



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

**Programmgruppe Systemforschung
und Technologische Entwicklung**

Angewandte Systemanalyse

Nr. 4

**Einsatzmöglichkeiten und Einsatzbeispiele
der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen
unter besonderer Berücksichtigung ihres
Beitrages zur Strukturverbesserung**

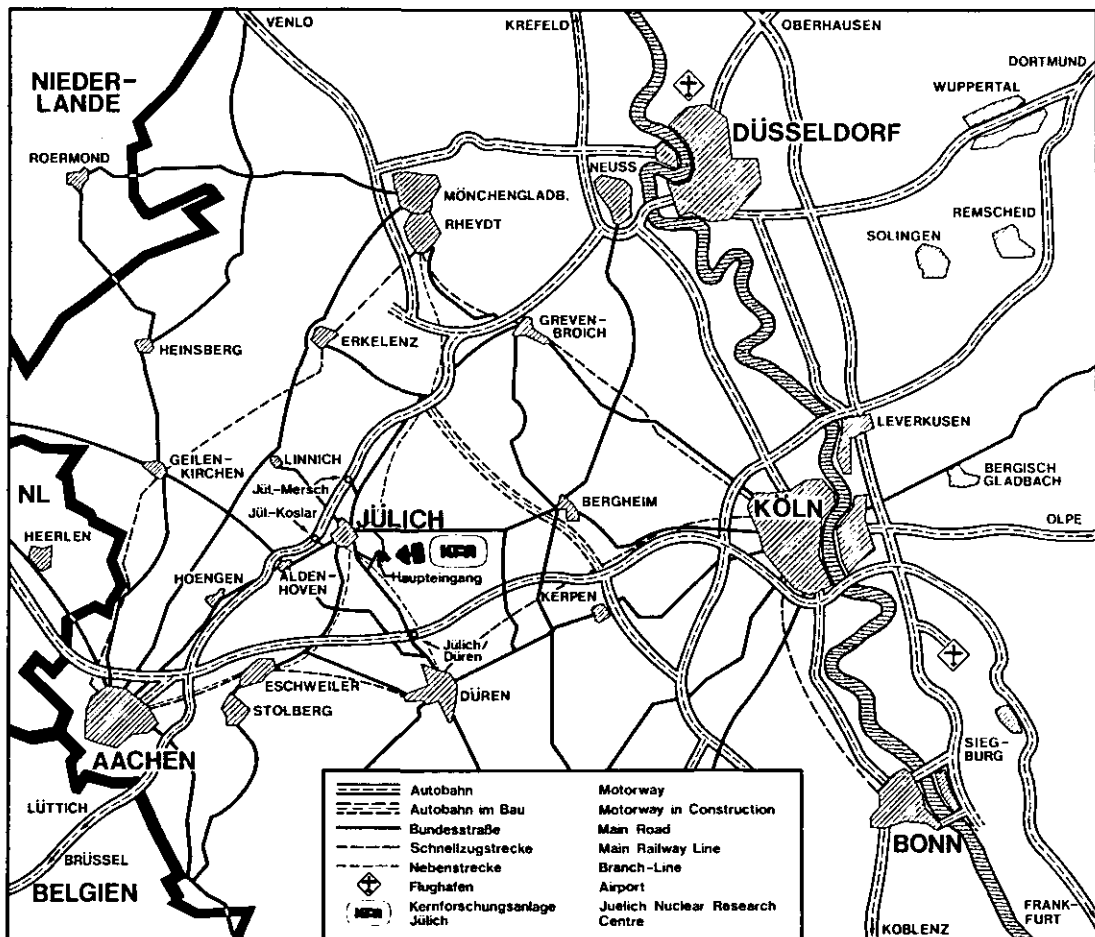
von

B. Jehle

Jül - Spez - 11

Juni 1978

ISSN 0343-7639



Als Manuskript gedruckt

Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr. 11

Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung Jül - Spez - 11

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH,
Jülich, Bundesrepublik Deutschland

Angewandte Systemanalyse
Nr. 4

**Einsatzmöglichkeiten und Einsatzbeispiele
der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen
unter besonderer Berücksichtigung ihres
Beitrages zur Strukturverbesserung**

von

B. Jehle

D 294 (Diss. Uni. Bochum)

Kurzfassung

Als Einsatzbeispiele der Kernenergie wurden alternative Potentiale zur Strombedarfsdeckung und Kohlevergasung in Nordrhein-Westfalen und spezielle Verwendungen in der Chemischen Industrie und der Eisen- und Stahlindustrie des Landes untersucht. Ihre Konsequenzen auf die Wettbewerbsfähigkeit und Standortwahl dieser Industrien und die Auswirkungen auf den Absatz des Steinkohlenbergbaus wurden quantifiziert. Neben diesen einzelwirtschaftlichen Wirkungen hängt die strukturpolitische Bedeutung des Kernenergieeinsatzes auch ab vom Wachstumsbeitrag und der Ausstrahlung einer Industrie auf die gesamte regionale Wirtschaft, die für die ausgewählten Wirtschaftszweige ebenfalls quantifiziert wurde. Die Chemische Industrie und der Montanbereich können noch über 30% der gesamten Beschäftigung Nordrhein-Westfalens in ihrer Entwicklung beeinflussen; energiewirtschaftliche Impulse für diese Industrien haben daher nicht unerhebliche strukturelle Wirkungen.

