>1</sup>. Damit wird folgende Lösung des Systems möglich

$$(8) \quad X = [E - (A + C)]^{-1} X_N$$

Um mit Hilfe des in (8) ermittelten Vektors der Umwandlungsaktivitäten (Gesamtinputs der einzelnen Umwandlungssektoren) X die erforderlichen Einsätze an Primärenergieträgern nach Menge und Art zu bestimmen, benötigt man noch die (7 x 8) - Matrix der Koeffizienten des Primärenergieträgereinsatzes B, die sich aus dem linken unteren Quadranten (III) der Tabelle in Übersicht 1 errechnen läßt.

$$B = \begin{bmatrix} b_{SK1} & b_{SK2} & \dots & b_{SK8} \\ b_{BK1} & b_{BK2} & & \cdot \\ b_{EÖ1} & & & \cdot \\ b_{EG1} & & & \cdot \\ b_{KR1} & & & \cdot \\ b_{KLM1} & & & \cdot \\ b_{W1} & \dots & \dots & b_{W8} \end{bmatrix}$$

wobei

$$b_{SK1} = \frac{X_{SK1}}{X_1} ; \quad b_{SK2} = \frac{X_{SK2}}{X_2} \quad \text{usw. ist.}$$

Damit läßt sich der Vektor des Primärenergieträgerbedarfs des Umwandlungsbereichs wie folgt ermitteln

$$(9) \quad X_P = B X$$

oder unter Berücksichtigung von (8)

$$(10) \quad X_P = B [E - (A + C)]^{-1} X_N \quad \text{oder}$$

$X_P = B [(E - C) - A]^{-1} X_N$  ist, wobei  $(E - C) = \eta$  die Diagonalmatrix der Umwandlungswirkungsgrade ist.

<sup>1</sup>Sie hat nur in der Hauptdiagonalen positive Werte

Man kann also (10) auch wie folgt schreiben

$$(11) \quad X_P = B (\eta - A)^{-1} X_N$$

Für ein langfristiges Prognose- und Simulationsmodell spielen nun in (11) die Matrix B (Primärenergieträgereinsatz im Umwandlungsbereich) und die Diagonalmatrix  $\eta$  (Umwandlungswirkungsgrade) die entscheidende Rolle, da die Koeffizientenmatrix A, in der die Verflechtung der Sekundärenergieträger im Umwandlungsbereich zum Ausdruck kommt, in der Praxis im Zeitverlauf sehr instabil ist<sup>1</sup> und zudem in den meisten Feldern Koeffizienten von nur unbedeutender Größenordnung aufweist. Das liegt daran, daß die Verwendung von Sekundärenergieträgern<sup>2</sup> im Umwandlungsbereich - bis auf wenige Ausnahmen - technologisch nicht unbedingt erforderlich ist. Die Ausnahmen sind vor allem der Koksbedarf der Gichtgaserzeugung in Hochöfen, der nicht substituierbare Strombedarf in allen Sektoren und der Einsatz von Mineralölprodukten (jedoch nicht Heizöl!) bei den "sonstigen Energieerzeugern". Der Eigenverbrauch von Sekundärenergieträgern erfolgt meist mehr aus ökonomischen (marktbedingten) Gründen, die den Verbrauch wegen Nichtabsetzbarkeit oder preisgünstiger Eigenproduktion (z.B. für Unterfeuerung in Kokereien und Gaswerken sowie in Raffinerien) vorteilhaft erscheinen lassen können.

Die geringe Bedeutung von A gegenüber  $\eta$  zeigt der nachstehende Vergleich beider Matrizen und die Differenz ihrer Inversen  $(\eta - A)^{-1} - \eta^{-1}$ . Bis auf den Kokseinsatz in den Hochöfen liegen alle Inputkoeffizienten der A-Matrix weit unterhalb der Größen der  $\eta$ -Diagonalmatrix. Bis auf wenige Ausnahmen - Strom- und Fernwärmeinput bei den "SK-Brikettfabriken" und der Mineralölprodukteinput bei den "sonstigen Energieerzeugern" und "Fernheizwerken" - liegen die Inputkoeffizienten unter 0,1 und größtenteils noch weit darunter.

Eine ähnliche Struktur der Schwerpunkte weist auch die Differenz der Inversen  $(\eta - A)^{-1}$  und  $\eta^{-1}$  auf.

Man wird in dem Prognosemodell möglicherweise die A-Matrix - bis auf wenige Ausnahmen - vernachlässigen bzw. mit Mini-

<sup>1</sup>Vergl. Tabellen A7 - A14 im Anhang

<sup>2</sup>Insbesondere Eigenverbrauch von selbsterzeugten Sekundärenergieträgern.

Tabelle 0

Koeffizienten-Matrizen und Differenz ihrer Inversen (1975)

	Z.u.H. Kokereien, Ortsgasw. 1.	Hoch- öfen 2.	SK Brikett- fabrik 3.	BK Brikett- fabrik 4.	Kraft- werke 5.	Raffi- nerien 6.	Sonst. Energie- erzg. 7.	Fern- heiz- werke 8.
1.	0,9109							
2.		0,8969						
3.			0,4986					
4.				0,9047				
5.					0,3258			
6.						0,9195		
7.							0,8382	
8.								0,8862
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.	0,0715	<u>1,0000</u>	0,0300	-	0,0120	0,0001	<u>0,2637</u>	0,0686
2.	0,0101	-	0,0013	-	0,0194	-	-	0,0034
3.	0,0001	-	0,0030	-	0,0001	-	-	-
4.	-	-	-	0,0103	0,0064	-	-	-
5.	0,0025	-	<u>0,2041</u>	0,0885	0,0244	0,0040	0,0012	-
6.	0,0281	-	0,0138	0,0005	0,0900	0,0713	<u>0,7171</u>	<u>0,2779</u>
7.	0,0003	-	0,0413	-	-	-	-	-
8.	0,0053	-	<u>0,1149</u>	-	-	-	-	-
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.	0,1123	<u>1,3492</u>	<u>0,1878</u>	0,0135	<u>0,1360</u>	0,0021	<u>0,3826</u>	0,0995
2.	0,0139	0,0154	0,0358	0,0073	0,0736	0,0004	0,0048	0,0055
3.	0,0002	0,0003	0,0125	0,0001	0,0007	0,	0,0001	0,
4.	0,0001	0,0001	0,0098	0,0151	0,0238	0,0001	0,0002	0,
5.	0,0100	0,0121	<u>1,3762</u>	0,3296	0,2518	0,0157	0,0216	0,0058
6.	0,0473	0,0527	<u>0,3558</u>	0,0362	0,3587	0,0932	<u>1,0255</u>	<u>0,3741</u>
7.	0,0043	0,0048	<u>0,1001</u>	0,0001	0,0005	0,	0,0014	0,0004
8.	0,0073	0,0081	<u>0,2628</u>	0,0001	0,0009	0,	0,0024	0,0005

$\eta$

A

$$(\eta - A)^{-1} - \eta^{-1}$$

malwerten besetzen können, was allerdings infolge von Substitutionseffekten nicht ganz ohne Einfluß auf die Matrizen B und  $\eta$  bleiben wird. Eine rein auf Technologien aufbauende Konstruktion der Matrizen A, B und  $\eta$  würde die bisherigen marktbedingten Inputs an Sekundärenergieträgern nicht enthalten. Die Konsequenzen solchen Vorgehens müßten durch Simulationen analysiert werden. Hierzu würde sich das vorgeschlagene Modell im Prinzip u.a. auch eignen.

### 3. Die Ableitung der energiewirtschaftlichen Input-Output-Tabelle aus der Energiebilanz

Wie in der Einführung bereits erwähnt, bietet sich im Prinzip die Energiebilanz als Datenbasis für die Aufstellung einer energiewirtschaftlichen Input-Output-Tabelle förmlich an. In der Praxis ergeben sich dabei - d.h. bei der Ableitung - jedoch einige Schwierigkeiten, weil in den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, wie sie von der "Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen" jährlich erstellt werden, aus statistischen Gründen an verschiedenen Stellen technologisch inkonsequent - um nicht unrichtig zu sagen - vorgegangen werden muß. Dadurch kann das für ein energiewirtschaftliches Prognose- und Simulationsmodell wichtige Ziel der Input-Output-Tabelle, nämlich technologisch einwandfreie Inputstrukturen einerseits und eindeutige Verhältnisse von Output zu Input ( = Umwandlungswirkungsgrade) andererseits für die einzelnen Umwandlungssektoren zu ermitteln, nicht erreicht werden.

Bei den statistischen "Kunstgriffen", die bei der Aufstellung der Energiebilanzen angewandt werden, die aber mit den tatsächlichen technischen Zusammenhängen nicht vereinbar sind, handelt es sich einmal um die sog. Substitutionstheorie für die Bestimmung der Primärenergieeinsatzmengen von Wasserkraft und Kernbrennstoffen (sowie "Müll und Abhitze") und zum anderen um die Bewertung des Gichtgases und der Fernwärme.

### 3.1 Kritik an den Bewertungsmethoden der Energiebilanz

Die Substitutionstheorie, die bei der Aufstellung der Energiebilanzen verwendet wird, geht davon aus, daß durch Stromeinfuhr oder durch Stromerzeugung in Kern- oder Wasserkraftwerken die Stromerzeugung in öffentlichen konventionellen Wärmekraftwerken substituiert wird. Sowohl die Stromeinfuhr als auch der Primärenergieeinsatz in Kern- und Wasserkraftwerken wird daher entsprechend dem durchschnittlichen spezifischen Brennstoffverbrauch in öffentlichen konventionellen Wärmekraftwerken (z.B. 1975 mit 330gSKE/kWh) bewertet. Dieser zunächst sehr beachtliche (weil sehr einfache und ökonomisch auch plausible) statistische "Kunstgriff" führt jedoch zu physikalisch fehlerhaften Schlüssen. Nicht nur wird der Primärenergieeinsatz für Kernkraftwerke unter- und der für Wasserkraftwerke überschätzt, sondern letzterer nimmt auch z.B. bei Wasserkraftanlagen trotz gleichbleibender Stromerzeugung und unveränderter Anlage jährlich ab (da der durchschnittliche spezifische Brennstoffverbrauch der öffentlichen Wärmekraftwerke durch den technischen Fortschritt jährlich sinkt, z.B. von 1950 bis 1975 von 692 auf 330 gSKE/kWh!) - ein technisch unmögliches Ergebnis!

Zu technisch-physikalischen Widersprüchen führt auch die Bewertung der Fernwärme in den Energiebilanzen. Nach Aussagen von Herren des Kölner EWI, die in der "Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen" mitarbeiten, soll bei Heizkraftwerken der Primärenergieeinsatz (Brennstoff) in den Energiebilanzen aufgeteilt sein einerseits in den Brennstoffbedarf für die Stromerzeugung (der den Kraftwerken zugeordnet wird) und andererseits in den Bedarf an Brennstoff für die Erzeugung von Fernwärme ( der den Fernheizwerken zugeordnet wird). Letzterer wird zudem ohne Berücksichtigung von Umwandlungsverlusten als Fernwärme angesehen (Für die Fernwärmeberechnung heißt es in den Energiebilanzen: "...Als Wärmeabgabe wird die dafür eingesetzte Energiemenge in SKE angeschrieben").<sup>1</sup> Diese Aufteilung ist

---

<sup>1</sup>Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Essen, S. 11, 1.49 Fernwärme



nur aufgrund einer fiktiven Annahme möglich, die aber meist zu verfälschten Umwandlungswirkungsgraden führen kann.

Ein ähnliches Problem wirft auch die Bewertung des Kokseinsatzes für die Gichtgaserzeugung auf<sup>1</sup>. Hier wird das auf den Heizwert bezogene Koksäquivalent der erzeugten Gichtgasmenge ( $6800 \text{ m}^3 \text{ Gichtgas} = 1 \text{ t Koks}$ ) vom Koksverbrauch der eisenschaffenden Industrie abgesetzt und als Umwandlungseinsatz in die Hochöfen (zur Erzeugung von Gichtgas - ohne Umwandlungsverluste<sup>2</sup>) ausgewiesen.

Mit den nachstehenden Rechenbeispielen soll einerseits die technische Fehlerhaftigkeit dieser Bewertungsmethoden nachgewiesen und andererseits ein Änderungsvorschlag unterbreitet werden.

#### Beispiel 1

Kernkraftwerk mit einer Jahresstromerzeugung von 6 Mrd kWh (das ergibt bei 6000 h Benutzungsdauer eine Kraftwerksleistung von rd. 1000 MW)

1975 betrug der durchschnittliche spezifische Brennstoffverbrauch der öffentlichen Wärmekraftwerke 330 gSKE/kWh. Das entspricht einem Anlagewirkungsgrad von

$$\eta_{\text{Anl}} = \frac{860 \text{ kcal/kWh}}{0,330 \text{ kgSKE/kWh} \cdot 7000 \text{ kcal/kgSKE}} = \underline{0,372}$$

#### a) Kernbrennstoffbedarf errechnet nach der Substitutionsmethode

Erforderlicher Kernbrennstoff (in  $10^3 \text{ t SKE}$ ) =

$$= \frac{6 \times 10^9 \text{ kWh} \times 330 \text{ g SKE/kWh}}{10^6 \text{ g SKE/t SKE}}$$

$$= \underline{\underline{1\,980\,10^3 \text{ t SKE}}} \quad (K_r \text{ a})$$

---

<sup>1</sup>Energiebilanzen a.a.O., S. 10, 1.42

<sup>2</sup>Bei der Input-Output-mäßigen Auswertung der Energiebilanzen ergab sich bei Gichtgas jedoch stets eine Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch, die der Höhe der in den Bilanzen verzeichneten Bewertungsdifferenzen (Fackelverluste) entsprach, die deshalb als Umwandlungsverlust angesehen wurde.

b) Kernbrennstoffbedarf  
errechnet nach der technisch-physikalischen Methode

Der Anlagewirkungsgrad von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren liegt mit rd. 0,32 unter denen der konventionellen Wärmekraftwerke (rd. 0,38), was schon aus dem rd. 10 v.H. größeren Kühlwasserbedarf bei gleicher elektrischer Leistung deutlich hervorgeht.

Bei diesem Wirkungsgrad von 0,32 ergibt sich ein entsprechend höherer spezifischer Brennstoffverbrauch von

$$\frac{860 \text{ kcal/kWh}}{0,32 \times 7000 \text{ kcal/kg SKE}} = 0,384 \text{ kg SKE/kWh}$$

Damit errechnet sich als tatsächlich erforderlicher Kernbrennstoff

$$\frac{6 \times 10^9 \text{ kWh} \times 384 \text{ g SKE/kWh}}{10^6 \text{ g SKE/t SKE}} =$$
$$= \underline{\underline{2\,304\,10^3 \text{ t SKE}}} \quad (= 1,16 \times K_r \text{ a})$$

Mit der Substitutionsmethode wurde demnach der Kernbrennstoff um 16 v.H. unterschätzt.

Beispiel 2

Wasserkraftwerke

Laut Energiebilanz betrug 1975 die Stromerzeugung in Wasserkraftwerken

$$\underline{17\,111 \text{ Mill kWh}}$$

Die erforderliche Wasserkraft dafür (in 1000 t SKE)

a) errechnet nach der Substitutionsmethode

1975 betrug, wie bereits erwähnt, der durchschnittliche spezifische Brennstoffverbrauch der öffentlichen Wärmekraftwerke 330 gSKE/kWh. Damit ergibt sich für die

$$\underline{\text{erforderliche Wasserkraft}} = \frac{17\,111 \cdot 10^6 \text{ kWh} \times 330 \text{ gSKE/kWh}}{10^6 \text{ gSKE/tSKE}}$$

$$= \underline{\underline{5\,646,6 \cdot 10^3 \text{ t SKE}}}$$

Laut Energiebilanz sind es nur 5 191 1000 t SKE gewesen. Dieser kleinere Tabellenwert dürfte mit der Berücksichtigung der Pumpspeicherkraftwerke zusammenhängen, die keine Wasserkraft sondern Pumpstrom als Primäreinsatz aufweisen.

b) errechnet nach der technisch-physikalischen Methode

Der durchschnittliche Jahreswirkungsgrad der Wasserkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland betrug 1976 rd. 0,80<sup>1</sup>.

Damit errechnet sich die erforderliche Wasserkraft zu

$$\frac{17\,111\,10^6 \text{ kWh} \times 0,123 \text{ kgSKE/kWh}}{0,80 \times 1000 \text{ kgSKE/tSKE}} \quad \text{t SKE}$$
$$= \underline{\underline{2\,630,8\,1000 \text{ t SKE}}} \quad (= 0,46 \text{ von a))}$$

Mit der Substitutionsmethode wurde demnach die erforderliche Wasserkraft um über 100 v.H. überschätzt!

Daraus ergibt sich als angemessenere Methode zur Bestimmung der Wasserkraft als Primäreinsatz in Wasserkraftwerken:

Die Stromerzeugung in Wasserkraftanlagen (abzüglich der in Pumpspeicherwerken) umrechnen in t SKE (1 kWh = 0,123kgSKE) und durch den Jahreswirkungsgrad der Wasserkraftwerke in der Bundesrepublik (rd. 0,80) dividieren.

### Beispiel 3

#### Wärme-Kraft-Kopplung (Fernwärme)

Optimale Anlagewirkungsgrade sind bei der Wärme-Kraft-Kopplung in sog. Gegendruckanlagen (d.h. Dampfturbinen ohne Kondensatoren) zu erreichen, allerdings mit dem Nachteil eines sehr starren Wärme-Kraft-Verhältnisses. Ist der Wärmebedarf sehr saisonabhängig, wird die Wärme-Kraft-Kopplung zweckmäßiger mit sog. Entnahme-Dampfturbinen

---

<sup>1</sup>B. Stoy, Überlegungen zum Energieflußbild der Bundesrepublik Deutschland, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 28. Jg(1978), Heft 3, S. 140

mit Kondensator betrieben<sup>1</sup>.

Zur Illustrierung soll in diesem Beispiel ein Kraftwerk mit einer Kondensationsturbine (a) und ein Heizkraftwerk mit einer Gegendruckturbine (b) verglichen werden, und zwar jeweils mit einer Stromerzeugung von 0,2 Mrd kWh (was bei 5000 h Benutzungsdauer einer Kraftwerksleistung von 40 MW entspricht).

a) Kraftwerk mit Kondensationsturbine (nur Stromerzeugung)

Diese Anlage hat mit einem Wirkungsgrad von

$$\eta_{\text{anl}} = 0,372 \text{ den spez. Brennstoffverbrauch von } 330 \text{ gSKE/kWh.}$$

Das ergibt einen Kohlenbedarf

$$\begin{aligned} K_{\text{b kond}} &= \frac{0,2 \cdot 10^9 \text{ kWh} \times 330 \text{ g SKE/kWh}}{10^6 \text{ g SKE/t SKE}} \\ &= \underline{\underline{66 \cdot 10^3 \text{ t SKE}}} \end{aligned}$$

b) Heizkraftwerk mit Gegendruckturbine (Strom- und Fernwärmeerzeugung)

Eine Gegendruckturbine weist einen geringeren Wirkungsgrad in bezug auf die Stromerzeugung auf, z.B. maximal  $\eta_{\text{el}} = 0,32$ ,

---

1

Auf dem Wege zu neuen Energiesystemen, Teil V, herausgegeben vom BMFT, Bonn 1975

S.62 f, 2.1 Dampfturbinenprozess als Gegendruckprozess

Gegendruckanlagen werden hauptsächlich zur Prozesswärmeerzeugung zusammen mit elektrischem Strom als Koppelprodukt eingesetzt.

Sie sind auf verhältnismäßig kleine Einheitsleistungen (max. 20 - 40 MW) beschränkt, da sie primär zur Wärmebereitstellung eingesetzt sind. (Dampfturbine als rotierende Reduzierstation).

S.63, 2.2 Dampfturbinenprozess als Entnahmeprozess

Bei diesem Prozess wird der Dampfturbine an mehreren, in Druck und Temperatur unterschiedlichen Stellen, Arbeitsdampf entnommen.

Dieser Prozess hat den Vorteil, daß das Verhältnis elektrischer Energie zu Wärmeenergie nicht starr, sondern flexibel ist. Mit solchen Schaltungen lassen sich bestehende Dampfkraftwerke zu Fernwärmeerzeugung umrüsten. Das geht zwar zu Lasten der Stromerzeugung, jedoch wird von dem Koppelprodukt auch die Abwärme positiv beeinflusst.

da auf die Arbeit des Niederdruckteils der Turbine verzichtet wird, dafür erreicht sie einschließlich der Abwärmeausbeute für Prozess- oder Fernwärme einen erheblich höheren Anlagewirkungsgrad ( $\eta_{anl} = 0,89!$ ).<sup>1</sup>

Aus dem geringeren  $\eta_{el} = 0,32$  errechnet sich ein entsprechend höherer spez. Brennstoffverbrauch von

$$\frac{860 \text{ kcal/kWh}}{\eta_{el} 7000 \text{ kcal/kg SKE}} = \frac{860}{0,32 7000} = \underline{\underline{0,384 \text{ kg SKE}}}$$

Damit ergibt sich für das Heizkraftwerk mit Gegendruckturbine ein Kohlenbedarf von

$$\begin{aligned} K_{b_{geg}} &= \frac{0,2 \cdot 10^9 \text{ kWh} \times 384 \text{ g SKE/kWh}}{10^6 \text{ g SKE/t SKE}} \\ &= \underline{\underline{76,8 \cdot 10^3 \text{ t SKE}}} \end{aligned}$$

---

<sup>1</sup> Dieser Anlagewirkungsgrad von 0,89 ist praktisch unabhängig davon, ob man den Arbeitsprozess des Dampfes in der Turbine spät (d.h. bei niedrigem Gegendruck und  $\eta_{el} > 0,3$ , also bei bevorzugter Stromerzeugung) oder früh (d.h. bei niedrigem Gegendruck und  $\eta_{el} < 0,3$ , also bei bevorzugter Wärmeerzeugung) abbricht, da die jeweilige restliche Abwärme mit relativ konstantem thermischen Wirkungsgrad von 0,84-0,86 ausgenutzt werden kann.

Nachstehendes vereinfachtes Beispiel macht diesen Sachverhalt deutlich:

$\eta_{el}$	Abwärme	$\eta_{th}$	$\eta_w$	$\eta_{Anl}$
0,32 + ( 0,68	x	0,84	= 0,57 )	= 0,89
0,28 + ( 0,72	x	0,85	= 0,61 )	= 0,89
0,24 + ( 0,76	x	0,86	= 0,65 )	= 0,89
0,20 + ( 0,80	x	0,86	= 0,69 )	= 0,89

$$\begin{aligned} \text{Von diesem Primärenergieeinsatz sind } 0,32 (\eta_{el}) \times 76,8 \cdot 10^3 \text{ t SKE} = \\ = \underline{\underline{24,6 \cdot 10^3 \text{ t SKE Stromerzeugung}}} (= 24,6 \cdot 10^3 \text{ t SKE} \times 8,14 \cdot 10^3 \text{ kWh/t SKE})^1 \\ = \underline{\underline{0,2 \cdot 10^9 \text{ kWh}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{und } 0,57 \left[ = 0,89(\eta_{anl}) - 0,32(\eta_{el}) \right] \times 76,8 \cdot 10^3 \text{ t SKE} = \\ = \underline{\underline{43,8 \cdot 10^3 \text{ t SKE Fernwärmeerzeugung}}} (= 43,8 \cdot 10^3 \text{ t SKE } 10^3 \text{ kg/t} \\ 7000 \text{ kcal/kg SKE}) \\ = \underline{\underline{306,6 \text{ Gcal}}} \end{aligned}$$

Würde Fernwärme nur in Gegendruckanlagen erzeugt, dann bietet sich für die Bestimmung der Fernwärme in den Energiebilanzen folgende Formel an:

$$\begin{aligned} \underline{\text{Fernwärme}} \text{ (in t SKE)} = \\ = \text{Stromerzeugung in Heizkraftwerken (in Mio kWh)} \\ \times \text{korrigierter spez. Brennstoffverbrauch (g SKE/kWh)} \\ \times (\eta_{anl} - \eta_{el}) \end{aligned}$$

Diese Formel wäre in jedem Fall realistischer als die fiktive Aufteilung des Brennstoffeinsatzes bei Heizkraftwerken in die Anteile für Stromerzeugung und für Fernwärmeerzeugung.<sup>2</sup>

In der Praxis wird in der öffentlichen Energieversorgung Fernwärme wegen des flexibleren Wärme-Kraft-Verhältnisses meist in Kondensationsanlagen mit Entnahme erzeugt. Hier kann der Anlagewirkungsgrad zwischen den Extremwerten 0,38 (nur Stromerzeugung) und rd. 0,80 (max. Wärmeerzeugung bei min. Stromerzeugung) schwanken. In der Industrieberichterstattung werden stets drei Werte gemeldet: Brennstoffeinsatz in t SKE, Stromerzeugung in kWh und Fernwärmeerzeugung in Gcal. Demnach wäre eine Trennung von Heizkraftwerken mit Koppelproduktion - sowohl bei Gegendruck- als auch bei Entnahmeanlagen - und Fernheizwerken in der Energiebilanz durchaus möglich.

In diesem Zusammenhang ist eine Ausarbeitung des Verbandes der Chemischen Industrie in Frankfurt/M vom 25.8.75

<sup>1</sup>  

$$\frac{7000 \text{ kcal/kg SKE } 1000 \text{ kg SKE/t SKE}}{860 \text{ kcal/kWh}} = 8,14 \cdot 10^3 \text{ kWh/t SKE}$$

<sup>2</sup> Allerdings wird die Größe von  $\eta_{el}$  in der Statistik nicht gemeldet.

über "Wärme-Kraft-Kopplung" bemerkenswert, die vom Bundesverband der deutschen Industrie (Landesverband Schleswig-Holstein) an das Ministerium für Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein gesandt wurde, um für diese Art der Energiegewinnung zu werben. Der Beitrag ist deshalb bemerkenswert, weil hier - ungewollt - sowohl auf einen Fehler in der Energiebilanz aufmerksam gemacht als auch mit einem u.E. untauglichen Beispiel "geworben" wird.

In diesem Beitrag heißt es u.a.:

"Für die Gesamtheit der im Gegendruckverfahren arbeitenden industriellen Eigenanlagen läßt sich statistisches Zahlenmaterial nicht aufbereiten, da dies wegen der Anpassung der Anlagen an die individuellen Bedürfnisse (erforderlichen Dampfzustände d.V.) eines jeden Betreibers nicht möglich ist.

Aus der Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1973 ist lediglich bekannt, daß die industriellen Wärmekraftwerke (ohne die Kraftwerke des Steinkohle- und Braunkohlebergbaus) - und das sind im wesentlichen die im Gegendruckverfahren arbeitenden Kraftwerke - an Brennstoffen insgesamt 16,760 Mio t SKE eingesetzt haben und daraus 54.913 Mio kWh (brutto) (= 6,754 Mio t SKE) Strom erzeugt haben."

Das ergibt aber einen Wirkungsgrad von  $\eta_{el} = 0,403$ ! Ein Wirkungsgrad, der nicht einmal von Kondensationsanlagen erreicht wird! Dieser überhöhte Wirkungsgrad ist nur dadurch zu erklären, daß die Ersteller der Energiebilanzen - wie S. 16 bereits erwähnt - von dem Brennstoffverbrauch der Gegendruckanlagen den fiktiven Brennstoffanteil für die Wärmeerzeugung abgezogen und dem der Fernheizwerke zugeordnet haben. Hierdurch ergeben sich auch die sehr hohen Wirkungsgrade der "Sonstigen industriellen Wärmekraftwerke" in der Tabelle 5, S. 38.

Weiter heißt es in dem Beitrag:

"Angaben über die dazugehörige Dampferzeugung fehlen (in

der Energiebilanz). Um trotzdem einen Vergleich mit den Kondensationsstromerzeugungsanlagen zu ermöglichen, wird folgendes angenommen: Für ein typisches Gegendruckkraftwerk wird die Energiebilanz aufgestellt. Um die Stromerzeugung zu separieren wird ein der Dampfabgabe entsprechendes Heizwerk bilanziell subtrahiert":

	Anlage	E-einsatz (t SKE)	$\eta$	E-Ausbringung (t SKE)		
				Strom	Wärme	insgesamt
I	Kondensat.- Kraftwerk	1,00	0,36	0,36	-	0,36
II	Gegendruck- Heizkraft- werk	1,81	0,89	0,36	1,24	1,60
III	Heizwerk	1,38	0,90	-	1,24	1,24
	II - III	0,43	0,84	0,36	-	0,36

#### Bilanzergebnis:

Für die Erzeugung von 0.36 t SKE Strom mußten im Kondensationskraftwerk (I) 64 v.H. Verluste hingenommen werden, im Heizkraftwerk hingegen nur 16 v.H., und es wurde dazu weniger als die Hälfte des Brennstoffs (nur 0,43 statt 1,00 t SKE) benötigt!

Betrachtet man jedoch die Aufteilung des gesamten Wirkungsgrades des Heizkraftwerkes von 0,89 auf die Strom- und Wärmeerzeugung, so ergibt sich für  $\eta_{el}$  nur 0,20, während  $\eta_w = 0,69$  ausmacht. Es handelt sich bei diesem Beispiel praktisch nicht um ein Heizkraftwerk, das in erster Linie Strom erzeugt, sondern um eine Dampfturbine als routierende Reduzierstation<sup>1</sup>, um als Hauptprodukt Prozesswärme, die keinen Saisonschwankungen unterliegt wie die Fernwärme, zu erzeugen. Es ist daher nicht sinnvoll, diese Wärme den Fernheizwerken zuzurechnen.

<sup>1</sup>Vergleiche Anmerkung 1, S. 20



### 3.2 Umformung der Energiebilanz in ein Input-Output-System

Diese Umformung soll nachstehend am Beispiel für das Jahr 1975 demonstriert werden (Ausgang: Energiebilanz 1975, Tabelle 1). Sie erfolgt in zwei bzw. vier Stufen.

Voraussetzung ist zunächst die Festlegung der Umwandlungssektoren und ihrer jeweiligen Sekundärenergie-Outputs bzw. -Outputkombinationen, wie das in stärkster Aggregation im Kap. 2 geschehen ist. Hier wird allerdings zunächst in den Formularen eine gewisse Disaggregation in dem Sinne vorgenommen, daß z.B. der Sektor "Kraftwerke" (5)<sup>1</sup> in die Sektoren "Wärmekraftwerke" (6), "Kernkraftwerke" (7) und "Wasserkraftwerke" (8) aufgeteilt wird, so daß sich insgesamt 11 Sektoren ergeben. Das hat den Vorteil, daß zunächst alle Werte original aus der Energiebilanz übernommen und deshalb auch leichter überprüft werden können (so wird z.B. der Output aus (9) in Übersicht 4 als Input in die Wärmekraftwerke noch weiter aufgegliedert in "Öffentliche Wärmekraftwerke", "Zechen- und Grubenkraftwerke" und "Sonstige Industriegewärmekraftwerke", Vergl. auch Tabelle 2, 6a - 6 c).

#### 1. Stufe Sektorale Energiebilanzen und Inputs in die autonomen Sektoren

In der 1. Stufe werden für jeden Umwandlungsbereich "Sektorale Energiebilanzen" (siehe Übersicht 2, Beispiel: Sektor 9. Raffinerien) aufgestellt, aus denen die jeweiligen Umwandlungsverluste bestimmt werden. Zudem werden in der gleichen Form die fünf autonomen Endnachfragespalten - "Inländischer Endenergieverbrauch" (siehe Übersicht 3), "Bestandsänderungen", "Ausfuhr", "Einfuhr" und "Nichtenergetischer Verbrauch" - aufgelistet. Hierbei muß beachtet werden, daß der Output des Sektors (10) "Sonstige Energieerzeuger" mit denen des Sektors (9) "Raffinerien" teilweise übereinstimmt. Deshalb sind beim "Inländischen Endenergieverbrauch" nicht alle Mengen der Mineralölprodukte als Outputs des Sektors 9 aufzufassen, sondern zunächst um die

---

<sup>1</sup> Zuvor war der Sektor 1 in "Zechen- u. Hüttenkokereien" (1) und "Ortsgaswerke" (2) aufgeteilt.

[illegible]

Übersicht 2 - Sektorale Energiebilanz 1975 Sektor: 9 Raffinerien

1975 Sektorale Energiebilanz Sektor: 9 Raffinerien  
(1000 SKE)

		<u>Einsatz</u>	<u>Ausstoß</u>
		Einsatz + Verbrauch = Input	
S e k t o r a l e E n e r g i e	1+2 { SK-Koks Kokereigas, Stadtgas	- 15	- 15
	Rohteer	-	-
	Rohbenzol	-	-
	3 Gichtgas	-	-
	4 SK-Briketts	-	-
	5 { BK-Briketts Staub-u. Trockenkohle	- -	- -
	Schwelkoks	-	-
	<del>Hartbraunkohle</del>		
	6-8 Strom	584	584
	Kr { Motorenbenzin Flugbenzin Flugturbinenkraftst. Dieselkraftstoff	- - - -	- - - -
			20010 611 1527 13584
			35732
	Rb Rohbenzin	-	8910
	Hz { Petroleum Heizöl leicht Heizöl schwer	- 48 4959	- - -
			48 36537 35197
			71782
	AM { Petrolkoks Andere Min. Prod.	257 -	257 -
			799 8287
	RG { Flüssiggas Raffineriegas	5049 -	5049 -
			1750 5767
	10 SK-Pech	-	-
	Andere KWST.	-	-
	11 Fernwärme	-	-
P r i m ä r e n e r g i e	13 Steinkohle	-	-
	14 Rohbraunkohle (Hartbrk)	-	-
	15 Erdöl (roh)	133019	133019
	16 Erdgas (Grubengas)	648	745
	17 Kernbrennstoff	-	-
	18 Klärschlamm, -gas Müll. Brennholz, -torf	-	-
	19 Wasserkraft	-	-
Σ		133019 + 11657	144676
Umwandlungsverluste (E - A) =			133027 11649

Übersicht 3 - Sektorale Energiebilanz 1975 Inländischer Endenergieverbr.