Abstract

As examples of the implementation of nuclear energy, the alternative potentials for meeting electricity demand and for coal gasification in Nordrhein-Westfalen have been studied, with particular applications in the chemical and iron and steel industries of this state. The effects on competitiveness and choice of sites for these industries and on hard coal production have been quantified. The political significance of implementing nuclear energy for improving the economic structure depends not only on these individual economic effects but also on the contribution to growth and the effects which spread from these industries throughout the whole regional economy, which have also been quantified. The development of the chemical, iron and steel and coal industries can affect over 30% of the entire labour force of Nordrhein-Westfalen; thus for these industries energy-economic forces have appreciable structural effects.

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	WIRTSCHAFTSSTRUKTURELLE SITUATION DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN	
2.1	Entwicklungsstand und Entwicklungsaussichten Nordrhein- Westfalens und des Ruhrgebietes	9
2.2	Bedeutung des Ruhrgebietes für die Entwicklung des Landes	14
2.3	Anteil der Basisbereiche und energieintensiven Wirtschafts- zweige innerhalb der Wirtschaftsstruktur des Ruhrgebietes und Nordrhein-Westfalens	18
2.4	Verschärfung der Strukturschwäche durch den Wandel auf den Energimärkten	22
3	ANSATZPUNKTE STRUKTURELLER WIRKUNGEN DES KERNENERGIE- EINSATZES IN NORDRHEIN-WESTFALEN	
3.1	Anwendungsbereiche der Kernenergie und Möglichkeiten der Energiekostensenkung	29
3.1.1	Anwendungsbereiche der Kernenergie und ihre Marktreife	29
3.1.2	Energiekostensenkung durch die Kernenergienutzung	33
3.1.2.1	Stromerzeugungskosten	35
3.1.2.2	Kosten des nuklear erzeugten Synthetischen Naturgases (SNG)	41
3.1.2.3	Kosten einer kombinierten Dampf- und Stromerzeugung	48
3.2	Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energiepreisveränderun- gen und ihre regionale Konsequenzen	52
3.2.1	Konsequenzen für die Bundesrepublik Deutschland	53
3.2.2	Konsequenzen für Nordrhein-Westfalen und das Ruhrgebiet	58
3.3	Wirkungen der Kernenergienutzung auf die Standortsituation ausgewählter Wirtschaftszweige in Nordrhein-Westfalen	60
3.3.1	Vergleich mit innereuropäischen Standorten	60
3.3.2	Vergleich mit Erdölförderländern	66
4	ERARBEITUNG VON KRITERIEN UND MASSGRÖSSEN EINER STRUKTURPOLITISCHEN BEWERTUNG	
4.1	Wirtschaftliches Wachstum als Beurteilungskriterium der Struk- turpolitik in zurückbleibenden Regionen	70
4.2	Regionalwirtschaftliche Impulse durch den Kernenergieeinsatz	76
4.2.1	Einfluß energiewirtschaftlicher Faktoren auf die Raumstruktur in der Vergangenheit	77
4.2.2	Mögliche Beziehungen zwischen den Energieimpulsen und der regionalen Sozialisproduktentwicklung	83
4.2.3	Entwicklungsimpulse durch die Kernenergienutzung	86

4.3	Empirisch erfaßbare Maßgrößen der regionalen Wachstumswirkungen relevanter Energieimpulse	89
4.3.1	Messung der einzelwirtschaftlichen Wirkungen	90
4.3.1.1	Einfluß globaler Energiepreisveränderungen auf die Wettbewerbsfähigkeit und Investitionsentscheidung energieintensiver Wirtschaftszweige	91
4.3.1.1.1	Definition und Bestimmungsfaktoren der Wettbewerbsfähigkeit	91
4.3.1.1.2	Einfluß von Energiepreisänderungen auf die Investitionsentscheidung	93
4.3.1.1.3	Energiekostenanteil als Maßgröße und dessen Voraussetzungen	96
4.3.1.2	Einfluß regionaler Energiepreinsnivellierungen auf die Standortwahl in energieintensiven Wirtschaftszweigen	97
4.3.1.2.1	Gewicht des Faktors Energie bei der Standortwahl	99
4.3.1.2.2	Entstehung regionaler Energiepreisunterschiede	104
4.3.1.2.3	Standortbezogene Kosten bzw. Rentabilität als Maßgröße	106
4.3.2	Messung der regionalwirtschaftlichen Wirkungen	107
4.3.2.1	Messung der Kapazitäts- und Einkommenseffekte von Investitionen in energieintensiven Wirtschaftszweigen	107
4.3.2.1.1	Umfang der regionalen Investition und Kapazität	107
4.3.2.1.2	Umfang des regionalen Einkommenseffektes	112
4.3.2.2	Erfassung möglicher Komplementäreffekte von energieintensiven Wirtschaftszweigen	116
4.3.2.2.1	Basis-Eigenschaft der Wirtschaftszweige	117
4.3.2.2.2	Motorische Eigenschaften der Wirtschaftszweige	118
5	EINSATZPOTENTIAL DER KERNENERGIE IN NORDRHEIN-WESTFALEN INSGESAMT UND EINSPARUNG REGIONALER PRODUKTIONSFAKTOREN	
5.1	Einsatzpotential	122
5.1.1	Möglichkeit einer langfristigen Energieversorgung	123
5.1.1.1	Gegenwärtige Energieversorgung des Landes	123
5.1.1.2	Entwicklung des Endenergiebedarfs bis zum Jahre 2000	125
5.1.1.3	Deckungsmöglichkeiten des künftigen Energiebedarfs	128
5.1.2	Einsatzpotential der Kernenergie zur Deckung des Strom- und Wärmebedarfs	132
5.1.2.1	Strombedarf	132
5.1.2.2	Wärmebedarf	137
5.2	Globale Faktoreinsparung durch den Kernenergieeinsatz	144
6	WIRKUNG DES KERNENERGIEEINSATZES IN RELEVANTEN WIRTSCHAFTSZWEIGEN	
6.1	Chemische Industrie	149
6.1.1	Darstellung der Energieversorgungssituation	149
6.1.2	Ableitung des Einsatzpotentials und der Kosteneinsparungen	152
6.1.2.1	Strom- und Prozeßwärmeversorgung chemischer Großkomplexe	153
6.1.2.2	Wärmeversorgung von Äthylen-Anlagen	160
6.1.2.3	Synthesegas-Herstellung zu Zwecken der Methanol- und Ammoniak-Synthese	165
6.1.2.4	Rohbenzin (Naphtha)-Bereitstellung	170
6.1.2.5	Fremdbezogener Strom	174
6.1.2.6	Gasversorgung	176
6.1.2.7	Summe der Potentiale und Kosteneinsparungen	180