1975 Sektorale Energiebilanz  
(1000 SKE)

Inländischer Endenergieverbrauch

			Stat. Diff.	
S e k t o r a l e E n e r g i e	1+2	SK-Koks Kokereigas, Stadtgas Rohteer Rohbenzol	14 915 4 634 - -	+ 656 - 28
	3	Gichtgas	3 633	-
	4	SK-Briketts	1531	+ 29
	5	BK-Briketts	3135	- 60
		Staub-u. Trockenkohle	138	- 7
		Schwelkoks	47	-
		<del>Hartbraunkohle</del>		
	6-8	Strom	31 118 (10) (9) - 5 Erzeugen = Raff	- 860
	Kr	Motorenbenzin	30 059 - 1824 = 28 235	-
		Flugbenzin	487	-
		Flugturbinenkraftst.	2 883	-
		Dieselmkraftstoff	15 384 - 32 = 15 352 46 957	-
	Rb	Rohbenzin	-	-
	9	Petroleum	92	-
		Heizöl leicht	65 081 - 89 = 64 992	-
		Heizöl schwer	21 211 - 241 = 20 970 86 054	-
	AM	Petrolkoks	150	-
		Andere Min. Prod.	-	-
	RG	Flüssiggas	1873 - 1228 = 645	-
		Raffineriegas	163	-
			808	-
	10	SK-Pech	-	-
		Andere KWT.	-	-
	11	Fernwärme	45 15	-
P r i m ä r e n e r g i e	13	Steinkohle	5 941	+ 977
	14	Rohbraunkohle (Hartbrk) (Pechkohle)	127 337	+ 15 - 93
	15	Erdöl (roh)	-	-
	16	Erdgas (Grubengas) (Erdöl gas)	311 25 780	- 3 - 1594
	17	Kernbrennstoff	-	-
	18	Klärschlamm, -gas Müll. Brennholz, -torf	370 + 97 = 467	-
	19	Wasserkraft	-	-
	Σ		234 027	- 968

Umwandlungsverluste

(E - A) =

Outputs des Sektors 10 - und zwar Motorenbenzin, Dieselmotorkraftstoff, Heizöl und Flüssiggas - zu vermindern, ehe sie als Outputs des Sektors 9 eingetragen werden. Die Abzugsmengen sind als Outputs des Sektors 10 zu verzeichnen. Die restlichen Outputs des Sektors 10 - Raffineriegas, SK-Pech und andere KWST - gehen an den "Nichtenergetischen Verbrauch".

## 2. Stufe Input-Output-Gleichungen der einzelnen Umwandlungsbereiche (Sektoren)

In der 2. Stufe werden mit Hilfe der Sektoralen Energiebilanzen der 1. Stufe die "Input-Output-Gleichungen" der einzelnen Umwandlungssektoren aufgestellt (siehe Übersicht 4, Beispiel: Sektor 9. Raffinerien). Hierbei wird der Output zunächst in die einzelnen Outputarten (Erzeugnisse) aufgeteilt (Originaldaten der Energiebilanz!) und erst abschließend für die Bilanz zusammengezählt. Die sich in manchen Sektoren dabei ergebenden Differenzen zwischen dem Gesamtinput und Gesamtoutput entsprechen den Statistischen Differenzen in der Energiebilanz und werden zur Berichtigung der Input-Output-Gleichung den (bzw. von den) Umwandlungsverlusten zugerechnet (abgerechnet).

## 3. Stufe Disaggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft

In der 3. Stufe ergibt sich dann als Auswertung der 2. Stufe die "Disaggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft", Tabelle 2, die die vollen Informationen der Energiebilanz enthält, aber als Input-Output-Modell nicht interpretierbar ist. Deshalb muß in der 4. Stufe eine Aggregation vorgenommen werden.

## 4. Stufe Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft (Tabelle 3)

Die Aggregation entspricht hier der des Kapitels 2, d.h. einmal sind alle stromerzeugenden Sektoren zusammengefaßt ("Kraftwerke") und zum anderen werden die Outputs der Koppelproduktion als feste Kombination von Outputs aufgefaßt, so daß das System als Input-Output-Modell interpretierbar ist.

Übersicht 4 - Input-Output-Gleichung von Sektor: 9 Raffinerien 1975

(1000 t SKE)

1975

Input-Output-Gleichung von Sektor: 9. Raffinerien

Input von	Output an	Erzeugnisse:												Σ
		Mot.B	Flug.B	Fl.T.B	DK	Kohl.	Pet.	H <sub>2</sub> L	H <sub>2</sub> S	Pet.h.	AM.R.	Flüss	Raff.G	
1. Z.u.H.-Kokereien -	1.					13		7	7	632		27	15	701
2. Ortsgaswerke 15	2.					260			59			345	114	768
1.+2.	15 1.+2.					263		7	66	632		372	129	1469
3. Hochöfen	- 3.													-
4. SK-Brikettfabr.	- 4.				10			6	35					51
5. BK-Brikettfabr.	- 5.							1	1					2
6. Wärmekraftw.	6.				6			59	5601				345	5975
7. Kernkraftw.	7.							54	50				139	8018
8. Wasserkraftw.	8.							37	2892					
6.-8.	584 6.-8.				6			144	8463				454	9067
9. Raffinerien 10313	9.							48	4959	257			5049	10313
9.1 Kraftst.	-													
9.2 Rohbenzin	-													
9.3 Heizöle 5007														
9.4 And.Min.Pr. 257														
9.5 Raff.Gase 5049														
10. Sonstg. Energieerzg.	- 10.					5969		25	146					6140
11. Fernheizwerke	- 11.							327	1293			1	16	1637
12. Σ 1.-11.	10912 12. Σ 1.-11.				16	6232		558	14963	889		373	5648	28679
13. Steinkohle	- 13. Umwandl.verl. 11649													11649
14. Rohbraunkohle	- 14. Inl.Endenerg.verbr. 28235	487	2883	15352	-	92	64992	20970	150	-	645	163	133369	
15. Erdöl 133019	15. Bestandsänderung. +109	+14	+2	+1089	-34	-6	-4049	-1185	+72	-3	-58	+8	-4041	
16. Erdgas 648	16. Ausfuhr 1192	222	108	558	1219	6	1031	2001	402	1427	419	-	12627	
17. Kernbrennstoff	- 17. Einfuhr -9526	-112	-146	-1205	-4229	-44	-26652	-6175	-1417	-1577	-532	-523	-56458	
18. Klärschlamm -gas uam.-	18. Nichtenerg.Verbr.	-	-	-	5722	-	657	1427	703	8368	903	471	18257	
19. Wasserkraft	-													
20. Σ 13.-19.	133764 19. Σ 14.-18.	20010	611	1527	13568	2678	48	35979	20234	-90	8287	1377	119	104348
21. Gesamter Input 144676	20. Gesamter Output													144676

**Tabelle 2 - Disaggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft der BR Deutschland 1975 (1000 SKE)**

Input an		Umwandlungsvorflechtung												Umwandlung Verluste	Endenergienachfrage						Gesamter Output								
		Zw. H- koke- rien	Ums- satz- verl.	Hoch- öfen	SK- Brikett- fabriken	BK- Brikett- fabriken	Öff- Kraft- werke	Zechen- u. Gruben- Kraftw.	Sonstige Industrie- Kraftw.	Kern- Kraft- werke	Wasser- Kraft- werke	Raffi- nerien	Sonstige Energie- zeuger		Fern- heiz- werke	Zwischen- nachfr.	Endenergie- verbrauch	Bestands- änderung	Ausfuhr	Einfuhr	Nicht- energetisch Verbrauch	Gesamte Endenergie- nachfrage	nach 20	br. aggregiert 21	Zf. Prüfung 22	Ergebnis 23			
Output von	Erzeugnis	1	2	3	4	5	6a	6b	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
S e k u n d ä r e n e r g i e t r ä g e r	1. Zechen- u. Hütten- kokerien	SK-Koks	174	12	626	30	-	-	-	-	-	-	2	45	749	4666	14918	+ 5702	9452	- 1244	-	627	28492	35811	32222	SK-Koks			
	2. Ortgaswerke	Kok. u. SK-Gas	3284	202	-	81	-	-	32	44	434	-	-	-	-	42	189	5222	-	-	-	427	9849	8244	115	Kok. u. SK-Gas			
	3. Hochöfen	Rohteer Rohtenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1723	-	-	-	-	-	1723	4666	4666	Rohteer Rohtenzol			
	4. SK-Brikettfabriken	Gichtgas	529	-	-	5	-	-	59	-	1894	-	-	-	-	-	20	2507	-	-	-	-	3633	6140	6846	Gichtgas			
	5. BK-Brikettfabriken	SK-Briketts	3	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	1855	1531	+ 17	257	- 4	-	1821	1845	3700	1816	SK-Briketts
	6. Off. Wasserkraftwerke	BK-Briketts	-	-	-	-	-	-	38	546	-	22	-	-	-	-	-	604	377	3185	+ 8	330	- 700	-	2773	3379	3439	BK-Briketts	
	7. Kernkraftwerke	Stahl- u. Traktoren- Schmelzofen	-	-	-	-	-	-	3	59	-	-	-	-	-	-	-	12	377	138	-	-	-	138	200	200	Stahl- u. Traktoren- Schmelzofen		
	8. Wasserkraftwerke	Strom	132	-	-	755	350	1581	115	355	167	239	584	10	-	1291	67936	31118	-	3231	- 5848	-	28531	32822	100768	24930	Strom		
	9. Raffinerien	Motorbenzin Flugbenzin Heizturbinenöl Dieselkraftstoff	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28235	+ 109	1192	- 9526	-	20010	20010	20010	Motorbenzin Flugbenzin Heizturbinenöl Dieselkraftstoff		
	P r i m ä r e n e r g i e t r ä g e r	10. Sonstige Energiezeuger	Rohtenzol	43	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	4992	- 4049	1037	- 26652	657	25979	36537	36537	Rohtenzol
		11. Fernheizwerke	Petroleum Heizöl, leicht Heizöl, schwer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	-	-	-	-	89	89	-	Petroleum Heizöl, leicht Heizöl, schwer	
		12. Sekundäre Inputs	And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas	632	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	20970	- 1785	5457	- 6125	1427	20234	35192	35192	And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas
13. Steinkohle		And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas	27	345	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	20970	- 1785	5457	- 6125	1427	20234	35192	35192	And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas	
14. Braunkohle		And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas	15	444	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	20970	- 1785	5457	- 6125	1427	20234	35192	35192	And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas	
15. Erdöl (roh)		And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Erdöl (roh)	
16. Erdgas		Erdgas Erdöl Grubengas	127	186	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	311	- 54	344	648	818	818	818	818	Erdgas Erdöl Grubengas	
17. Kernbrennstoff		And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Kernbrennstoff	
18. Klärschlamm, -gas		Schlamm, Gas Brennstoff Brennstoff	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Schlamm, Gas Brennstoff Brennstoff	
19. Wasserkraft		And. Min. Prod. Flüssiggas Raffiniergas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Wasserkraft	
20. Primäre Inputs		Σ 13-19	44374	1824	-	2163	3563	59901	4776	8463	7061	5191	133764	154	3829	275115	-	32972	10578	14789	- 173570	1076	- 114095	-	161020	-	-	-	
21. Gesamter Input disaggregiert		Σ 12+20	49494	2876	6546	3700	3956	68468	5423	14209	7228	5430	144676	8562	5890	326758	89244	234021	13316	39244	- 238294	23490	71776	-	487778	-	-	-	
aggregiert		52370	1824	6546	3700	3956	100758	6-8	144676	8562	5890	144676	8562	5890	326758	89244	234021	13316	39244	- 238294	23490	71776	-	487778	-	-	-		

Tabelle 3

## Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft in der BR Deutschland 1975

(1000 t SKE)

Input an Output von		Umwandlungsverflechtung									Umwandlungs- verluste 10.	Endenergienachfrage						Gesamter Output Σ 9.10.16 17.	
		Z.u.H.- Kokereien, Ortsgasw. 1.	Hoch- öfen 2.	SK Brikett- fabrik 3.	BK Brikett- fabrik 4.	Kraft- werke 5.	Raffi- nerien 6.	Sonst. Energie- erzg. 7.	Fern- heiz- werke 8.	Zwischen- nachfrage Σ 1-8 9.		Inländischer Endenergie- verbrauch 11.	Bestands- änderung 12.	Ausfuhr 13.	Einfuhr 14.	Nicht- energie- verbrauch 15.	Gesamte Endnachfr. Σ 11-15 16.		
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	3742	6846	111	-	1209	15	2258	404	14585	4666	19549	+ 6733	7454	- 1244	627	33119	52370	Ks+G
	2. Hochöfen	529	-	5	-	1953	-	-	20	2507	706	3633	-	-	-	-	3633	6846	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	3	-	11	-	10	-	-	-	24	1855	1531	+ 37	257	- 4	-	1821	3700	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	41	641	-	-	-	682	377	3320	+ 8	330	- 761	-	3019	3956	BK-B
	5. Kraftwerke	132	-	755	350	2460	584	10	-	4291	67936	31118	-	3231	- 5818	-	28531	100758	Str
	6. Raffinerien	1469	-	51	2	9067	10313	6140	1637	28679	11649	133969	- 4041	12627	- 56458	18251	104348	144676	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	17	-	153	-	-	-	-	-	170	1385	3414	-	556	- 499	3536	7007	8562	SE
	8. Fernheizwerke	280	-	425	-	-	-	-	-	705	670	4515	-	-	-	-	4515	5890	FW
	9. Sekundäre Inputs (Σ 1-8)	6172	6846	1511	393	15340	10912	8408	2061	51643	89244	201049	+ 2737	24455	- 64784	22414	185871	326758	
Primärenergieträger	10. Steinkohle	45761	-	2118	-	24444	-	-	2535	74858	-	5941	+ 5284	14625	- 6947	-	18903	93761	SK
	11. Rohbraunkohle	-	-	-	3563	29909	-	-	1	33473	-	464	+ 112	2	- 817	-	- 239	33234	BK
	12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	133019	-	-	133019	-	-	+ 4762	20	-129636	102	-124752	8267	Eö
	13. Erdgas	437	-	71	-	17580	745	11	1280	20124	-	26100	+ 420	142	- 29049	974	- 1413	18711	Eg
	14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	7061	-	-	-	7061	-	-	-	-	- 7061	-	- 7061	-	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	-	-	-	-	1233	-	143	13	1389	-	467	-	-	-	-	467	1856	KIM
	16. Wasserkraft	-	-	-	-	5191	-	-	-	5191	-	-	-	-	-	-	-	5191	WK
	17. Primäre Inputs (Σ 10-16)	46198	-	2189	3563	85418	133764	154	3829	275115	-	32972	+ 10578	14789	-183510	1076	-114095	161020	
18. Gesamter Input		52370	6846	3700	3956	100758	144676	8562	5890	326758	89244	234021	+ 13315	39244	-238294	23490	71776	487778	I 32 I



#### 4. Problematik bei der Bestimmung der sektoralen Inputkoeffizienten beim aggregierten energiewirtschaftlichen Input-Output-Modell

Die Problematik ergibt sich aus der Tatsache, daß es im Umwandlungsbereich der Energiewirtschaft neben Sektoren mit variabler Koppelproduktion (z.B. Raffinerien) auch solche mit einheitlichem Produkt aber mehreren alternativen Produktionsmethoden (z.B. Kraftwerke) auch noch Sektoren gibt, die sowohl variable Koppelproduktion als auch alternative Produktionsmethoden (z.B. Koks- u. Gaserzeugung + Nebenprodukte in Zechen- und Hüttenkokereien und Ortsgaswerken) aufweisen.

Diese Vielfalt der Möglichkeiten erfordert bei der Bestimmung der aggregierten Inputkoeffizienten eine sehr sorgfältige Überlegung bezüglich der Gewichtungen der in Frage kommenden Techniken als auch - im Prognose- oder Simulationsfall - eine Antizipation hinsichtlich der Struktur des Outputs der Koppelproduktionen. Diese Überlegungen sollen nun nachstehend im einzelnen für die drei<sup>1</sup> oben genannten Fälle durchgegangen werden.

---

<sup>1</sup>Genau genommen haben wir es schon bei der Stromerzeugung mit dem dritten Fall (sowohl Koppelproduktion als auch mehrere Produktionstechniken) zu tun, wenn man die Wärme-Kraft-Kopplung nicht so - durch statistische Kunstgriffe - umgeht, wie die Energiebilanzen es tun. (Vergl. S. 19 )

#### 4.1 Sektoren mit variabler Koppelproduktion

(Raffinerien und sonstige Energieerzeuger)

Die vielseitigste Koppelproduktion im Umwandlungsbereich weisen die Raffinerien auf, deren fraktionierte Destillation zwischen den Extremen "Heizölraffinerie" (mit ca 60 v.H. Heizölen und sonstigen schweren Destillaten) einerseits und "Konversationsanlagen" (Raffinerien mit Crackern mit ca 60 v.H. leichten Distillaten wie den Kraftstoffen) andererseits liegen können.

In der Bundesrepublik Deutschland haben in der Zeit von 1970 - 1975 (siehe Tabelle 4) im Durchschnitt aller Raffinerien praktisch nur "Heizölraffinerien" im oben angeführten Sinne bestanden. Der Heizölanteil ist wohl von 58 v.H. auf 54 v.H. gefallen ( und entsprechend der Kraftstoffanteil von 23 v.H. auf 27 v.H. gestiegen), was auf einen leichten Übergang zu Konversationsanlagen schließen läßt. Es liegen jedoch noch keine Erfahrungen aus den Energiebilanzen darüber vor, in wie fern sich die Inputstruktur durch vermehrten Übergang zu Konversationsanlagen ändern wird. In der Zeit von 1970 - 1975 hat sich die Inputstruktur der Raffinerien, soweit sie aus den Energiebilanzen hervorgeht, ziemlich konstant gehalten, bis auf eine kleine Erhöhung der Zusatzbefeuerung durch Heizöle und Raffineriegase von 6 v.H. auf 7 v.H.

Tabelle 4 - Output u. Input der Raffinerien der BR Deutschland

1970 - 1975

	1970	1971	1972	1973	1974	1975
<b>I</b> <b>Output (1000tSKE)</b>						
Motorenbenzin	17 737	18 396	18 767	20 244	18 884	20 010
Flugbenzin	511	469	477	715	773	611
Flugturbinen- krftst.	1 679	1 723	1 612	1 590	1 498	1 527
Dieselkrftst.	14 207	13 651	14 572	15 651	14 248	13 584
1. <u>Krftst.</u> insg. <u>Kr</u> (v.H.)	34 134 (22,773)	34 239 (22,523)	35 428 (22,630)	38 200 (23,018)	35 403 (23,114)	35 732 (26,861)
2. <u>Rohbenzin</u> (v.H.)	11 962 (7,981)	12 075 (7,943)	13 028 (8,322)	13 633 (8,215)	13 574 (8,863)	8 910 (6,698)
Petroleum	134	161	207	235	99	48
Heizöl, leicht	39 983	43 445	44 615	47 288	43 252	36 537
Heizöl, schwer	46 614	44 915	46 294	48 609	43 270	35 197
3. <u>Heizöl</u> insg. <u>H<sub>z</sub></u> (v.H.)	86 731 (57,863)	88 521 (58,231)	91 116 (58,203)	96 132 (57,925)	86 621 (56,554)	71 782 (53,960)
4. Petrolkoks	609	650	731	779	776	799
And.Min.Preise	9 762	9 528	9 367	9 993	8 968	8 287
<u>AM</u> insg. <u>AM</u> (v.H.)	10 371 (6,919)	10 178 (6,695)	10 098 (6,450)	10 772 (6,491)	9 744 (6,362)	9 086 (6,830)
5. Flüssiggas	1 515	1 648	1 644	1 747	1 785	1 750
Raffineriegas	5 176	5 357	5 236	5 474	6 037	5 767
<u>Rgas</u> insg. <u>R<sub>g</sub></u> (v.H.)	6 691 (4,464)	7 005 (4,608)	6 880 (4,395)	7 221 (4,351)	7 822 (5,107)	7 517 (5,651)
Output insges. (v.H.)	149 889 (100,000)	152 018 (100,000)	156 550 (100,000)	165 958 (100,000)	153 164 (100,000)	133 027 (100,000)
<b>II</b> <b>Input (1000tSKE)</b>						
Erdöl(roh) (v.H.)	151 989 (93,3)	153 455 (93,4)	157 820 (93,4)	167 289 (93,3)	154 178 (92,4)	133 019 (91,9)
P Erdgas/Erdölg.	161	185	215	347	436	745
Steinkohle	105	42	-	-	-	-
Strom	625	634	708	778	636	584
Heizöle (v.H.)	5 813 (3,56)	5 370 (3,27)	5 113 (3,03)	5 415 (3,02)	5 586 (3,34)	5 007 (3,46)
S Petrolkoks (v.H.)	230 (5,97)	238 (5,96)	239 (5,86)	264 (5,86)	258	257 (6,92)
Raff.gas (v.H.)	3 919 (2,41)	4 423 (2,69)	4 785 (2,83)	5 106 (2,84)	5 701 (3,47)	5 049 (3,46)
Input insges.	162 875	164 372	168 904	179 227	166 805	144 676
<b>III</b> Wirkungsgrad <sup>1</sup> v.H.	92,027	92,484	92,686	92,597	91,822	91,848

<sup>1</sup> I/II x 100

#### 4.2 Sektor mit alternativen Produktionsmethoden bei einheitlichem Produkt (Stromerzeugung)

Bei der Stromerzeugung wird in den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland zwischen folgenden fünf Kraftwerkstypen (Produktionsmethoden) unterschieden:

1. Öffentliche Wärmekraftwerke (6a)  
(Braunkohle, Steinkohle, Heizöl)
2. Zechen- und Grubenkraftwerke (6b)
3. Sonstige Industriekraftwerke (6c)
4. Kernkraftwerke (7)
5. Wasserkraftwerke (8)

(Vergl. Tabelle 5)

Sie alle produzieren - gemäß der Darstellung in den Energiebilanzen - ausschließlich Strom. Die Tatsache, daß in einigen Kraftwerken (als sog. Heizkraftwerken)<sup>1</sup> auch Fernwärme als Koppelprodukt erzeugt wird, die in den Energiebilanzen jedoch den Fernheizwerken (einschließlich des dafür erforderlichen "fiktiven" Inputs!) zugerechnet wird, wurde bereits im Abschnitt 3, S.15 f und S.22 erwähnt.

Faßt man im aggregierten Input-Output-Modell die fünf Kraftwerkstypen in dem Sektor "Kraftwerke" zusammen, dann müssen für die Ermittlung der integrierten Inputkoeffizienten die antizipierten Outputgewichte des prognostizierten Strombedarfs beachtet werden. Aus ihnen sind dann zusammen mit den jeweiligen Wirkungsgraden die für diese Bestimmung der aggregierten Inputkoeffizienten erforderlichen Inputgewichte zu errechnen (siehe Übersicht 5).

In diese Berechnung gehen, wie oben gesagt, die Wirkungsgrade der einzelnen Kraftwerkstypen ein, die jedoch - wie ebenfalls im Abschnitt 3 dargelegt wurde - aus den Energiebilanzen sich nur fehlerhaft bestimmen lassen. Der vorliegende Berechnungsvorschlag gilt daher nur vorbehaltlich einer Richtigstellung der Energiebilanzen in dieser Hinsicht, die allerdings nur von der "Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen" selber geleistet werden kann.

---

<sup>1</sup> Bei den "Sonstigen Industriekraftwerken" handelt es sich vornehmlich um Gegendruckanlagen, die als Koppelprodukt Prozesswärme erzeugen.

Da einige Primär-Inputs mengenmäßig begrenzt sind,  
- z.B. die Steinkohle durch die Verstromungsgesetze und die Braunkohle durch die Grenze ihrer Ausbaumöglichkeiten, was auch für die Wasserkraft gilt -, ist durch Multiplikation der errechneten Gesamtinputs für die Kraftwerke mit den Inputkoeffizienten  $b_9$ ,  $b_{10}$  und  $b_{14}$  (siehe Übersicht 5) diese Grenze zu überprüfen. Bei Grenzüberschreitung muß das Gewicht des begrenzenden Kraftwerktyps zu Lasten der übrigen Kraftwerkstypen vermindert werden. Diese iterative Überprüfung kann durch entsprechende Schleifen im Programm vorgenommen werden. Z.B.:

$$\begin{array}{lll} b_9 \cdot X_{\text{kraftw}} & \leq & X_{\text{Sk}_{\text{max}}} \quad \text{Steinkohle} \\ b_{10} \cdot X_{\text{kraftw}} & \leq & X_{\text{Bk}_{\text{max}}} \quad \text{Braunkohle} \\ b_{14} \cdot X_{\text{kraftw}} & \leq & X_{\text{W}_{\text{max}}} \quad \text{Wasserkraft} \end{array}$$

Tabelle 5

Kraftwerke in der Bundesrepublik

Deutschland 1970 - 1975

	1970	1971	1972	1973	1974	1975
I						
<u>Output(1000 t SKE)</u>						
6a Off.Wärmekraftw.	17 353	18 980	21 590	23 748	25 126	24 930
b Z.-u.G.-Kraftw.	3 856	4 928	2 837	2 919	2 818	1 819
c Sonst. Ind.-Kraftw.	5 705	5 585	6 561	6 754	6 704	5 636
7 Kernkraftwerke	742	715	1 124	1 446	1 493	2 632
8 Wasserkraftwerke	2 184	1 727	1 684	1 909	2 199	2 105
Insgesamt	29 850	31 935	33 796	36 776	38 340	37 122
II						
<u>Wirkungsgrade <math>\eta</math> (v.H.)</u>						
6a	34,614	35,122	35,153	35,661	35,184	36,411
b	34,985	34,948	34,037	34,512	34,534	33,542
c	38,568	40,424	39,105	39,245	39,784	39,665
7	34,608	35,309	35,123	35,748	35,872	36,414
8	36,780	38,421	38,386	38,426	38,277	38,766
III						
<u>Input<sup>1</sup> (1000 t SKE)</u>						
6a	50 133	54 040	61 417	66 594	70 157	68 468
b	11 022	14 101	8 335	8 458	8 160	5 423
c	14 792	13 816	16 778	17 210	16 851	14 209
7	2 144	2 025	3 192	4 045	4 162	7 228
8	5 938	4 495	4 387	4 968	5 745	5 430
Insgesamt	84 029	88 477	94 109	101 275	105 075	100 758
IV						
<u>Outputgewichte <math>g_o</math></u>						
6a	0,5813	0,5943	0,6388	0,6457	0,6553	0,6716
b	0,1292	0,1543	0,0839	0,0794	0,0735	0,0490
c	0,1911	0,1749	0,1941	0,1837	0,1749	0,1518
7	0,0249	0,0224	0,0333	0,0393	0,0389	0,0709
8	0,0732	0,0541	0,0498	0,0519	0,0574	0,0567
V						
<u>Inputgewichte <math>g_i</math></u>						
6a $g_{\text{öw}}$	0,5966	0,6108	0,6637	0,6576	0,6677	0,6796
b $g_{\text{zg}}$	0,1311	0,1593	0,0843	0,0835	0,0776	0,0538
c $g_{\text{si}}$	0,1761	0,1562	0,1715	0,1699	0,1604	0,1410
7 $g_{\text{ke}}$	0,0255	0,0229	0,0339	0,0399	0,0396	0,0717
8 $g_{\text{wa}}$	0,0707	0,0508	0,0466	0,0491	0,0547	0,0539

<sup>1</sup>Input = Output :  $\eta$

Quelle: Energiebilanz der BRD und Berechnung daraus

Übersicht 5 - Stromerzeugung - Koeffizientenberechnung

Kraftwerkstypen

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Input- arten i</div> <div style="margin-left: 10px;">→ j</div> </div>		Öff. Wärme Kraftw. $g_1$	Z. u. Hütt. kraftw. $g_2$	Sonstg. Ind. Kw. $g_3$	Kern- kraftw. $g_4$	Wasser- kraftw. $g_5$	Alle Kraftw. zusammen
Sekundärenergie	SK-Koks 1	-	-	-	-	-	-
	Gas 2	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	-	-	$a_2$
	Gichtgas 3	$a_{31}$	-	$a_{33}$	-	-	$a_3$
	SK-Bri 4	-	$a_{42}$	-	-	-	$a_4$
	BK-Bri 5	$a_{51}$	-	$a_{53}$	-	-	$a_5$
	Strom 6	$a_{61}$	$a_{62}$	$a_{63}$	$a_{64}$	$a_{65}$	$a_6$
	Heizöl 7	$a_{71}$	$a_{72}$	$a_{73}$	-	-	$a_7$
	Raff. gas 8	$a_{81}$	-	$a_{83}$	-	-	$a_8$
Primär-	SK 9	$[b_{91}]$	$b_{92}$	$b_{93}]$	-	-	$b_9$
	BK 10	$[b_{101}]$	$b_{102}$	$b_{103}]$	-	-	$b_{10}$
	Eg 11	$b_{111}$	$b_{112}$	$b_{113}$	-	-	$b_{11}$
	Kernbr. 12	-	-	-	$b_{124}$	-	$b_{12}$
	Klärg. 13	$b_{131}$	$b_{132}$	$b_{133}$	-	-	$b_{13}$
	W.K. 14	-	-	-	-	$[b_{145}]$	$b_{14}$
		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Für einen prognostizierten Strombedarf soll bei antizipierten Outputgewichten ( $g_j^o$ ) der Kraftwerkstypen ihr Inputbedarf ( $\sum X_j$ ) bestimmt werden.

Für die j Kraftwerkstypen gelten die Wirkungsgrade ( $\eta_j$ )<sup>1</sup> als bekannt. Für die Inputkoeffizienten gilt:

$a_{ij}$  bzw.  $b_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}$  ;  $a_i = \sum a_{ij} g_j$  bzw.  $b_i = \sum b_{ij} g_j$  ,  
wobei  $g_j$  = das Inputgewicht ist, das aus dem Outputgewicht  $g_j^o$  wie folgt berechnet wird:

$$\text{Input}_{br} = \frac{\text{Output}_{\text{netto ges}} g_j^o}{\eta_j}$$

$$g_j = \frac{\text{Input}_{br}(X_j)}{\sum \text{Input}_{br}(X_j)}$$

<sup>1</sup>Wirkungsgrad  $\eta = 1 - \text{Umwandlungsverlustkoeffizienten}$

#### 4.3 Sektor mit alternativen Produktionstechniken und variabler Koppelproduktion

(Zechen- und Hüttenkokereien und Ortsgaswerke)

Es handelt sich hier um den Umwandlungsbereich (-sektor), der sich ursprünglich ausschließlich mit der Steinkohlen-entgasung in Kokereien befaßte. Dieses konnte einerseits in Kokereien der Zechen und Hütten in sog. "Koksfahrt" geschehen (Koks/Gas-Verhältnis rd. 75/25) vornehmlich für die Stahlerzeugung oder andererseits in Ortsgaswerken, d.h. Kokereien in sog. "Gasfahrt" (Koks/Gas-Verhältnis rd. 50/50) vornehmlich für die Stadtgas- und Haushaltskokserzeugung. In der Zeit von 1970 bis 1975 ist in der Bundesrepublik Deutschland der Anteil der Ortsgaswerke an der gesamten Koks- und Gaserzeugung unter 10 v.H. gesunken, wobei die Ortsgaswerke in zunehmendem Maße auf Spaltgaserzeugung umgestellt worden sind. Diese Entwicklung ist sowohl an den abnehmenden Inputanteilen für Steinkohle als auch an den zunehmenden Inputanteilen für Raffinerieprodukte ( vor allem Raffineriegase ) der Ortsgaswerke zu erkennen (siehe Tabelle 6). Sie kann auch an den wachsenden Gasanteilen an ihren Outputs abgelesen werden. Möglicherweise wird in nicht ferner Zukunft Kokereigas nur noch als Koppelprodukt der Kokserzeugung für die Stahlindustrie anfallen. Das Koks/Gas-Verhältnis, das bei den Zechen- und Hüttenkokereien sich dem Wert 80/20 nähert, ist bei den Ortsgaswerken mit 50/50 (1975) bereits das Produkt einer sich ständig ändernden Mischung von als Gaswerken betriebenen Kokereien und Spaltgasanlagen, und zwar zu Gunsten der letzteren. Zudem nimmt die Kapazität der Ortsgaswerke - wegen der zunehmenden Bedeutung des Erdgases als Ferngas - laufend ab. Im Zuge dieser Entwicklung ist das Inputgewicht der Zechen- und Hüttenkokereien in diesem Umwandlungsbereich von 1970 bis 1975 bereits von 0,9196 auf 0,9451 angestiegen.

Bei der Bestimmung der integrierten Inputkoeffizienten dieses Sektors für eine Prognose oder Simulation muß nicht nur das Inputgewicht der Kokereien sondern auch die Inputstruktur der Ortsgaswerke antizipiert werden.



Tabelle 6 - Zechen- u. Hüttenkokereien und Ortsgaswerke  
in der Bundesrepublik Deutschland 1970 - 1975

I Zechen-u.Hüttenkokereien		1970		1973		1975	
		1000tSKE	v.H.	1000tSKE	v.H.	1000tSKE	v.H.
Output							
	Koks	38 717	72,5	32 977	75,1	33 772	75,6
	Gas	12 163	22,8	8 901	20,3	8 794	19,7
	<u>Sonstg.<sup>1</sup></u>	<u>2 547</u>	<u>4,7</u>	<u>2 055</u>	<u>4,6</u>	<u>2 123</u>	<u>4,7</u>
	Insg.	53 426	100,0	43 933	100,0	44 689	100,0
	Koks/Gas-Verhältnis ("Koksfahrt")	76/24		79/21		79/21	
Input							
	Koks u. Gas(Eigen- verbrauch)	3 740	6,3	3 026	6,1	3 408	6,9
S	Gichtgas	677	1,1	728	1,5	529	1,1
	Strom	73	0,1	135	0,3	132	0,3
	Raffinerieprodukte	1 857	3,1	1 077	2,2	761	1,5
	Fernwärme					280	0,6
P	<u>SK u. Eq</u>	<u>52 997</u>	<u>89,3</u>	<u>44 255</u>	<u>89,3</u>	<u>44 374</u>	<u>89,7</u>
	Insg.	59 354	100,0	49 581	100,0	49 493	100,0
Wirkungsgrad $\eta_k$		90,012		88,608		90,292	
II Ortsgaswerke		1970		1973		1975	
Output							
	Koks	2 488	53,8	1 500	46,3	1 213	48,2
	GAS	1 961	42,4	1 628	50,2	1 215	48,2
	<u>Sonstg.<sup>1</sup></u>	<u>175</u>	<u>3,8</u>	<u>114</u>	<u>3,5</u>	<u>91</u>	<u>3,6</u>
	Insg.	4 624	100,0	3 242	100,0	2 519	100,0
	Koks/Gas-Verhältnis ("Gasfahrt")	56/44		48/52		50/50	
Input							
	Koks+Gas(Eigenverbr)	540	10,3	404	10,8	284	9,9
S	Strom	-		-		-	
	Raffinerieprodukte	881	17,0	972	26,1	768	26,7
P	<u>SK u. Eq</u>	<u>3 773</u>	<u>72,7</u>	<u>2 351</u>	<u>63,1</u>	<u>1 824</u>	<u>63,4</u>
	Insg.	5 188	100,0	3 727	100,0	2 876	100,0
Wirkungsgrad $\eta_g$		89,129		86,987		87,587	
III Kokereien u. Ortsgaswerke		1970		1973		1975	
Inputgewichte							
	Kokereien gk	0,9196		0,9301		0,9451	
	Ortsgaswerke gg	0,0804		0,0699		0,0549	
Gesamtwirkungsgrad $\eta_{ges}$		89,941		88,459		90,144	

<sup>1</sup>Rohteer u. Rohbenzol

Quelle: Errechnet aus den Energiebilanzen

## 5. Ex-post-Prognosen für das Jahr 1976 zur Prüfung der Modellfunktion

Trotz der Vorbehalte gegenüber den Energiebilanzen (siehe 3.1, S.16f) soll nachstehend versucht werden, mit Hilfe von Ex-post-Prognosen die Funktion des hier vorgeschlagenen Prognose- und Simulations-Modells für den Umwandlungsbereich der Energiewirtschaft zu testen. Dieses soll einmal in aggregierter und zum anderen in disaggregierter Form geschehen.