	Seite
6.1.3	Standorteinflüsse durch den Kernenergieeinsatz 187
6.1.3.1	Zur Standort-Situation der Chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen 187
6.1.3.2	Standortfaktoren der Chemischen Industrie 188
6.1.3.3	Bewertung des Kernenergieeinsatzes 193
6.2	Eisen- und Stahlindustrie 198
6.2.1	Darstellung der Energieversorgungssituation 198
6.2.2	Darstellung alternativer Verfahren der Eisen- und Stahlerzeugung 204
6.2.3	Übersicht über die Einsatzbereiche der Kernenergie 208
6.2.4	Ableitung des Einsatzpotentials der Kernenergie und der Kosteneinsparungen 211
6.2.4.1	Bereitstellung von Reduktionsgas 211
6.2.4.2	Deckung des Strombedarfs 220
6.2.4.3	Deckung des Gasbedarfs 222
6.2.4.4	Summe der Potentiale und Einsparungen 224
6.2.5	Standorteinflüsse durch den Kernenergieeinsatz 228
6.2.5.1	Standortlage der Eisen- und Stahlindustrie in Nordrhein-Westfalen 228
6.2.5.2	Standortfaktoren der Eisen- und Stahl-Industrie 228
6.2.5.3	Bewertung des Kernenergieeinsatzes 234
6.3	Steinkohlenbergbau 239
6.3.1	Vorratslage und Reichweite der deutschen Steinkohle 240
6.3.2	Mittelfristige Entwicklung des Steinkohleeinsatzes in den traditionellen Einsatzgebieten 240
6.3.2.1	Entwicklung des Steinkohlemarktes im Ruhrgebiet bis 1985 240
6.3.2.2	Entwicklung der traditionellen Einsatzgebiete der Ruhrkohle 244
6.3.2.2.1	Eisenschaffende Industrie 244
6.3.2.2.2	Elektrizitätswirtschaft 247
6.3.2.2.3	Haushalte und Kleinverbraucher 248
6.3.3	Langfristige Entwicklung des Steinkohleeinsatzes in den tra- ditionellen Einsatzgebieten 249
6.3.3.1	Reduzierung des Ruhrkohleeinsatzes in den traditionellen Einsatzgebieten 249
6.3.3.2	Beibehaltung des Ruhrkohleeinsatzes in der Eisen- und Stahlindustrie und Elektrizitätswirtschaft 252
6.3.4	Alternative Absatzmöglichkeiten der Steinkohle durch nukleare Kohlevergasung 255
6.3.4.1	Einflußgrößen auf die nukleare Steinkohlevergasung 255
6.3.4.2	Absatz des Synthetischen Naturgases auf der Basis inlän- discher Braun- und Steinkohle 258
6.3.4.3	Absatz des Synthetischen Naturgases ausschließlich auf der Basis von Steinkohle 261
7	AUSSTRAHLUNG DER RELEVANTEN WIRTSCHAFTSZWEIGE AUF DIE GESAMTE WIRTSCHAFT DES RUHRGEBIETES UND NORDRHEIN-WESTFALENS UND BEWERTUNG DES KERNENERGIEEINSATZES
7.1	Funktion der energieintensiven Wirtschaftszweige für das regionale Wachstum 264
7.1.1	Wachstumsaussichten 267
7.1.2	Basiseigenschaften 272
7.1.3	Polarisationseigenschaften 278
7.1.4	Standorteignung

	Seite
7.2 Die Ausstrahlungskraft der relevanten Wirtschaftszweige	284
7.2.1 Montansektor (Bergbau und Eisen-Stahl)	286
7.2.2 Chemische Industrie	289
7.2.3 Energieintensive Industrien insgesamt	293
7.3 Strukturpolitische Bewertung des Kernenergieeinsatzes	296
7.3.1 Ziele einer regionalen Strukturpolitik für das Ruhrgebiet	296
7.3.2 Bedeutung des Kernenergieeinsatzes in der Chemischen Industrie	297
7.3.3 Bedeutung des Kernenergieeinsatzes in der Montanindustrie	301
8 ZUSAMMENFASSUNG UND ERGEBNISSE	303
Abbildungsverzeichnis	310
Tabellenverzeichnis	315
Abkürzungsverzeichnis	322
Literaturverzeichnis	324

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Die sich gegenwärtig mit den Verknappungs- und Verteuerungstendenzen für fossile Energieträger abzeichnenden Entwicklungen auf den Energiemärkten berühren nicht nur die energieverbrauchenden Volkswirtschaften als ganzes, sondern insbesondere diejenigen Regionen, die einen hohen Anteil energieintensiver Wirtschaftszweige besitzen. Die Region mit der höchsten Konzentration an energieintensiven Wirtschaftsbereichen in der Bundesrepublik Deutschland ist das Ruhrgebiet, das 23 % aller energieintensiven Wirtschaftszweige auf sich vereinigt.¹⁾ Als wichtigster Teilraum des Landes Nordrhein-Westfalen mit einem Anteil von ca. 30 % an den Gesamtbeschäftigten und dem Bruttoinlandprodukt bestimmt die Struktur und Entwicklung des Ruhrgebietes wesentlich die wirtschaftliche Entwicklung dieses Bundeslandes. Nordrhein-Westfalen selbst beherbergt fast 60 % aller energieintensiven Industriezweige, obwohl es nur zu 30 % zur gesamtindustriellen Beschäftigung des Bundesgebietes beiträgt.²⁾

Die Bedeutung energiewirtschaftlicher Veränderungen für Nordrhein-Westfalen zeigt sich auch daran, daß hier über 80 % der deutschen Stein- und Braunkohle gefördert werden und rund 35 % der Mineralölkapazitäten in Nordrhein-Westfalen stehen.³⁾ Die Elektrizitätswirtschaft des Landes ist mit über 50 % an der Stromerzeugung der Bundesrepublik Deutschland beteiligt.⁴⁾ In Nordrhein-Westfalen werden 40 bis 45 % des in der Bundesrepublik abgenommenen Stromes und rund 50 % des insgesamt dargebotenen Gases verwendet.

1) Quelle: LÖBBE, K.; KRUCK, R.: *Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet. Schriftenreihe des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung, N.F. Heft 37, Berlin 1976, Tab. 2.2, 2.3, S. 115f; zum Begriff der "energieintensiven" Wirtschaftszweige vgl. Abschnitt 3.2.1.*

2) Quelle: *Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1975.*

3) Vgl. *Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980. Untersuchung im Auftrag des Wirtschaftsministeriums von Nordrhein-Westfalen, Berlin, Dezember 1971, Tab. 19.*

4) *Die Elektrizitätswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975. Statistischer Jahresbericht des Referates Elektrizitätswirtschaft im Bundesministerium für Wirtschaft, 27. Bericht, in: Elektrizitätswirtschaft, 75. Jahrgang, Heft 25, November 1976.*

Energiewirtschaftliche Faktoren können demnach maßgeblich die wirtschaftliche Struktur und Entwicklung dieser Räume bestimmen, z.B. indem sie die Wettbewerbsfähigkeit der ansässigen Industrie aufgrund von Energiepreissteigerungen beeinflussen. Sie treten neben die generellen Ursachen des wirtschaftlichen Strukturwandels, wie z.B. den Änderungen der Bedürfnisstruktur, der Produktionstechnik oder der Standortbedingungen im wirtschaftlichen Entwicklungsprozeß, durch die gerade das Ruhrgebiet aufgrund seiner Grundstoffindustrien besonders betroffen wurde, wie die Stagnation des Steinkohlenbergbaus und die Entwicklungsschwäche der Eisen- und Stahlindustrie zeigen.

Darüber hinaus muß man berücksichtigen, daß die meisten energieintensiven Wirtschaftszweige zu den Basis- und Schlüsselbereichen des Ruhrgebietes zählen, die das Wachstum der gesamten regionalen Wirtschaft entscheidend beeinflussen. Eine Umstrukturierung dieser wirtschaftlichen Basis auf zukunftsorientierte Wirtschaftsbereiche ist aufgrund der Größe des Gebietes, des nur noch schwachen Beschäftigungswachstums der Industrie und des ungenügenden Anteils des Dienstleistungsbereiches schwer möglich. Für die sich nicht oder nur langfristig verändernde energieabhängige Wirtschaftsstruktur erhält daher die Qualität der Energieversorgung eine strukturpolitische Bedeutung.

Die langfristige Konzeption zur Strukturverbesserung des Ruhrgebietes wird heute nicht mehr in einer Neuansiedlung einer Vielzahl von Betrieben aus sogenannten "zukunftsbezogenen" Branchen gesehen, sondern im wesentlichen in der Umstellung des Produktionsprogramms der im Revier ansässigen Betriebe und der Neuansiedlung von Wirtschaftskomplexen beitragen.¹⁾

¹⁾ Vgl. zur Strukturpolitik für das Ruhrgebiet: LAMBERTS, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet - eine Zwischenbilanz. 1. Folge: Die Bedeutung des Montankomplexes für das Ruhrgebiet. "Mitteilungen des RWI, Jahrgang 23, 1972, S. 169 ff. 2. Folge: Beurteilung der Entwicklung und regionalpolitische Folgerungen für das Ruhrgebiet. "Mitteilungen des RWI", 24. Jahrgang 1973, S. 23 ff.