Während bei der aggregierten Ex-post-Prognose drei Tests, nämlich einmal mit den durchschnittlichen Input- und Umwandlungsverlustkoeffizienten der Jahre 1973 - 1975, sodann mit den Koeffizienten des Jahres 1975 und schließlich noch als Kontrollrechnung mit den Koeffizienten des Prognosejahres 1976, durchgeführt werden, soll der disaggregierte Test nur als Kontrolle mit den eigenen Koeffizienten durchgerechnet werden, um eine prinzipielle Möglichkeit der Handhabung von Koppelproduktionen vorzuführen.

Bei der aggregierten Ex-post-Prognose werden Rechenoperationen entsprechend den Formeln (8) und (9) auf S.10 f vorgnommen und zwar

$$\text{gemäß (8)} \quad X_{76}^* = [E - (A+C)]^{-1}_{(73-75)\text{bzw.}(75)} X_{N76} \text{ und}$$

$$\text{gemäß (9)} \quad X_{P76}^* = B_{(73-75)\text{bzw.}(75)} X_{76}^* .$$

Hierin bedeuten  $X_{76}^*$  der prognostizierte Aktivitäten-Vektor, d.h. der Vektor der gesamten Inputs der jeweiligen Umwandlungsbereiche (-sektoren) für das Jahr 1976 und  $X_{P76}^*$  der prognostizierte Vektor der in die Umwandlungsbereiche eingesetzten Primärenergieträgermengen im Jahre 1976.

Der Vektor  $X_{N76}$ , d.h. der Vektor der "Gesamtendnachfrage nach Sekundärenergieträgern für das Jahr 1976" ist in der Tabelle 7 in seiner Zusammensetzung und Berechnung (d.h. seiner Aggregation und sektorenweisen Zuordnung) für

das Jahr 1976 ex-post dargestellt. Bei einer echten Prognose wäre nur die erste Spalte (entsprechend der Spalte 11 in der aggregierten Input-Output-Tabelle - Übersicht 1), nämlich der "Inländische Energiebedarf" durch eine Endenergieprognose (allerdings sowohl für die Sekundär- als auch für die Primärenergieträger) bestimmt, allenfalls auch noch die Spalte 15, nämlich der "nicht-energetische Verbrauch"<sup>1</sup>. Während man in diesem Fall die "Bestandsänderungen" (Spalte 12) wohl zweckmäßigerweise Null setzen würde, müßte man für die "Ausfuhr" und die "Einfuhr" Antizipationen vornehmen, mit deren Hilfe man allerdings auch die Nachfragestruktur der produktionstechnisch bedingten Angebotsstruktur in einem gewissen Grade anpassen könnte.

---

<sup>1</sup>Axel D. Neu, Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch - eine Strategie der Energiepolitik?, Kieler Diskussionsbeitrag 52, Febr. 1978

Tabelle 7 - Zusammensetzung und Berechnung des aggregierten Vektors "Gesamte Endenergienachfrage nach Sekundärenergieträgern" für die Ex-post-Prognosen der Bundesrepublik Deutschland 1976

<u>Inländischer</u> <u>Endenergieverbrauch</u> (Sekundärenergieträger)			11.		<u>Bestandsänderung</u> 12.	
SK-Koks	14 689		19 408	(1)	+ 4413	+ 4357 (1)
Kok.+St.Gas	4 719				- 56	
Gichtgas	3 680		3 680	(2)	-	- (2)
SK-Briketts	1 212		1 212	(3)	- 27	- 27 (3)
BK-Briketts	2 853		3 050	(4)	- 53	- 51 (4)
Staub.u.Trocken-						
kohle	188					
Schwelkoks	12				+ 2	
Strom	33 594		33 594	(5)	-	- (5)
	R(6)	SE(7)	R	SE		
Motorenbenzin	28 991	+ 2 341	48 614	+ 2378	- 36	+ 1047
Flugbenzin	435				+ 140	
Flugturb.krftst.	3 132				+ 4	
Diselkraftst.	16 056	+ 37			+ 939	
Rohbenzin	-	-	-	-	- 44	- 44
Petroleum	98	-	92 506	+ 298	+ 2	- 558
Heizöl L	71 130	+ 70			- 1237	
Heizöl S	21 278	+ 228			+ 677	
Petrolkoks	140	-	140	+ -	+ 13	- 42
And.Min.Pr.	-	-			- 55	
Flüssiggas	828	+ 1 188	1 001	+ 1188	+ 11	+ 18
Raffineriegas	173	-			+ 7	
			Σ 142 261 (6)	+ 3864 (7)		+ 421 (6)
Fernwärme	4 945		4 945	(8)	-	- (8)
SK-Pech	-	-		-		
And.Kwst.	-	-				

noch Tabelle 7 -

<u>Ausfuhr</u> 13.		<u>Einfuhr</u> 14.		<u>nichtenergetischer Verbrauch</u> 15.			
7192}	7194(1)	- 1228}	- 1228(1)	617}	617(1)		
2}		- }		- }			
-	- (2)	-	- (2)	-	- (2)		
230	230(3)	-	- (3)	-	- (3)		
309}		- 695}		- }			
- }	311(4)	- }	- 700(4)	- }	- (4)		
2}		- 5}		- }			
3873	3873(5)	- 4204	- 4204(5)	-	- (5)		
					R(6)	SE(7)	
915}		- 9745}		- }			
145}		- 61}		- }			
108}	2449	- 1917}	- 16426	- }	-		
1281}		- 4703}		- }			
1308	1308	- 4996	- 4996	7502	7502		
7}		- 35}		- }			
1172}	6621	- 29493}	- 36500	496}	2120		
5442}		- 6972}		1624}			
337}	2356	- 1355}	- 2984	728}	7813	+ - }	2217
2019}		- 1629}		7085}		2217}	
590}	590	- 794}	- 1555	1193}	1750	- }	780
- }		- 761}		557}		780}	
	13324(6)		- 62461(6)		19185(6)		
	- (8)	-	- (8)	-	- (8)		
423}	580(7)	- 39}	- 639(7)			159}	1442
157}		- 600}				1283}	
							4439(7)

noch Tabelle 7 -

Gesamte Endener-  
gienachfrage

Σ 11-15  
16.

Strukturverhältnisse

Koks/Gas-Verhältnis

25683 }  
4665 } 30348(1)  
3680 3680(2)  
1415 1415(3)  
2414 }  
188 } 2613(4)  
11 }

Endverbr.	25683	84,6
	<u>4665</u>	<u>15,4</u>
	30348	100,0
Produktion	32832	78,1
	<u>9227</u>	<u>21,9</u>
	42059	100,0

Kraftwerksstruktur (Output)

33263 33263(5)  
R(6) SE(7) R(6) SE(7)  
20125 + 2341 }  
659 }  
1327 } 35684 + 2378  
13573 + 37 }  
3770 + - 3770 + -  
72 + - }  
42068 + 70 } 64189 + 298  
22049 + 228 }  
- 137 + - }  
7420 + 2217 } 7283 + 2217  
1828 + 1188 }  
- 24 + 780 } 1804 + 1968

ÖWK	28533	69,5
Z+G.K.	2115	5,2
Sonst.Ind.K.	5679	13,8
Kernkw.	2984	7,3
W.krftw.	<u>1728</u>	<u>4,2</u>
	41039	100,0

Raffineriestruktur (Output)

Krst.	35700	24,5
Rohb.	11841	8,1
Heizöle	81297	55,7
AMPr.	8302	5,7
Gase	<u>8708</u>	<u>6,0</u>
	145848	100,0

112730(6)

4945(8)

- 543 }  
- 840 } 1384

8244(7)

### 5.1 Aggregierte Ex-post-Prognosen 1976

Bei den aggregierten Ex-post-Prognosen für das Jahr 1976 soll versucht werden, auf Grund des Vektors der "Gesamten Endnachfrage nach Sekundärenergieträgern"

$X_{N76}$  (Tabelle 7, Spalte 16 bzw. Tabelle 8, Spalte 16, 1-8) den Aktivitätenvektor (gesamte Inputs = gesamte Outputs) der acht Umwandlungssektoren  $X_{76}$  (Tabelle 8, Zeile 18, 1-8) sowie den Vektor des "Primärenergieträgereinsatzes im Umwandlungsbereich"  $X_{p76}$  (Tabelle 8, Spalte 9, 10-16) zu bestimmen.

Dieses soll einmal mit Hilfe der Inputkoeffizienten und der Umwandlungsverlustkoeffizienten des Durchschnitts der Jahre 1973 - 75 (Tabelle 9, Matrizen A und B sowie Diagonalmatrix C) bzw. ihrer Leontief-Matrix (Tabelle 10) geschehen. Zum anderen soll der Test - wie oben bereits erwähnt - noch einmal mit den entsprechenden Koeffizienten und Matrizen des Jahres 1975 (Tabellen 11 und 12) durchgeführt werden. Schließlich wird als Kontrollrechnung noch einmal die gleiche Operation mit den entsprechenden Koeffizienten und Matrizen des Prognosejahres 1976 (Tabellen 13 und 14) vorgenommen.

Nachstehend sind die Ergebnisse dieser drei Rechnungen aufgeführt.

#### 1) Ex-post-Prognose mit $\emptyset$ 1973-75-Koeffizienten

$$X_{76}^* = [E - (A+C)]_{(73-75)}^{-1} X_{N76}$$

Fehler

	$X_{76}^*$	$X_{76}$	$X_{76}^* - X_{76}$	
			1000 t SKE	v.H.
1	50 523,1	48 278	+ 2113,3	+ 4,4 Z.u.H.Kokereien u. Ortsgw.
2	8 012,2	6 851	+ 1161,2	+16,9 Hochöfen
3	2 781,8	3 195	- 413,2	-12,9 SK-Brikettf.
4	3 745,3	3 698	+ 47,3	+ 1,3 BK-Brikettf.
5	117 342,3	110 446	+ 6896,3	+ 6,2 Kraftwerke
6	157 901,4	160 017	- 2115,5	- 1,3 Raffinerien
7	9 210,0	10 194	- 984,0	- 9,7 Sonstg.Energieerzg.
8	6 353,3	6 542	- 188,7	- 2,9 Fernheizwerke

(1000 t SKE)

Input an  Output von		Umwandlungsverflechtung									Umwandlungs- verluste 10.	Endenergienachfrage						Gesamter Output £ 9+10+16 17.	
		Z.u.H.- Kokereien, Ortsgasw. 1.	Hoch- öfen 2.	SK Brikett- fabrik 3.	BK Brikett- fabrik 4.	Kraft- werke 5.	Raffi- nerien 6.	Sonst. Energie- erzg. 7.	Fern- heiz- werke 8.	Zwischen- nachfrage £ 1-8 9.		Inländischer Endenergie- verbrauch 11.	Bestands- änderung 12.	Ausfuhr 13.	Einfuhr 14.	Nicht- energet. Verbrauch 15.	Gesamte Endnachfr. £ 11-15 16.		
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	3314	6851	101	-	1177	8	2139	300	13390	4040	19408	+ 4357	7194	- 1228	617	30343	48278	Ks+G
	2. Hochöfen	611	-	-	-	1950	-	-	19	2580	591	3680	-	-	-	-	3680	6851	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	7	-	10	-	13	-	-	-	30	1750	1212	- 27	230	-	-	1415	3195	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	68	611	-	-	-	679	406	3053	- 51	311	- 700	-	2613	3698	BK-B
	5. Kraftwerke	120	-	751	366	2739	623	9	-	4608	72575	33594	-	3873	- 4204	-	33263	110446	Str
	6. Raffinerien	1770	-	37	3	10248	11323	7885	1854	33120	14167	142261	+ 421	13324	- 62461	19185	112730	160017	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	36	-	114	-	-	-	-	-	150	1800	3864	-	580	- 639	4439	8244	10194	SE
	8. Fernheizwerke	235	-	380	-	-	-	-	-	615	982	4945	-	-	-	-	4945	6542	FW
	9. Sekundäre Inputs (£1-8)	6093	6851	1393	437	16738	11954	10033	2173	55672	96311	212017	+ 4700	25512	- 69232	24241	197238	349221	
Primärenergieträger	10. Steinkohle	41749	-	1721	-	30560	-	-	2765	76795	-	5844	+ 2079	12954	- 6666	-	14211	91006	SK
	11. Rohbraunkohle	-	-	-	3261	33363	-	-	1	36625	-	484	- 27	3	- 776	-	316	36309	BK
	12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	147174	-	-	147174	-	-	+ 3587	45	-142851	-	-139219	7955	Eö
	13. Erdgas	436	-	81	-	16402	839	9	1577	19394	-	30087	+ 320	136	- 31146	1138	535	19929	Eg
	14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	7934	-	-	-	7934	-	-	-	-	- 7934	-	- 7934	-	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	-	-	-	-	1311	-	152	26	1489	-	422	-	-	-	-	422	1911	KIM
	16. Wasserkraft	-	-	-	-	4138	-	-	-	4138	-	-	-	-	-	-	-	4138	WK
	17. Primäre Inputs ( £ 10 -16)	42185	-	1802	3261	93708	148063	161	4369	293549	-	36837	+ 5959	13138	-189373	1138	-132301	161248	
18. Gesamter Input		48278	6851	3195	3698	110446	160017	10194	6542	349221	96311	248854	+ 10659	38650	-258605	25379	64937	510469	48



Tabelle 9

Input-Koeffizienten u. Umwandlungsverlustkoeffizienten Ø 1973 - 1975

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		
1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	0,0679	1,0000	0,0334	-	0,0120	0,0001	0,2415	0,0588		0,0914
2. Hochöfen	0,0125	-	0,0013	-	0,0236	-	-	0,0039		0,1127
3. SK-Brikettfabriken	0,0001	-	0,0025	-	0,0001	-	-	-		0,4828
4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	0,0126	0,0064	-	-	-		0,0892
5. Kraftwerke	0,0025	-	0,1666	0,0763	0,0250	0,0040	0,0011	-		0,6786
6. Raffinerien	0,0326	-	0,0124	0,0008	0,1012	0,0665	0,7416	0,2894		0,0788
7. Sonstige Energieerzeuger	0,0003	-	0,0453	-	-	0,0004	-	-		0,0827
8. Fernheizwerke	0,0060	-	0,1127	-	-	-	-	-		0,1246
9. Sekundäre Inputs (Σ1-8)	(0,1219)	(1,0000)	(0,3742)	(0,0897)	(0,1684)	(0,0711)	(0,9842)	(0,3521)		
10. Steinkohle	0,8679	-	0,6140	-	0,2940	-	-	0,4540		-
11. Rohbraunkohle	-	-	-	0,9103	0,2835	-	-	0,0002		-
12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	0,9257	-	-		-
13. Erdgas	0,0111	-	0,0118	-	0,1437	0,0032	0,0014	0,1907		-
14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	0,0493	-	-	-		-
15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	-	-	-	-	0,0113	-	0,0144	0,0030		-
16. Wasserkraft	-	-	-	-	0,0500	-	-	-		-

Errechnet  
aus Tabellen  
A7 - A15  
(Stat.Anhang)

Tabelle 10

Leontief-Matrix     $\emptyset$     1973 - 1975

$$[E - (A+C)]_{(73-75)}$$

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	0,8407	-1,0000	-0,0334	-	-0,0120	-0,0001	-0,2415	-0,0588
2. Hochöfen	-0,0125	0,8873	-0,0013	-	-0,0236	-	-	-0,0039
3. SK-Brikettfabriken	-0,0001	-	0,5147	-	-0,0001	-	-	-
4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	0,8982	-0,0064	-	-	-
5. Kraftwerke	-0,0025	-	-0,1666	-0,0763	0,2964	-0,0040	-0,0011	-
6. Raffinerien	-0,0326	-	-0,0124	-0,0008	-0,1012	0,8547	-0,7416	-0,2894
7. Sonstige Energieerzeuger	-0,0003	-	-0,0453	-	-	-0,0004	0,9173	-
8. Fernheizwerke	-0,0060	-	-0,1127	-	-	-	-	0,8754

Errechnet aus Tabelle 9

Tabelle 11

Input-Koeffizienten und Umwandlungsverlustkoeffizienten 1975

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		
1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	0,0715	1,0000	0,0300	-	0,0120	0,0001	0,2637	0,0686		0,0891
2. Hochöfen	0,0101	-	0,0013	-	0,0194	-	-	0,0034		0,1031
3. SK-Brikettfabriken	0,0001	-	0,0030	-	0,0001	-	-	-		0,5014
4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	0,0107	0,0064	-	-	-		0,0953
5. Kraftwerke	0,0025	-	0,2041	0,0885	0,0244	0,0040	0,0012	-		0,6742
6. Raffinerien	0,0281	-	0,0138	0,0005	0,0900	0,0713	0,7171	0,2779		0,0805
7. Sonstige Energieerzeuger	0,0003	-	0,0413	-	-	-	-	-		0,1618
8. Fernheizwerke	0,0053	-	0,1149	-	-	-	-	-		0,1138
9. Sekundäre Inputs (Σ1-8)	(0,1179)	(1,0000)	(0,4084)	(0,0993)	(0,1523)	(0,0754)	(0,9820)	(0,3499)		
10. Steinkohle	0,8738	-	0,5724	-	0,2426	-	-	0,4304		-
11. Rohbraunkohle	-	-	-	0,9007	0,2968	-	-	0,0002		-
12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	0,9194	-	-		-
13. Erdgas	0,0083	-	0,0192	-	0,1745	0,0052	0,0013	0,2173		-
14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	0,0701	-	-	-		-
15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	-	-	-	-	0,0122	-	0,0167	0,0022		-
16. Wasserkraft	-	-	-	-	0,0515	-	-	-		-