Die Idee der Komplexerhaltung bzw. Komplexerweiterung wird dabei als das dominierende Selektionskriterium der regionalen Strukturpolitik im Ruhrgebiet betrachtet:¹⁾

- weil gegebene Wirtschaftskomplexe sich auch über Jahrzehnte nicht auflösen lassen und "Schlüssel- oder Leit-Sektoren" ihre Funktion als Wachstumsträger für eine Vielzahl von Wirtschaftszweigen bewahren müssen,
- weil langfristig nur noch die interindustrielle bzw. intersektorielle Verflechtung ein komparativer Standortvorteil des Ruhrgebietes gegenüber anderen Regionen bieten kann.

Eine solche weitgehend auf die Erhaltung der gegebenen Strukturen zielende Politik für das Ruhrgebiet muß flankierende Maßnahmen vorsehen, die die Produktions- und Absatzgrundlagen der vorhandenen Industriezweige, insbesondere der Schlüsselindustrien, verbessern.

Ansatzpunkte im Bereich der Energiewirtschaft ergeben sich durch die Einführung langfristig kostengünstiger Energieträger wie die Kernenergie, mit deren Hilfe für mehrere der regionalen Basis- und Schlüsselbereiche eine wettbewerbsfähige Produktion und erweiterte Absatzmöglichkeiten geschaffen werden könnten. Zu nennen ist insbesondere die Verwendung der nuklearen Prozeßwärme zur Kohlevergasung und Kohleverflüssigung,²⁾ zur Einführung von Direktreduktionsverfahren in der Eisen- und Stahlindustrie³⁾ und zur Erzeugung chemischer Grundstoffe.⁴⁾

¹⁾ Vgl. auch HENNIES-RAUTENBERG, H.: Standorte und Verflechtung der Industriebetriebe im Ruhrgebiet - Konzept eines Forschungsvorhabens, in: Mitteilungen des RWI, 24. Jahrgang 1973, S. 256 f.

²⁾ Vgl. zur Verwendung der Kernenergie zur Kohlevergasung und Kohleverflüssigung; insbesondere: SCHULTEN, R.; KUGELER, K.: Ausblick auf zukünftige Anwendungen des Hochtemperaturreaktors, in: Energie und Technik, Februar 1970, S. 53 ff, und SCHULTEN, R.: Nukleare Prozeßwärme, in: Chemie-Ingenieur-Technik, 48. Jahrgang, 1976, Nr. 5, S. 375 ff.

³⁾ Vgl. zur Verwendung der Kernenergie in der Eisenschaffenden Industrie, z.B. WENZEL, W.: Verwendung der Kernenergie für hüttentechnische und chemische Prozesse, in: Technische Mitteilungen, 62. Jahrgang 1969, Nr. 12, S. 215 ff, und: BADDANDY, L., von: Entwicklungstendenzen in der Eisen- und Stahlindustrie. Stahl und Eisen 90, 1970, Nr. 21, S. 1146 ff.

⁴⁾ Vgl. zur Verwendung der Kernenergie in der Chemischen Industrie; ENGELHARDT, H.: Einsatzmöglichkeiten und Einsatzpotential von Hochtemperaturreaktoren in der Industriegruppe Chemie unter Berücksichtigung von technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-966-RG, Jülich, Juni 1973.

Ziel der Arbeit ist es daher, die These zu bestätigen, daß die Kernenergienutzung langfristig in erheblichem Maße zur Strukturverbesserung des Ruhrgebietes und damit auch Nordrhein-Westfalens beitragen kann.

Um diese Aufgabe lösen zu können, wurden die Wirkungszusammenhänge zwischen Energiewirtschaft und regionaler Wirtschaftsentwicklung in die Effekte unterschieden, die von der Energiewirtschaft auf die betroffenen Einzelwirtschaften ausgehen können, sowie in die Effekte, die von diesen Wirtschaftseinheiten auf andere oder alle anderen Wirtschaftseinheiten der Region ausstrahlen.

Im Hinblick auf die einzelwirtschaftlichen Effekte teilt sich die übergeordnete Zielsetzung in Abhängigkeit von den verschiedenen Möglichkeiten des Kernenergieeinsatzes in folgende Teilziele auf:

1. Bei der Verwendung der Kernenergie zur Kohlevergasung und Kohleverflüssigung stellt sich die Aufgabe, den zusätzlichen Absatz an Steinkohle in Abhängigkeit von der Kernenergienutzung zu ermitteln.
2. Bei der Verwendung der Kernenergie zur Verbesserung der Produktionsgrundlagen der Eisen- und Stahlindustrie stellt sich einmal die Aufgabe, die künftige Wirtschaftlichkeit von Direktreduktions/Elektroofen-Verfahren auf der Grundlage nuklear oder fossil erzeugtem Reduktionsgas gegenüber dem Hochofen/LD-Verfahren zu bestimmen. Zum anderen ist zu klären, ob die mit dem Kernenergieeinsatz verbundenen Produktionsumstellungen nicht auch Standortverlagerungen zur Folge haben können, da Kernreaktoren, insbesondere Hochtemperaturreaktoren, aufgrund ihrer Standortflexibilität auch an möglichen Konkurrenzstandorten zum Einsatz gelangen können.

3. Bei der Verwendung der Kernenergie zur Verbesserung der Produktionsgrundlagen der Chemischen Industrie sind verschiedene Einsatzgebiete zu unterscheiden. Einmal der Einsatz hochtemperaturiger nuklearer Wärme zur Erzeugung wichtiger Grundchemikalien und zum anderen die generelle Verwendung der Kernenergie zur Deckung des Strom- und Wärmebedarfs des Industriezweiges. Auch für diesen Industriezweig stellt sich die Aufgabe, die künftige Wirtschaftlichkeit alternativer Verfahren zur Erzeugung der Grundprodukte und den Einfluß der Kernenergienutzung auf den Standort dieser Produktionen zu untersuchen.
4. Die Verbesserung der Produktionsgrundlagen aller "energieintensiven" Wirtschaftszweige der Region durch die Kernenergieverwendung kann insbesondere in einer stabilisierenden Wirkung auf die Energiepreise liegen. Hier stellt sich demnach im wesentlichen die Aufgabe, die Entwicklung der Energiepreise für fossile Energieträger aufzuzeigen und die Einsparung an Energiekosten, die mit Hilfe der Kernenergienutzung bei den energieintensiven Prozessen möglich ist, zu ermitteln.

Der Argumentationszusammenhang der Zielsetzung und die Teilziele der einzelwirtschaftlichen Betrachtung sind in Abb. 1 schematisch dargestellt.

Die Konsequenzen des Kernenergieeinsatzes für die gesamte regionalwirtschaftliche Entwicklung hängt davon ab, welche Funktion die betroffenen Wirtschaftszweige im Rahmen des regionalen Wachstumsprozesses einnehmen. Diese Funktionen lassen sich in Anlehnung an die Exportbasis- und Wachstumspoltheorie¹⁾ durch verschiedene Merkmale beschreiben:

1) Vgl. zu diesen Theorien des regionalen Wachstums z.B.: FÜRST, D.; KLEMMER, P.; ZIMMERMANN, K.: *Regionale Wirtschaftspolitik*, Tübingen 1975, insbesondere S. 46 ff und S. 71 ff, und: KLEMMER, P.: *Die Theorie der Entwicklungspole, ein strategisches Konzept für die regionale Wirtschaftspolitik?* in: *Raumforschung und Raumordnung*, 30. Jahrgang 1972, Heft 3, S. 102 ff. Auf diese Theorien wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, da sie als bekannt vorausgesetzt werden können.