Errechnet  
aus Tabelle  
A6  
(Stat.Anhang)

Tabelle 12

Leontief-Matrix 1975

$$[E - (A+C)] (75)$$

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	0,8394	-1,0000	-0,0300	-	-0,0120	-0,001	-0,2637	-0,0686
2. Hochöfen	-0,0101	0,8969	-0,0013	-	-0,0194	-	-	-0,0034
3. SK-Brikettfabriken	-0,0001	-	-0,4956	-	-0,0001	-	-	-
4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	0,8944	-0,0064	-	-	-
5. Kraftwerke	-0,0025	-	-0,2041	-0,0885	0,3014	-0,0040	-0,0012	-
6. Raffinerien	-0,0281	-	-0,0138	-0,0005	-0,0900	0,8482	-0,7171	-0,2779
7. Sonstige Energieerzeuger	-0,003	-	-0,0413	-	-	-	0,8382	-
8. Fernheizwerke	-0,0053	-	-0,1149	-	-	-	-	0,8862

---

Errechnet aus Tabelle 11

Tabelle 13

Input-Koeffizienten und Umwandlungsverlustkoeffizienten 1976

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		
1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	0,0686	1,0000	0,0316	-	0,0107	0,0001	0,2098	0,0459		0,0837
2. Hochöfen	0,0127	-	-	-	0,0177	-	-	0,0029		0,0863
3. SK-Brikettfabriken	0,0001	-	0,0031	-	0,0001	-	-	-		0,5477
4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	0,0181	0,0055	-	-	-		0,1698
5. Kraftwerke	0,0025	-	0,2350	0,0990	0,0248	0,0039	0,0009	-		0,5571
6. Raffinerien	0,0367	-	0,0116	0,0008	0,0928	0,0708	0,7735	0,2834		0,0885
7. Sonstige Energieerzeuger	0,0007	-	0,0357	-	-	-	-	-		0,1766
8. Fernheizwerke	0,0049	-	0,1189	-	-	-	-	-		0,1501
9. Sekundäre Inputs (Σ1-8)	(0,1262)	(1,0000)	(0,4360)	(0,1182)	(0,1515)	(0,0747)	(0,9842)	(0,3322)		
10. Steinkohle	0,8648	-	0,5387	-	0,2767	-	-	0,4227		-
11. Rohbraunkohle	-	-	-	0,8818	0,3021	-	-	0,0002		-
12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	0,9197	-	-		-
13. Erdgas	0,0090	-	0,0254	-	0,1485	0,0056	0,0009	0,2411		-
14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	0,0718	-	-	-		-
15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	-	-	-	-	0,0119	-	0,0149	0,0040		-
16. Wasserkraft	-	-	-	-	0,0375	-	-	-		-

Errechnet  
aus Tabelle 8

Tabelle 14

Leontief-Matrix 1976

$$\left[ E - (A+C) \right] (76)$$

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	0,8477	-1,0000	-0,0316	-	-0,0107	-0,0001	-0,2098	-0,0459
2. Hochöfen	-0,0127	0,9137	-	-	-0,0177	-	-	-0,0029
3. SK-Brikettfabriken	-0,0001	-	0,4492	-	-0,0001	-	-	-
4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	0,8718	-0,0055	-	-	-
5. Kraftwerke	-0,0025	-	-0,2350	-0,0990	0,3181	-0,0039	-0,0009	-
6. Raffinerien	-0,0367	-	-0,0116	-0,0008	-0,0928	0,8407	-0,7735	-0,2834
7. Sonstige Energieerzeuger	-0,0007	-	-0,0357	-	-	-	0,8234	-
8. Fernheizwerke	-0,0049	-	-0,1189	-	-	-	-	0,8499

---

Errechnet aus Tabelle 13

$$x_{p\ 76}^* = B_{(73-75)} x_{76}^*$$

Fehler					
	$x_{p\ 76}^*$	$x_{p\ 76}$	$x_{p\ 76}^* - x_{p\ 76}$		
			1000 t SKE	v.H.	
10	82 940,0	76 795	+ 6145,0	+ 8,0	Steinkohle
11	36 677,1	36 625	+ 52,1	+ 0,1	Braunkohle
12	146 169,4	147 174	- 1004,6	- 0,7	Erdöl
13	19 185,5	19 394	- 208,5	- 1,1	Erdgas
14	5 785,0	7 934	- 2149,0	- <u>27,1</u>	Kernbrennstoffe
15	1 477,7	1 489	- 11,3	- 0,8	Klärschl., Müll
16	5 867,1	4 138	- 1729,1	- <u>41,8</u>	Wasserkraft

## 2. Ex-post-Prognose mit 1975-Koeffizienten

$$x_{76}^* = [E - (A+C)]_{(75)}^{-1} x_{N\ 76}$$

Fehler					
	$x_{76}^*$	$x_{76}$	$x_{76}^* - x_{76}$		
			1000 t SKE	v.H.	
1	50 391,3	48 278	+ 2113,3	+ 4,4	Z.u.H.Kokereien u. Ortsg.
2	7 206,8	6 851	+ 355,8	+ <u>5,8</u>	Hochöfen
3	2 888,7	3 195	- 306,3	- <u>9,6</u>	SK-Brikettf.
4	3 751,3	3 698	+ 53,3	+ 1,4	BK-Brikettf.
5	115 968,8	110 446	+ 5222,8	+ 5,0	Kraftwerke
6	157 566,4	160 017	- 2450,6	- 1,5	Raffinerien
7	10 158,1	10 194	- 35,9	- 0,4	Sonstg. Energieerzg.
8	6 255,9	6 542	- 286,1	- 4,4	Fernheizwerke

$$X_{P76}^* = B_{(75)} X_{76}^*$$

				Fehler		
	$X_{P76}^*$	$X_{P76}$		$X_{P76}^* - X_{P76}$		
			1000 t SKE		v.H.	
10	76 512,0	76 795	-	283,0	- 0,4	Steinkohle
11	37 799,6	36 625	-	1174,6	- 3,2	Braunkohle
12	144 866,5	147 174	-	2307,5	- 1,6	Erdöl
13	22 902,2	19 394	+	3508,2	+18,1	Erdgas
14	8 129,4	7 934	+	194,4	+ 2,5	Kernbrennstoffe
15	1 598,2	1 483	+	109,2	+ 7,3	Klärschl., Müll
16	5 972,4	4 138	+	1834,4	+44,3	Wasserkraft

### 3. Kontrollrechnung mit 1976-Koeffizienten

$$X_{76}^* = [E - (A+C)]_{(76)}^{-1} X_{N 76}$$

				Fehler		
	$X_{76}^*$	$X_{76}$		$X_{76}^* - X_{76}$		
1	48 300,0	48 278	+	22,0		Z.u.H.Kokereien u. Ortsgw.
2	6 859,1	6 851	+	8,1		Hochöfen
3	3 185,4	3 195	-	9,6		SK-Brikettf.
4	3 694,0	3 698	-	4,0		BK-Brikettf.
5	110 441,0	110 446	-	5,0		Kraftwerke
6	160 019,7	160 017	+	2,7		Raffinerien
7	10 191,3	10 194	-	2,7		Sonstg. Energieerz.
8	6 542,4	6 542	+	0,4		Fernheizwerke

$$X_{P76}^* = B_{(76)} X_{76}^*$$

				Fehler		
	$X_{P76}^*$	$X_{P76}$		$X_{P76}^* - X_{P76}$		
10	76 810,3	76 795	+	15,3		Steinkohle
11	36 622,9	36 625	-	2,1		Braunkohle
12	147 170,1	147 174	-	3,9		Erdöl
13	19 398,8	19 394	+	4,8		Erdgas
14	7 929,7	7 934	-	4,3		Kernbrennstoffe
15	1 492,3	1 489	+	3,8		Klärschl., Müll
16	4 141,5	4 138	+	3,5		Wasserkraft



Zu den Ergebnissen der aggregierten Ex-post-Prognosen ist kurz folgendes zu bemerken:

Einmal war es zu erwarten, daß die Aggregation das Ergebnis negativ beeinflussen wird. Zum anderen mußten die technisch nicht korrekten "statistischen Kunstgriffe" (Vergl. S. 15) in den Energiebilanzen zu Fehlern in der Abschätzung der Primärenergieträgereinsätze bei den Hochöfen, Kernkraftwerken und Wasserkraftwerken führen (unterstrichene Ergebnisse auf S. 47,55 u.56). Schließlich - und das zeigt besonders die Ex-post-Prognose mit den Durchschnittskoeffizienten der Jahre 1973 - 75 - mußte sich die Instabilität der Inputkoeffizienten in der Umwandlungsverflechtung (siehe Statistischer Anhang, Tabellen A 7 ff) - Matrix (A+C) - negativ auf die Schätzergebnisse auswirken.

Daß die Schätzfehler nicht an der möglicherweise zu geringen Stellenzahl der Koeffizienten gelegen haben kann, (Lineare Gleichungssysteme sind in dieser Hinsicht bekanntlich sehr empfindlich), zeigt die Kontrollrechnung, deren Fehler so gering waren, daß sich eine prozentuale Darstellung erübrigte.

## 5.2 Disaggregierte Quasi-Ex-post-Prognose 1976

### - Kontrollrechnung -

Mit dieser disaggregierten Quasi-Ex-post-Prognose, die eigentlich nur eine Kontrollrechnung darstellt, soll eine mögliche Methode angedeutet werden, das Problem der Koppelproduktion rechnerisch in den Griff zu bekommen.

Hierzu werden entsprechend den 41 Outputs der völlig disaggregierten Input-Output-Tabelle (siehe Tabelle 15, letzte Spalte) 41 Input-Spalten gebildet, wobei jedem Umwandlungssektor diejenige Anzahl von Input-Spalten gleicher Struktur zugeordnet wird, die der Zahl seiner Koppelprodukte entspricht (z.B. den Zechen- und Hüttenkokereien sowie den Ortsgaswerken je vier Spalten usw.)<sup>1</sup>. Die Umwandlungsverlustkoeffizienten, die ja eine additive Diagonalmatrix zu der Matrix der Inputkoeffizienten bilden, werden nun in der disaggregierten Tabelle in jeder Spalte dem "Selbstverbrauchs-Koeffizienten", also dem Diagonalfeld, hinzuaddiert. Z.B. in der Tabelle 17 (A+C) im Diagonalfeld 1/1:  $0,00427 + 0,08155 = 0,08582$ , Feld 2/2:  $0,06347 + 0,08155 = 0,14502$ , Feld 3/3:  $0 + 0,08155 = 0,08155$  und Feld 4/4:  $0 + 0,08155 = 0,08155$ .

Die rechnerische Richtigkeit dieser rein fiktiven Methode zeigt das nachstehende Ergebnis des errechneten disaggregierten Aktivitätenvektors für das Jahr 1976 als Summen ( $\Sigma$ ) im Vergleich mit  $X_{76}$

$X_{76d}^*$		$E - (A+C)_{76d}^{-1} X_{N 76d}$		$X_{76}$ (aggregierte Aktivitäten)	
1	34 721,7				
2	8 735,2				
3	1 689,8				
4	496,5				
$\Sigma 1$	45 643,2	1	45 643		Zechen-u.Hüttenkokereien
5	1 071,4				
6	1 483,0				
7	64,8				
8	15,9				
$\Sigma 2$	2 635,1	2	2 635		Ortsgaswerke

<sup>1</sup> Dieser Vorgehensweise liegt der Gedanke zugrunde, daß jedes Koppelprodukt - bei konstanten Anteilen der einzelnen Koppelprodukte - die gleiche Inputstruktur erfordert. Das gilt in den Tabelle natürlich nur für die Inputkoeffizienten-Matrizen (Siehe Tabellen 16 - 18).

		$X_{76d}^*$		$X_{76}$	
9	3	6 851,2	3	6 851	Hochöfen
10	4	3 194,7	4	3 195	SK-Brikettfabriken
11		3 372,9			
12		304,5			
13		<u>20,2</u>			
	$\Sigma 5$	3 697,6	5	3 698	BK-Brikettfabriken
14	6	77 759,0	6	77 761	Öffentl. Wärmekraftwerke
15	7	6 222,8	7	6 223	Zechen-u.Hüttenkraftwerke
16	8	13 958,0	8	13 958	Sonstige Industriekraftw.
17	9	8 124,1	9	8 124	Kernkraftwerke
18	10	4 380,0	10	4 380	Wasserkraftwerke
19		22 079,7			
20		723,0			
21		1 455,9			
22		14 911,4			
23		12 991,0			
24		78,9			
25		46 787,3			
26		42 326,7			
27		968,5			
28		8 140,7			
29		2 377,7			
30		<u>7 177,4</u>			
	$\Sigma 11$	160 018,3	11	160 017	Raffinerien
31		2 843,0			
32		44,9			
34		0			
35		85,0			
36		276,9			
37		2 692,4			
38		1 442,7			
39		947,3			
40		<u>841,7</u>			
	$\Sigma 12$	10 194,0	12	10 194	Sonstige Energieerzeuger
41	13	6 542,1	13	6 541	Fernheizwerke

Die Rechenergebnisse zeigen, daß die Summen der errechneten disaggregierten Aktivitäten ( $X_{76d}^*$ ) sehr gut mit dem Tabellenwert der aggregierten Aktivitäten ( $X_{76}$ ) übereinstimmen.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tabelle 15, Spalte 21

Tabelle 15 - Disagregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft der BR Deutschland 1976 (1000 SKE)

Input an Output von		Erzeugnis	Umwandlungserflechtung													Umwandlung Verluste	Endenergienachfrage						Gesamter Output									
			2. u. 4. Koke- stein 1-4	Orts- gas- werke 5-8	Hoch- öfen 9	SK- Brikett- fabriken 10	St.- Brikett- fabriken 11-13	Öff.- Höfne- Kraftf. 14	Rechen- u. Grube- Kraftf. 15-16	Sonstige Industrie- Kraftf. 17	Kern- Kraft- werke 18	Wasser- Kraft- werke 19-20	Raffi- nerien 21-22	Sonstige Energie- erzeuger 23-24	Fein- holz- Kraftf. 25		Zwischen- nachfr. 26-27	13	Inländische Endenergie- verbrauch 28	Beschaffen- änderung 29	Ausfuhr 30	Einfuhr 31	Nicht- energetisch Verbrauch 32	Gesamte Endenergie- nachfrage Σ 28-32 33	nach 20	braggregiert 21	z.B. Erzeugung 22	Erzeugnis				
Sekundärenergieträger	1. Zerklein. u. Mischen Kokereien	195 Kok. Gas Rohbenzol	2897	-	-	51	-	1322	398	1509	-	-	-	-	-	7066	3722	3906	-42	2	-	-	3860	1552	456	8190	30992	45643	30992	Holz-Koke		
	2. Ortsgaswerke	SK. Koks St. Gas Reaktor Rohbenzol	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	11	689	+164	-	-	22	859	942	2635	942	2635	942	St.-Gas			
	3. Hochöfen	Gichtgas	64	-	-	-	-	244	-	1706	-	-	-	-	-	19	2560	591	3680	-	-	-	3680	6260	6851	6851	6851	6851	Gichtgas			
	4. SK-Brikettfabriken	SK-Briketts	7	-	-	40	-	-	-	13	-	-	-	-	-	30	1750	1242	-27	230	-	-	1445	1445	3703	1452	3703	1452	SK-Briketts			
	5. BK-Brikettfabriken	BK-Briketts Staub- u. Treibschmelz- Koks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	569	188	12	2	-	-	188	271	3698	3029	3029	3029	BK-Briketts			
	6. a. Öff. Wärmekraftwerke b. Zerklein. u. Gichtkoks c. Sonstige Industriekraftf. 7. Kernkraftwerke 8. Wasserkraftwerke	Strom	-	-	-	-	-	366	1812	-	-	-	-	-	-	623	9	2870	51333	23852	-	2758	-2984	-	23648	26428	77761	28539	Strom			
	9. Raffinerien	Metallbenzin Flugbenzin Kunstharz Dietrichkohl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Metallbenzin	
	10. Sonstige Energieerzeuger	Rohbenzin Petroleum Heizöl, Rohöl Heizöl, schwer And. Min. Prod. Flüssiggas Raffineriegas	12 334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Rohbenzin
	11. Fernheizwerke	Feinwärme	235	-	-	380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Feinwärme
	12. Sekundäre Inputs	Σ 1-11	4864	1232	6851	1393	432	9835	563	5908	190	242	4954	40033	2473	55672	96344	242077	+4700	25572	-69232	24241	197238	252940	349221	252152						
	Primärenergieträger	13. Steinkohle		40497	1252	-	1724	-	21445	5210	3905	-	-	-	-	-	2765	76795	5844	+2079	12954	-6666	-	14244		91006						Steinkohle
		14. Braunkohle	Rohbraunkohle Handbraunkohle Reichkohle	-	-	-	-	-	3264	34527	399	778	-	-	-	-	-	35966	364	-14	3	-	-	344		36307						Rohbraunkohle
15. Erdöl (roh)			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	147174	-	+3587	45	-102857	-	-139244		7935						Erdöl (roh)	
16. Erdgas		Erdgas Erdflugas Grubengas	142	138	-	-	-	13754	-	258	-	-	-	-	-	1534	15924	29792	+320	146	-3446	1013	115		19036						Erdgas	
17. Kernbrennstoff			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7934	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Kernbrennstoff
18. Klärschlamm, -gas		Schlamm, Gas Biomasse, Holz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Schlamm, Gas
19. Wasserkraft			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Wasserkraft
20. Primäre Inputs		Σ 13-19	40782	1403	-	1802	3264	57926	5660	8050	7934	4138	14063	461	4318	293549	36837	+5959	13138	-103373	1198	-982304		161248								
21. Gesamter Input disaggregiert		Σ 12+20	45643	2635	6851	3195	3698	77761	6223	13958	8124	4380	14007	40794	6541	349221	96344	248854	70659	38650	-258605	25379	64937		540469							