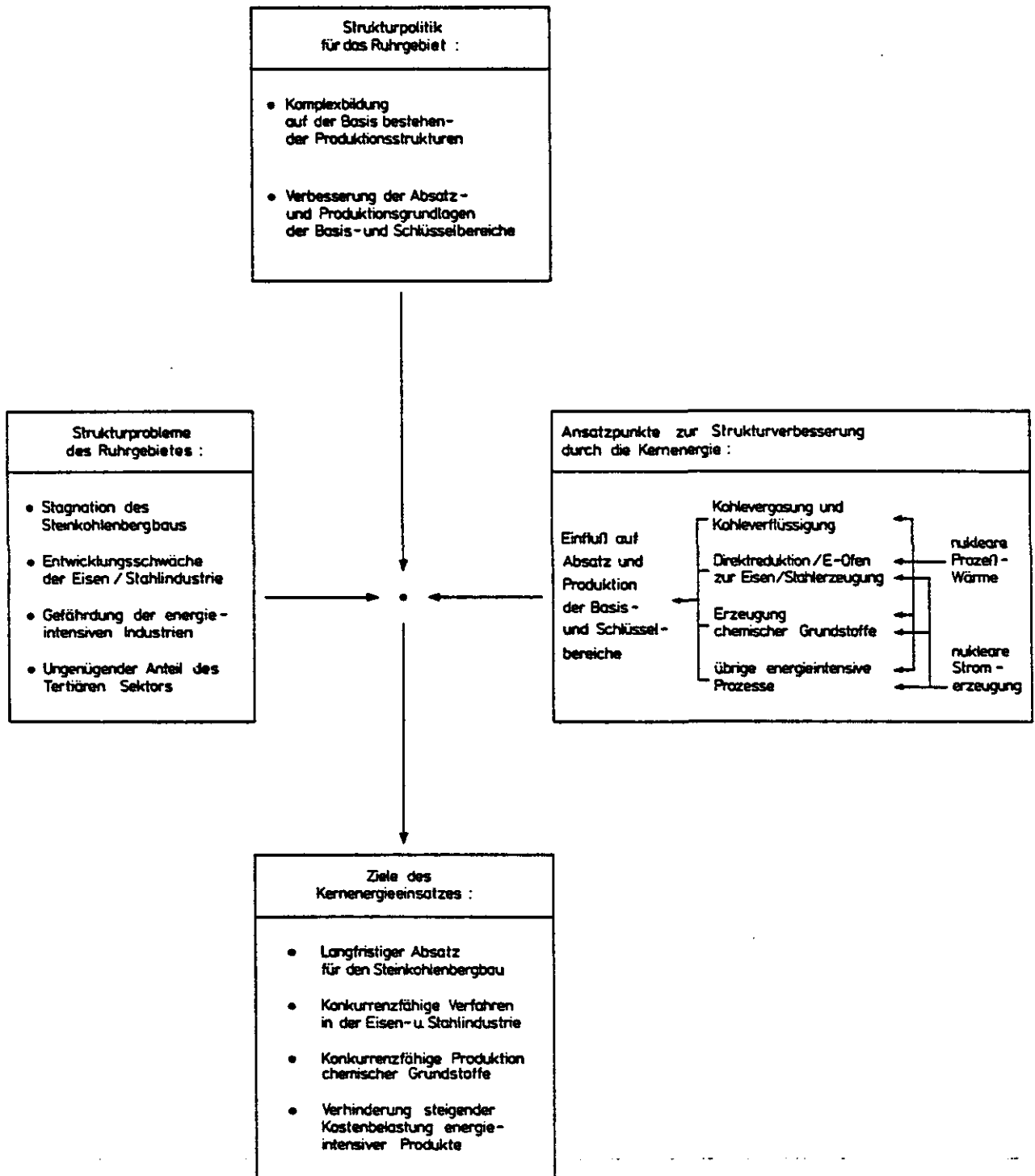


Abb. 1 : Ansatzpunkte und Ziele des Kernenergieeinsatzes zur Strukturverbesserung im Ruhrgebiet

- der Expansionskraft
- der Exportintensität
- der Intensität intersektoraler Verflechtung
- der Attraktionsfähigkeit auf weitere Wirtschaftszweige.

Für die Arbeit ergibt sich damit die Aufgabenstellung, die vom Kernenergieeinsatz besonders betroffenen Wirtschaftszweige des Ruhrgebietes im Hinblick auf ihre wachstumsbestimmenden Funktionen zu untersuchen. Der Aufgabenkomplex kann in mehrere Teilaufgaben untergliedert werden:

1. Untersuchung der Eigenschaften energieintensiver Wirtschaftszweige als "Wachstumsindustrien"
2. Erfassung derjenigen Sektoren, die einen wesentlichen Teil ihrer Produktion aus dem Ruhrgebiet exportieren, d.h. Identifizierung der "Basis-Bereiche"
3. Erfassung relevanter räumlicher Industrie-Komplexe, d.h. der Ballung von Industriezweigen, die mit den energieintensiven Wirtschaftszweigen im intensiven Leistungsaustausch stehen
4. Identifizierung der "Leit"- oder "Schlüssel"-Sektoren dieser Komplexe. Von Interesse ist die Frage, welche Rolle dem Bergbau, der Eisen- und Stahlindustrie und der Chemischen Industrie im Rahmen der Komplexbildung zukommt.
5. Analyse der Erweiterungsmöglichkeiten gegebener Industriekomplexe. Strukturpolitisch bedeutsam scheinen Angliederungsmöglichkeiten von Folgeindustrien an die Chemische Industrie zu sein. Hierbei muß auch die industrialisierungspolitische Eignung des Ruhrgebietes für diese Industriezweige bekannt sein.
6. Ermittlung der "Ausstrahlungskraft" der angesprochenen Industriekomplexe auf die gesamte regionale Wirtschaft anhand ausgewählter Kennziffern. Zur Diskussion stehen:

- der Steinkohlenbergbau und die Eisen- und Stahlindustrie mit ihren Verbund- und Folgebereichen (Montankomplex)
- die Chemische Grundstoffindustrie mit ihren Verbund- und Folgebereichen (Chemie-Komplex)
- alle "energieintensiven" Industriezweige mit ihren Verbund- und Folgebereichen (Komplex der energieintensiven Industriezweige).

2. Wirtschaftsstrukturelle Situation des Landes Nordrhein-Westfalen

Mit der Darstellung der wirtschaftlichen Situation und der Entwicklungsaussichten Nordrhein-Westfalens und des Ruhrgebietes sollen die Strukturprobleme dieser Gebiete und insbesondere das Gewicht der energieintensiven Wirtschaftszweige innerhalb der das Wachstum tragenden Bereiche aufgeführt werden. Es soll deutlich werden, daß energiewirtschaftliche Einflüsse in besonderem Maße das Ruhrgebiet treffen und aufgrund der Bedeutung des Ruhrgebietes für die Entwicklung Nordrhein-Westfalens auf das gesamte Bundesland wirken.

2.1 Entwicklungsstand und Entwicklungsaussichten

Die globalen Entwicklungsdaten in Tab. 1 machen deutlich, daß Nordrhein-Westfalen noch zu den Ländern der Bundesrepublik mit einem - leicht - überdurchschnittlichen Pro-Kopf-Einkommen¹⁾ gehört, daß aber die Entwicklung des Pro-Kopf-Einkommens und auch des gesamten Bruttoinlandsproduktes unterdurchschnittlich verlaufen ist.

Beim Vergleich der Wachstumsraten steht es an zweit- bzw. drittletzter Stelle aller Bundesländer vor den Stadtstaaten Hamburg und Bremen. Da das durchschnittliche Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt gegenwärtig fast erreicht ist, wird bei gleichbleibenden Wachstumsraten das Ziel der Beibehaltung des durchschnittlichen Einkommensniveaus bald gefährdet sein.

Das Ruhrgebiet hatte in dem betrachteten Zeitraum die geringste Wachstumsrate. Sein Pro-Kopf-Einkommen fiel gegenüber dem Bundesdurchschnitt um ca. 20 %.