Tabelle 16

A- und C-Matrix der Tabelle 15 (Ausschnitt)

Input an  Output von			Umwandlungsverflechtung													41	Um- wandlungs- verluste
			Z. u. H.- Kokereien				Ortsgaswerke				Hoch- öfen	SK- Brikett- fabriken	BK- Brikettfabriken				
Erzeugnis			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Sektordärenergieträger	1. Zechen- u. Hütten- Kokereien	1 Hütt - Koks	0,00427	0,00427	0,00427	0,00427	-	-	-	-	1,00000	0,00626	-	-	-		
		2 Kok - Gas	0,06347	0,06347	0,06347	0,06347	-	-	-	-	-	0,02535	-	-	-		
		3 Rohteer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		4 Rohbenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2. Ortsgaswerke	5 SK-Koks	-	-	-	-	0,02467	0,02467	0,02467	0,02467	-	-	-	-	-		
		6 St - Gas	-	-	-	-	0,05958	0,05958	0,05958	0,05958	-	-	-	-	-		
		7 Rohteer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		8 Rohbenzol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	3. Hochöfen	9 Gichtgas	0,01339	0,01339	0,01339	0,01339	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	4. SK-Brikettfabriken	10 SK-Briketts	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	-	-	-	-	-	0,00313	-	-	-		
	5. BK-Brikettfabriken	11 BK-Briketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01190	0,01190	0,01190		
		12 Staub u. Trocken	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00649	0,00649	0,00649		
		13 Schwelkoks K.															
Sektordärenergieträger	10. Sonstige Energieerzeuger	30															
		31 Motorenbenzin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		32 Dieselkraftst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		33 Petroleum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		34 Heizöl, leicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		35 Heizöl, schwer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		36 And. Min. Prod.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		37 Flüssiggas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		38 Raffineriegas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		39 SK-Pech	0,00079	0,00079	0,00079	0,00079	-	-	-	-	-	0,03568	-	-	-		
		40 And. Kwst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	11. Fernheizwerke	41 Fernwärme	0,00515	0,00515	0,00515	0,00515	-	-	-	-	-	0,11894	-	-	-		

Tabelle 17

(A+C)-Matrix der Tabelle 15 (Ausschnitt)

Input an			Umwandlungsverflechtung													41	Um- wandlungs- verluste
Output von	Erzeugnis	Z. u. H. - Kokereien				Ortsgaswerke				Hoch- öfen 9	SK- Brikett- fabriken 10	BK- Brikettfabriken					
		1	2	3	4	5	6	7	8			11	12	13			
S e k u n d ä r e n e r g i e r t r ä g e r	1. Zechen- u. Hütten- Kokereien	1 Hütt - Koks	0,08582	0,00427	0,00427	0,00427	-	-	-	-	1,00000	0,00626	-	-	-	0,08155	
		2 Kok - Gas	0,06347	0,14502	0,06347	0,06347	-	-	-	-	-	0,02535	-	-	-		
		3 Rohteer	-	-	0,08155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		4 Rohbenzol	-	-	-	0,08155	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2. Ortsgaswerke	5 SK-Koks	-	-	-	-	0,14535	0,02467	0,02467	0,02467	-	-	-	-	-	0,12068	
		6 St - Gas	-	-	-	-	0,05958	0,18026	0,05958	0,05958	-	-	-	-	-		
		7 Rohteer	-	-	-	-	-	-	0,12068	-	-	-	-	-	-		
		8 Rohbenzol	-	-	-	-	-	-	-	0,12068	-	-	-	-	-		
	3. Hochöfen	9 Gichtgas	0,01339	0,01339	0,01339	0,01339	-	-	-	-	0,08626	-	-	-	-	0,08626	
	4. SK-Brikettfabriken	10 SK-Briketts	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	-	-	-	-	-	0,55086	-	-	-	0,54773	
	5. BK-Brikettfabriken	11 BK-Briketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12169	0,01190	0,01190	0,10979	
		12 Staubu.Trocken	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00649	0,11628	0,00649		
		13 Schmelzkoks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10979		
S e k u n d ä r e n e r g i e r t r ä g e r	10. Sonstige Energieerzeuger	30														0,17657	
		31 Motorenbenzin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		32 Dieselkraftst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		33 Petroleum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		34 Heizöl, leicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		35 Heizöl, schwer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		36 And. Min. Prod.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		37 Flüssiggas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		38 Raffineriegas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		39 SK-Pech	0,00079	0,00079	0,00079	0,00079	-	-	-	-	-	0,03568	-	-	-		
		40 And. Kwst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	11. Fernheizwerke	41 Fernwärme	0,00515	0,00515	0,00515	0,00515	-	-	-	-	-	0,11894	-	-	-	0,15011	

Tabelle 18

Leontief-Matrix und disaggregierter Endenergienachfragevektor der Tabelle 15 (Ausschnitt)

Input an			Umwandlungsverflechtung													41	Gesamte Endenergie- nachfrage X <sub>N</sub>
Output von	Erzeugnis	Z. u. H.- Kokereien				Ortsgaswerke				Hoch- öfen 9	SK- Brikett- fabriken 10	BK- Brikettfabriken					
		1	2	3	4	5	6	7	8			11	12	13			
S e k u n d ä r e n e r g i e r z e u g e r	1. Zechen- u. Hütten- Kokereien	1 Hütt - Koks	0,91418	-0,00427	-0,00427	-0,00427	-	-	-	-	-1,00000	-0,00626	-	-	-	24824	
		2 Kok - Gas	-0,06347	0,85498	-0,06347	-0,06347	-	-	-	-	-	-0,02535	-	-	-	3860	
		3 Rohteer	-	-	0,91845	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
		4 Rohbenzol	-	-	-	0,91845	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	2. Ortsgaswerke	5 SK-Koks	-	-	-	-	0,85465	-0,02467	-0,02467	-0,02467	-	-	-	-	-	859	
		6 St - Gas	-	-	-	-	-0,05958	0,81974	-0,05958	-0,05958	-	-	-	-	-	805	
		7 Rohteer	-	-	-	-	-	-	0,87932	-	-	-	-	-	-	0	
		8 Rohbenzol	-	-	-	-	-	-	-	0,87932	-	-	-	-	-	0	
	3. Hochöfen	9 Gichtgas	-0,01339	-0,01339	-0,01339	-0,01339	-	-	-	-	0,91374	-	-	-	-	3680	
	4. SK-Brikettfabriken	10 SK-Briketts	-0,00015	-0,00015	-0,00015	-0,00015	-	-	-	-	-	0,44914	-	-	-	1415	
	5. BK-Brikettfabriken	11 BK-Briketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,87831	-0,01190	-0,01190	2414	
		12 Staubu.Trocken	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,00649	0,88372	-0,00649	188	
		13 Schwelkoks <sup>k</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89021	11	
S e k u n d ä r e n e r g i e r z e u g e r	10. Sonstige Energieerzeuger	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2341	
		31 Motorenbenzin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	
		32 Dieselkraftst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
		33 Petroleum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	
		34 Heizöl, leicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	228	
		35 Heizöl, schwer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2217	
		36 And. Min. Prod.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1188	
		37 Flüssiggas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	780	
		38 Raffineriegas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	543	
		39 SK-Pech	-0,00079	-0,00079	-0,00079	-0,00079	-	-	-	-	-	-0,03568	-	-	-	840	
		40 And. Kwst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	11. Fernheizwerke	41 Fernwärme	-0,00515	-0,00515	-0,00515	-0,00515	-	-	-	-	-	-0,11894	-	-	-	4945	

### Schlußbetrachtung

In der vorliegenden Studie wurde versucht, ein Prognosemodell für den Umwandlungsbereich der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland zu entwickeln. Dabei wurde zunächst eine Methode erarbeitet, die es gestattet, Energiebilanzen in energiewirtschaftliche Input-Output-Tabellen umzuformen. Diese für die Jahre 1970 - 1976 erstellten Tabellen ermöglichen einmal tiefere Einsicht in die Struktur der Energiewirtschaft im Sinne eines Flußbildes, als sie die Energiebilanzen zu vermitteln vermögen; zum anderen führten sie zu einigen kritischen Anmerkungen zur bisherigen Bilanzierungsmethode, indem aufgedeckt wurde, daß manche in der Energiebilanz gemachten Unterstellungen mit der Umwandlungstechnologie nicht vereinbar sind.

Bei der modelltheoretischen Interpretation des energiewirtschaftlichen Input-Output-Systems gelang es zudem durch eine geeignete Art der Berücksichtigung der Umwandlungsverluste - die Umwandlungsverlustkoeffizienten wurden als Diagonalmatrix zur Verflechtungsmatrix der Inputkoeffizienten des Umwandlungsbereichs hinzuaddiert - eine eindeutige Lösung des simultanen Gleichungssystems des Modells zu finden (2.2).

Mit Hilfe dieses Modells können theoretisch die für einen prognostizierten Endbedarf an Sekundär- und Primärenergieträgern erforderlichen Energieträgereinsätze in den einzelnen Umwandlungssektoren nach Menge und Art bestimmt werden. Wenn dieses praktisch jedoch noch nicht möglich ist, so liegt das einmal daran, daß ein Input-Output-Modell des Umwandlungsbereichs der Energiewirtschaft, wie es in der vorliegenden Studie zu erstellen versucht wurde, in erster Linie ein technisches Modell darstellt (Umwandlungstechnologie!). Außerdem hat die kritische Überprüfung der Energiebilanzen mittels der Input-Output-Tabellen gezeigt, daß bei der Erstellung der Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland der Technik der Umwandlung widersprechende "statistische Kunstgriffe" angewandt werden (3.1). Bei der Bestimmung des Primärträgereinsatzes für einen gegebenen bzw. prognostizierten Sekundärenergieträgerbedarf spielen die Umwandlungswirkungsgrade eine entscheidende Rolle - und ausgerechnet diese werden durch die besagten "statistischen Kunstgriffe" verfälscht.

Um ein angemesseneres Input-Output-Prognosemodell für den Umwandlungsbereich der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland zu erstellen, ist es notwendig, die Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland entsprechend zu korrigieren; dieses ist hier nicht geschehen, es kann nur von der "Arbeitsgemeinschaft Energie-



bilanzen" selbst durchgeführt werden.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß sich die Koeffizienten der Umwandlungsverflechtung im Zeitverlauf von 1970 bis 1975 als außerordentlich instabil erwiesen. Das mag zum Teil daran gelegen haben, daß die Verwendung von Sekundärenergieträgern im Umwandlungsbereich bis auf wenige Ausnahmen technisch nicht unbedingt erforderlich ist. Aber es kann auch mit der bisherigen Bilanzierungsmethode zusammenhängen. In jedem Fall erweist es sich als schwierig, ex post repräsentative Durchschnittswerte für die Inputkoeffizienten zu bestimmen.

Ein weiteres Problem entsteht dann, wenn neue Technologien, die sich bereits als technisch reif abzeichnen, für Prognose- und Simulationsrechnungen in der Inputstruktur des Umwandlungsbereichs berücksichtigt werden müssen. Da kein Sektor eine einheitliche Technologie aufweist, stellt sich hier das Gewichtungproblem in voller Schärfe.

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung des Prognosemodells für den Umwandlungsbereich ist, daß eine nach Sekundärenergieträgern möglichst fein gegliederte Prognose des Endenergieträger-Nachfragevektors vorliegt. Diese enthält natürlich eine eigene Problematik. Sie setzt z.B. auch eine Reihe von energiepolitischen Vorentscheidungen - sowohl ökonomischer als auch technischer Art - voraus. Z.B. bezieht sich die Vorausschätzung der Endenergienachfrage mit Hilfe des Prognosemodells des Bundesministeriums für Wirtschaft nur auf die "inländische Endenergienachfrage". Darüberhinaus muß jedoch prognostiziert werden, welchen Umfang der Außenhandel besitzt und wie groß der "nichtenergetische Verbrauch" ist. Die Außenhandelsmengen sind vor allem mit der antizipierten Umwandlungstechnologie - z.B. der Raffinerie-Outputstruktur und -typen sowie der Outputstruktur der "sonstigen Energieerzeuger" - abzustimmen (Vergleiche hierzu Tabelle 7).

Die vorliegende Studie konnte nicht alle hier aufgezählten Schritte realisieren, sondern beschränkte sich auf einen methodischen Vorschlag. Zur weiteren Vervollkommnung des vorgeschlagenen Modells müßte einmal - wie bereits gesagt - die Energiebilanzen angepaßt bzw. korrigiert werden; zum anderen müßten Methoden entwickelt werden, den technischen Fortschritt in der Umwandlungstechnologie vorzuschätzen, was ein mehr technisches als ökonomisches Problem darstellt.

## STATISTISCHER ANHANG

Die nachstehenden Input-Output-Tabellen sind aus den Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland der jeweiligen Jahre, wie in 3.2 dargelegt, abgeleitet.

Tabelle A 1

## Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft in der BR Deutschland 1970

(1000 t SKE)

Input an Output von		Umwandlungsverflechtung									Umwandlungs- verluste 10.	Endenergienachfrage						Gesamter Output € 9.10.16 17.	
		Z.u.H.- Kokereien Ortsgasw. 1.	Hoch- öfen 2.	SK Brikett- fabrik 3.	BK Brikett- fabrik 4.	Kraft- werke 5.	Raffi- nerien 6.	Sonst. Energie- erzg. 7.	Fern- heiz- werke 8.	Zwischen- nachfrage € 1-8 9.		Inländische Endenergie- verbrauch 11.	Bestands- änderung 12.	Ausfuhr 13.	Einfuhr 14.	Nicht- energet. Verbrauch 15.	Gesamte Endnachfr. € 11-15 16.		
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	4280	8996	40	-	381	33	2867	95	16692	6329	30264	+ 790	10134	- 579	912	41521	64542	Ks+G
	2. Hochöfen	677	-	-	-	2557	-	5	26	3265	950	4781	-	-	-	-	4781	8996	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	10	-	1	-	1	-	-	-	12	2203	3952	-	331	- 321	-	3962	6177	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	20	134	-	-	-	154	559	7083	+ 40	656	- 1231	-	6548	7261	BK-B
	5. Kraftwerke	73	-	787	338	2189	625	10	-	4022	58190	24507	-	2194	- 4884	-	21817	84029	Str
	6. Raffinerien	2738	-	73	23	10631	9693	6239	1744	31141	12989	126469	+ 2474	17574	- 46721	18949	118745	162875	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	-	-	360	-	-	269	-	-	629	617	4634	-	710	- 463	4132	9013	10259	SE
	8. Fernheizwerke	-	-	291	-	-	-	575	-	866	520	3806	-	-	-	-	3806	5192	FW
	9. Sekundäre Inputs (€ 1-8)	7778	8996	1552	381	15893	10620	9696	1865	56781	82357	205496	+ 3304	31599	- 54199	23993	210193	349331	
Primärenergieträger	10. Steinkohle	55214	-	4625	-	32741	105	364	2968	96017	-	12186	- 1934	15893	- 9724	-	16416	112433	SK
	11. Rohbraunkohle	-	-	-	6880	22402	-	-	3	29285	-	805	+ 57	5	- 537	-	330	29615	BK
	12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	151989	-	-	151989	-	-	+ 724	193	-142252	196	-141139	10850	Eö
	13. Erdgas	1548	-	-	-	4295	161	97	356	6457	-	10541	+ 2	13	- 4160	455	6851	13308	Eg
	14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	2092	-	-	-	2092	-	-	-	-	- 2092	-	- 2092	-	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	2	-	-	-	928	-	102	-	1032	-	800	-	-	-	-	800	1832	KIM
	16. Wasserkraft	-	-	-	-	5678	-	-	-	5678	-	-	-	-	-	-	-	5678	WK
	17. Primäre Inputs (€ 10-16)	56764	-	4625	6880	68136	152255	563	3327	292550	-	24327	- 1151	16104	-158765	651	-118834	173716	
18. Gesamter Input		64542	8996	6177	7261	84029	162875	10259	5192	349331	82357	229823	+ 2153	47703	-212964	24644	91359	523047	

Tabelle A 2      Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft in der BR Deutschland 1971  
 (1000 t SKE)

Input an Output von		Umwandlungsverflechtung									Umwandlungs-verluste	Endenergienachfrage						Gesamter Output € 9.10.16 17.	
		Z.u.H.-Kokereien, Ortsgasw. 1.	Hochöfen 2.	SK-Brikettfabrik 3.	BK-Brikettfabrik 4.	Kraftwerke 5.	Raffinerien 6.	Sonst. Energieerzg. 7.	Fernheizwerke 8.	Zwischen-nachfrage € 1-8 9.		Inländischer Endenergieverbrauch 11.	Bestands-änderung 12.	Ausfuhr 13.	Einfuhr 14.	Nicht-energet. Verbrauch 15.	Gesamte Endnachfrage € 11-15 16.		
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	4129	7735	171	-	922	25	2685	105	15772	6097	23769	+ 4520	9110	- 402	824	37821	59690	Ks+G
	2. Hochöfen	527	-	-	-	2178	-	13	14	2732	791	4212	-	-	-	-	4212	7735	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	6	-	2	-	-	-	-	-	8	2848	2790	+ 8	236	- 136	-	2898	5754	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	19	444	-	-	-	463	420	5472	- 56	498	- 884	-	5030	5913	BK-B
	5. Kraftwerke	69	-	776	334	2378	634	11	-	4202	60514	25995	-	2804	- 5038	-	23761	88477	Str
	6. Raffinerien	2286	-	77	4	10844	9771	6428	1791	31201	12354	133792	+ 3226	16893	- 52223	19129	120817	164372	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	-	-	265	-	-	260	-	-	525	1530	4437	-	774	- 390	3340	8161	10216	SE
	8. Fernheizwerke	-	-	442	-	-	-	717	-	1159	526	3578	-	-	-	-	3578	5263	FW
	9. Sekundäre Inputs (€ 1-8)	7017	7735	1733	357	16766	10690	9854	1910	56062	85080	204045	+ 7698	30315	- 59073	23293	206278	347420	
Primärenergieträger	10. Steinkohle	51682	-	4021	-	36379	42	160	2846	95130	-	9549	+ 1136	14187	- 8201	-	16671	111801	SK
	11. Rohbraunkohle	-	-	-	5556	22647	-	-	-	28203	-	663	- 51	3	- 579	-	36	28239	BK
	12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	153455	-	-	153455	-	-	+ 1416	1	-144331	144	-142770	10685	Eö
	13. Erdgas	989	-	-	-	5633	185	87	471	7365	-	15142	+ 50	165	- 6908	519	8968	16333	Eg
	14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	1976	-	-	-	1976	-	-	-	-	- 1976	-	- 1976	-	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	2	-	-	-	898	-	115	36	1051	-	766	-	-	-	-	766	1817	KIM
	16. Wasserkraft	-	-	-	-	4178	-	-	-	4178	-	-	-	-	-	-	-	4178	WK
	17. Primäre Inputs (€ 10-16)	52673	-	4021	5556	71711	153682	362	3353	291358	-	26120	+ 2551	14356	-161995	663	-118305	173053	
18. Gesamter Input		59690	7735	5754	5913	88477	164372	10216	5263	347420	85080	230165	+ 10249	44671	-221068	23956	87973	520473	

(1000 t SKE)

Input an  Output von		Umwandlungsverflechtung									Um- wand- lungs- verluste	Endenergienachfrage						Gesamter Output € 9.10.16	
		Z.u.H.- Kokereien, Ortsgasw. 1.	Hoch- öfen 2.	SK Brikett- fabrik 3.	BK Brikett- fabrik 4.	Kraft- werke 5.	Raffi- nerien 6.	Sonst. Energie- erzgg. 7.	Fern- heiz- werke 8.	Zwischen- nachfrage € 1-8 9.		Inländischer Endenergie- verbrauch 11.	Bestands- änderung 12.	Ausfuhr 13.	Einfuhr 14.	Nicht- energet. Verbrauch 15.	Gesamte Endnachfr. € 11-15 16.		
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	3413	7982	51	-	1102	24	2426	283	15281	5101	21941	+ 2933	9021	- 858	718	33755	54141	Ks+G
	2. Hochöfen	755	-	-	-	2147	-	12	17	2931	831	4220	-	-	-	-	4220	7982	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	9	-	1	-	-	-	-	-	10	2067	2468	- 8	220	- 101	-	2579	4656	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	36	580	-	-	-	616	412	4758	- 168	430	- 825	-	4195	5223	BK-B
	5. Kraftwerke	64	-	748	333	2466	708	10	-	4329	65702	28121	-	2317	- 6360	-	24078	94109	Str
	6. Raffinerien	2271	-	27	4	12064	9732	6563	2105	32766	12354	141348	+ 934	16733	- 56117	20886	123784	168904	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	-	-	233	-	-	405	-	-	638	1283	4508	-	582	- 388	3348	8050	9971	SE
	8. Fernheizwerke	-	-	359	-	-	-	596	-	955	826	4338	-	-	-	-	4338	6119	FW
	9. Sekundäre Inputs (€1-8)	6512	7982	1419	373	18359	10869	9607	2405	57526	88580	211702	+ 3691	29303	- 64649	24952	204999	351105	
Primärenergieträger	10. Steinkohle	46964	-	3237	-	35138	-	181	2983	88503	-	7674	+ 2517	13173	- 7759	-	15605	104108	SK
	11. Rohbraunkohle	-	-	-	4850	25042	-	-	1	29893	-	513	+ 11	4	- 597	-	- 69	29824	BK
	12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	157820	-	-	157820	-	-	+ 11	-	-147744	134	-147599	10221	Eö
	13. Erdgas	662	-	-	-	7434	215	64	720	9095	-	19393	+ 85	128	- 10882	1032	9756	18851	Eg
	14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	3116	-	-	-	3116	-	-	-	-	- 3116	-	- 3116	-	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	3	-	-	-	934	-	119	10	1066	-	713	-	-	-	-	713	1779	KIM
	16. Wasserkraft	-	-	-	-	4086	-	-	-	4086	-	-	-	-	-	-	-	4086	WK
	17. Primäre Inputs (€ 10-16)	47629	-	3237	4850	75750	158035	364	3714	293579	-	28293	+ 2624	13305	-170098	1166	-124710	168869	
18. Gesamter Input		54141	7982	4656	5223	94109	168904	9971	6119	351105	88580	239995	+ 6315	42608	-234747	26118	80289	519974	I G

Tabelle A 4 Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft in der BR Deutschland 1973  
(1000 t SKE)

Input an  Output von		Umwandlungsverflechtung									Umwandlungs- verluste	Endenergienachfrage						Gesamter Output € 9.10.16	
		Z.u.H.- Kokereien Ortsgasw. 1.	Hoch- öfen 2.	SK Brikett- fabrik 3.	BK Brikett- fabrik 4.	Kraft- werke 5.	Raffi- nerien 6.	Sonst. Energie- erzg. 7.	Fern- heiz- werke 8.	Zwischen- nachfrage € 1-8 9.		Inländischer Endenergie- verbrauch 11.	Bestands- änderung 12.	Ausfuhr 13.	Einfuhr 14.	Nicht- energet. Verbrauch 15.	Gesamte Endnachfr. € 11-15 16.		
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	3430	9006	186	-	1207	28	2211	307	16375	5628	22960	- 1288	10187	- 1254	700	31305	53308	Ks+G
	2. Hochöfen	728	-	7	-	2510	-	-	27	3272	1147	4587	-	-	-	-	4587	9006	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	3	-	11	-	14	-	-	-	28	2319	2280	- 8	231	- 92	-	2411	4758	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	53	654	-	-	-	707	439	4313	- 55	402	- 752	-	3908	5054	BK-B
	5. Kraftwerke	135	-	670	348	2590	778	11	-	4532	69644	30557	-	2596	- 6054	-	27099	101275	Str
	6. Raffinerien	2049	-	54	5	12830	10591	7575	2030	35134	13269	148096	+ 2552	17789	- 61779	24166	130824	179227	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	-	-	219	-	-	194	-	-	413	677	4993	-	540	- 468	3770	8835	9925	SE
	8. Fernheizwerke	357	-	543	-	-	-	-	-	900	741	4651	-	-	-	-	4651	6292	FW
	9. Sekundäre Inputs (€1-8)	6702	9006	1690	406	19805	11591	9797	2364	61361	93864	222437	+ 1201	31745	- 70399	28636	213620	368845	
Primärenergieträger	10. Steinkohle	45830	-	3031	-	33799	-	-	2913	85573	-	6644	- 783	13956	- 7633	-	12184	97757	SK
	11. Rohbraunkohle	-	-	-	4648	27510	-	-	1	32159	-	513	- 12	5	- 618	-	- 112	32047	BK
	12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	167289	-	-	167289	-	-	+ 1234	-	-159110	146	-157730	9559	Eö
	13. Erdgas	776	-	37	-	10503	347	4	988	12655	-	23702	+ 144	140	- 16795	1058	8239	20894	Eg
	14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	3950	-	-	-	3950	-	-	-	-	- 3950	-	- 3950	-	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	-	-	-	-	1012	-	124	26	1162	-	615	-	-	-	-	615	1777	KIM
	16. Wasserkraft	-	-	-	-	4696	-	-	-	4696	-	-	-	-	-	-	-	4696	WK
	17. Primäre Inputs ( € 10 -16)	46006	-	3068	4648	81470	167636	128	3928	307484	-	31474	+ 573	14101	-188106	1204	-140754	166730	
18. Gesamter Input		53308	9006	4758	5054	101275	179227	9925	6292	368845	93864	253911	+ 1774	45846	-258305	29840	72866	535575	- 70 -

Tabelle A 5

## Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft in der BR Deutschland 1974

(1000 t SKE)

Input an  Output von		Umwandlungsverflechtung									Umwandlungs- verluste 10.	Endenergienachfrage						Gesamter Output € 9.10.16 17.	
		Z.u.H.- Kokereien, Ortsgasw. 1.	Hoch- öfen 2.	SK Brikett- fabrik 3.	BK Brikett- fabrik 4.	Kraft- werke 5.	Raffi- nerien 6.	Sonst. Energie- erzg. 7.	Fern- heiz- werke 8.	Zwischen- nachfrage € 1-8 9.		Inländischer Endenergie- verbrauch 11.	Bestands- änderung 12.	Ausfuhr 13.	Einfuhr 14.	Nicht- energet. Verbrauch 15.	Gesamte Endnachfr. € 11-15 16.		
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	3640	9486	139	-	1280	10	2277	356	17188	4263	24941	- 5284	13050	- 1288	750	32169	53620	Ks.G
	2. Hochöfen	729	-	5	-	2803	-	-	25	3562	1021	4903	-	-	-	-	4903	9486	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	10	-	10	-	7	-	-	-	27	2051	2146	- 2	256	- 15	-	2385	4463	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	1	-	-	84	669	-	-	-	754	421	4262	- 12	454	- 941	-	3763	4938	BK-B
	5. Kraftwerke	135	-	691	354	2627	636	10	-	4453	70818	31786	-	3351	- 5333	-	29804	105075	Str
	6. Raffinerien	1681	-	53	4	9138	11545	7128	1619	31168	13641	132948	3089	17570	- 54658	23047	121996	166805	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	18	-	217	-	-	-	-	-	235	172	4657	-	619	- 576	4466	9166	9573	SE
	8. Fernheizwerke	325	-	487	-	-	-	-	-	812	861	4376	-	-	-	-	4376	6049	FW
	9. Sekundäre Inputs (€1-8)	6539	9486	1602	442	16524	12191	9415	2000	58199	93248	210019	- 2209	35300	- 62811	28263	208562	360009	
Primärenergieträger	10. Steinkohle	46518	-	2823	-	32109	-	-	2834	84284	-	6929	- 5463	17574	- 6353	-	12687	96971	SK
	11. Rohbraunkohle	-	-	-	4496	29632	-	-	1	34129	-	525	+ 14	6	- 664	-	- 119	33903	BK
	12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	154178	-	-	154178	-	-	+ 2267	-	-147662	132	-145263	8915	Eö
	13. Erdgas	563	-	38	-	16052	436	24	1197	18310	-	25637	+ 167	167	- 23943	1216	3244	21554	Eg
	14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	4066	-	-	-	4066	-	-	-	-	- 4066	-	- 4066	-	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	-	-	-	-	1223	-	134	17	1374	-	486	-	-	-	-	486	1800	KIM
	16. Wasserkraft	-	-	-	-	5469	-	-	-	5469	-	-	-	-	-	-	-	5469	WK
	17. Primäre Inputs (€ 10-16)	47081	-	2861	4496	88551	154614	158	4049	301810	-	33577	- 3015	17747	-182688	1348	-133031	168779	
18. Gesamter Input		53620	9486	4463	4938	105075	166805	9573	6049	360009	93248	243596	- 5224	53047	-245499	29611	75531	528788	- 71

Tabelle A 6

## Aggregierte Input-Output-Tabelle der Energiewirtschaft in der BR Deutschland 1975

(1000 t SKE)

Input an  Output von		Umwandlungsverflechtung									Um- wand- lungs- verluste	Endenergienachfrage						Gesamter Output € 9.10.16	
		Z.u.H.- Kokereien, Ortsgasw.	Hoch- öfen	SK Brikett- fabrik	BK Brikett- fabrik	Kraft- werke	Raffi- nerien	Sonst. Energie- erzgr.	Fern- heiz- werke	Zwischen- nachfrage € 1-8		Inländischer Endenergie- verbrauch	Bestands- änderung	Ausfuhr	Einfuhr	Nicht- energet. Verbrauch	Gesamte Endnachfrage € 11-15		
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.		11.	12.	13.	14.	15.	16.		
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	3742	6846	111	-	1209	15	2258	404	14585	4666	19549	+ 6733	7454	- 1244	627	33119	52370	Ks+G
	2. Hochöfen	529	-	5	-	1953	-	-	20	2507	706	3633	-	-	-	-	3633	6846	Gg
	3. SK-Brikettfabriken	3	-	11	-	10	-	-	-	24	1855	1531	+ 37	257	- 4	-	1821	3700	SK-B
	4. BK-Brikettfabriken	-	-	-	41	641	-	-	-	682	377	3320	+ 8	330	- 761	-	3019	3956	BK-B
	5. Kraftwerke	132	-	755	350	2460	584	10	-	4291	67936	31118	-	3231	- 5818	-	28531	100758	Str
	6. Raffinerien	1469	-	51	2	9067	10313	6140	1637	28679	11649	133969	- 4041	12627	- 56458	18251	104348	144676	MP
	7. Sonstige Energieerzeuger	17	-	153	-	-	-	-	-	170	1385	3414	-	556	- 499	3536	7007	8562	SE
	8. Fernheizwerke	280	-	425	-	-	-	-	-	705	670	4515	-	-	-	-	4515	5890	FW
	9. Sekundäre Inputs (€1-8)	6172	6846	1511	393	15340	10912	8408	2061	51643	89244	201049	+ 2737	24455	- 64784	22414	185871	326758	
Primärenergieträger	10. Steinkohle	45761	-	2118	-	24444	-	-	2535	74858	-	5941	+ 5284	14625	- 6947	-	18903	93761	SK
	11. Rohbraunkohle	-	-	-	3563	29909	-	-	1	33473	-	464	+ 112	2	- 817	-	- 239	33234	BK
	12. Erdöl (roh)	-	-	-	-	-	133019	-	-	133019	-	-	+ 4762	20	-129636	102	-124752	8267	Eö
	13. Erdgas	437	-	71	-	17580	745	11	1280	20124	-	26100	+ 420	142	- 29049	974	- 1413	18711	Eg
	14. Kernbrennstoff	-	-	-	-	7061	-	-	-	7061	-	-	-	-	- 7061	-	- 7061	-	Kr
	15. Klärschlamm u. -gas, Müll, Brennholz	-	-	-	-	1233	-	143	13	1389	-	467	-	-	-	-	467	1856	KIM
	16. Wasserkraft	-	-	-	-	5191	-	-	-	5191	-	-	-	-	-	-	-	5191	WK
	17. Primäre Inputs (€10-16)	46198	-	2189	3563	85418	133764	154	3829	275115	-	32972	+ 10578	14789	-183510	1076	-114095	161020	
18. Gesamter Input		52370	6846	3700	3956	100758	144676	8562	5890	326758	89244	234021	+ 13315	39244	-238294	23490	71776	487778	

72



# Koeffizientenentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Umwandlungsbereich: 1. Z.- u. H.-Kokereien u. Gaswerke

[illegible]

# Koeffizientenentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Umwandlungsbereich: 2. Hochöfen

[illegible]

[illegible]

# Koeffizientenentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Umwandlungsbereich:

[illegible]

# Koeffizientenentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Umwandlungsbereich: 5. Kraftwerke

[illegible]

# Koeffizientenentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Umwandlungsbereich: 6. Raffinerien

[illegible]

[illegible]

# Koeffizientenentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Umwandlungsbereich: 8. Fernheizwerke

[illegible]



# Koeffizientenentwicklung

Umwandlungsverlustkoeffizient:  $1 - \eta$

		1970	1971	1972	1973	1974	1975	$\bar{\emptyset}$ 73-75
Sekundärenergieträger	1. Z.u.H.-Kokereien u. Ortsgaswerke	0,0981	0,1021	0,0942	0,1056	0,0795	0,0891	0,0914
	2. Hochöfen	0,1056	0,1023	0,1041	0,1274	0,1076	0,1031	0,1127
	3. SK-Brikettfabriken	0,3566	0,4950	0,4439	0,4874	0,4596	0,5014	0,4828
	4. BK-Brikettfabriken	0,0770	0,0710	0,0789	0,0869	0,0853	0,0953	0,0892
	5. Kraftwerke	0,6925	0,6840	0,6981	0,6877	0,6740	0,6742	0,6786
	6. Raffinerien	0,0797	0,0752	0,0731	0,0740	0,0818	0,0805	0,0788
	7. Sonstige Energieerzeuger	0,0601	0,1498	0,1287	0,0682	0,0180	0,1618	0,0827
	8. Fernheizwerke	0,1002	0,0999	0,1350	0,1178	0,1423	0,1138	0,1246