¹⁾ Das Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt kann hier als Indikator für das Pro-Kopf-Einkommen dienen, da sich diese Größen weder in der Entwicklung (1960 bis 1970) noch im Hinblick auf ihre relative Position zum Bundesdurchschnitt wesentlich unterscheiden. Vgl.: *Gemeinschaftsveröffentlichung der Stat. Landesämter: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder, Heft 5, Entstehung, Verteilung und Verwendung des Sozialproduktes in den Ländern, Standardtabellen 1974, Gesamtherstellung: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart 1975.*

Bruttoinlandsprodukt in jeweiligen Preisen						
	insgesamt		je Kopf der Wirtschaftsbevölkerung			Jahresdurchschnittliche Veränderung 1957 - 1973 in vH
	Jahresdurchschnittliche Veränderung 1957 - 1973 in vH	Anteil am Bundesgebiet in vH	in vH des Bundesdurchschnitts		Jahresdurchschnittliche Veränderung 1957 - 1973 in vH	
			1957	1973		
Bundesgebiet ¹	+ 9,0	100,0	100,0	100,0	+ 8,1	
Schleswig-Holstein	+ 9,3	3,3	3,4	87,4	+ 8,6	
Hamburg	+ 8,1	5,4	4,8	147,0	+ 7,9	
Niedersachsen	+ 8,8	10,2	9,8	87,9	+ 8,3	
Bremen	+ 7,8	1,8	1,6	116,0	+ 7,1	
Hessen	+ 9,9	8,1	9,4	103,6	+ 8,6	
Rheinland-Pfalz	+ 9,6	5,1	5,6	97,4	+ 8,8	
Baden-Württemberg	+ 9,8	13,7	15,2	102,3	+ 8,1	
Bayern	+ 9,8	14,8	16,7	95,2	+ 8,5	
Saarland	.	1,8	1,6	83,9	.	
Berlin (West)	+ 8,5	3,9	3,7	108,8	+ 9,0	
Nordrhein-Westfalen	+ 8,2	31,9	28,3	101,6	+ 7,3	
NRW ohne Ruhrgebiet	+ 8,7	21,0	20,1	109,4	+ 7,5	
Ruhrgebiet (17+4)	+ 7,0	11,0	8,2	123,3	+ 7,0	

1) Einschl. Saarland und Berlin (West).

Quelle: Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Berlin, 1976, S. 112, Tab. 1.2

Tab. 1: Zur langfristigen Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in jeweiligen Preisen 1957 bis 1973

Die Ursachen sind z.T. in den Problembereichen Kohle, Stahl und Textil zu suchen. Einen wesentlichen Einfluß auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung hatten aber auch das im Vergleich zum Bundesdurchschnitt langsamere Wachstum des Baugewerbes und des gesamten verarbeitenden Gewerbes.¹⁾ Ihr Einfluß wurde noch verstärkt, weil Nordrhein-Westfalen mit 51 % einen höheren Anteil des produzierenden Gewerbes an den Gesamtbeschäftigten aufweist, als das Bundesgebiet mit 47 % (vgl. Abb. 2). Dieser Überhang wird erst im Jahre 2000 abgebaut sein.

Dieser gegenwärtige hohe Anteil des produzierenden Gewerbes an der Gesamtwirtschaft ist auch ein wichtiger Anhaltspunkt zur Beurteilung des künftigen Wachstums von Einkommen und Beschäftigung in Nordrhein-Westfalen. Solange der relative Überhang des produzierenden Gewerbes in Nordrhein-Westfalen gegenüber dem Bundesgebiet bleibt, ist nicht mit überproportionalen Wachstumsraten für Nordrhein-Westfalen zu rechnen. Zumal man davon ausgehen kann, daß der immer noch hohe Beitrag der Montanindustrie und der von ihr abhängigen Industrie zur gesamtindustriellen Wertschöpfung und Beschäftigung nur langsam abgebaut wird.

Gesamtwirtschaftlichen Strukturprognosen²⁾ zufolge wird es nur noch wenige Branchen mit positivem Beschäftigungswachstum geben: Maschinenbau, Elektrotechnik, Chemie und Kunststoffverarbeitung.³⁾ Ein starkes Produktionswachstum gibt es entweder nur

1) Vgl. Landesregierung Nordrhein-Westfalen, *Nordrhein-Westfalen-Programm* 1975. Düsseldorf 1970, S. 29.

2) Vgl. z.B. VÖGELE, H.: *Die Auswirkungen des gesamtwirtschaftlichen Strukturwandels auf die Nachfrage nach Arbeitskräften in den Bundesländern, eine Prognose der Wirtschaftsstruktur und des Arbeitsplätzeangebots bis 1985*. Kieler Diskussionsbeiträge Nr. 43, Institut für Weltwirtschaft, Kiel, November 1975, SCHNUR, P.: *Projektion des Arbeitskräftebedarfs für die Jahre 1980, 1985 und 1990, Modellrechnung nach 26 Wirtschaftszweigen*, in: *Mitteilungen aus der Arbeits- und Berufsforschung*, 7. Jg., 1974, Nr. 3, S. 251 bis 266. FELS, G.; SCHATZ, K.W.: *Sektorale Entwicklung und Wachstumsaussichten der westdeutschen Wirtschaft bis 1980*, in: *Weltwirtschaft*, Tübingen 1974, Heft 1, S. 52 bis 83; PROGNOSE AG: *prognos euroreport 1977, Annual Report on the Economic and Demographic Trend in the Industrial Countries of Western Europe and USA up to 1990*, Basel, November 1976; FLORE, C.: *Globale Arbeitsplatzentwicklung im Bundesgebiet bis 1990, Prognosen und Konsequenzen für die Raumordnung*, in: *Informationen zur Raumentwicklung*, Heft 1/2 1977, S. 39 ff.

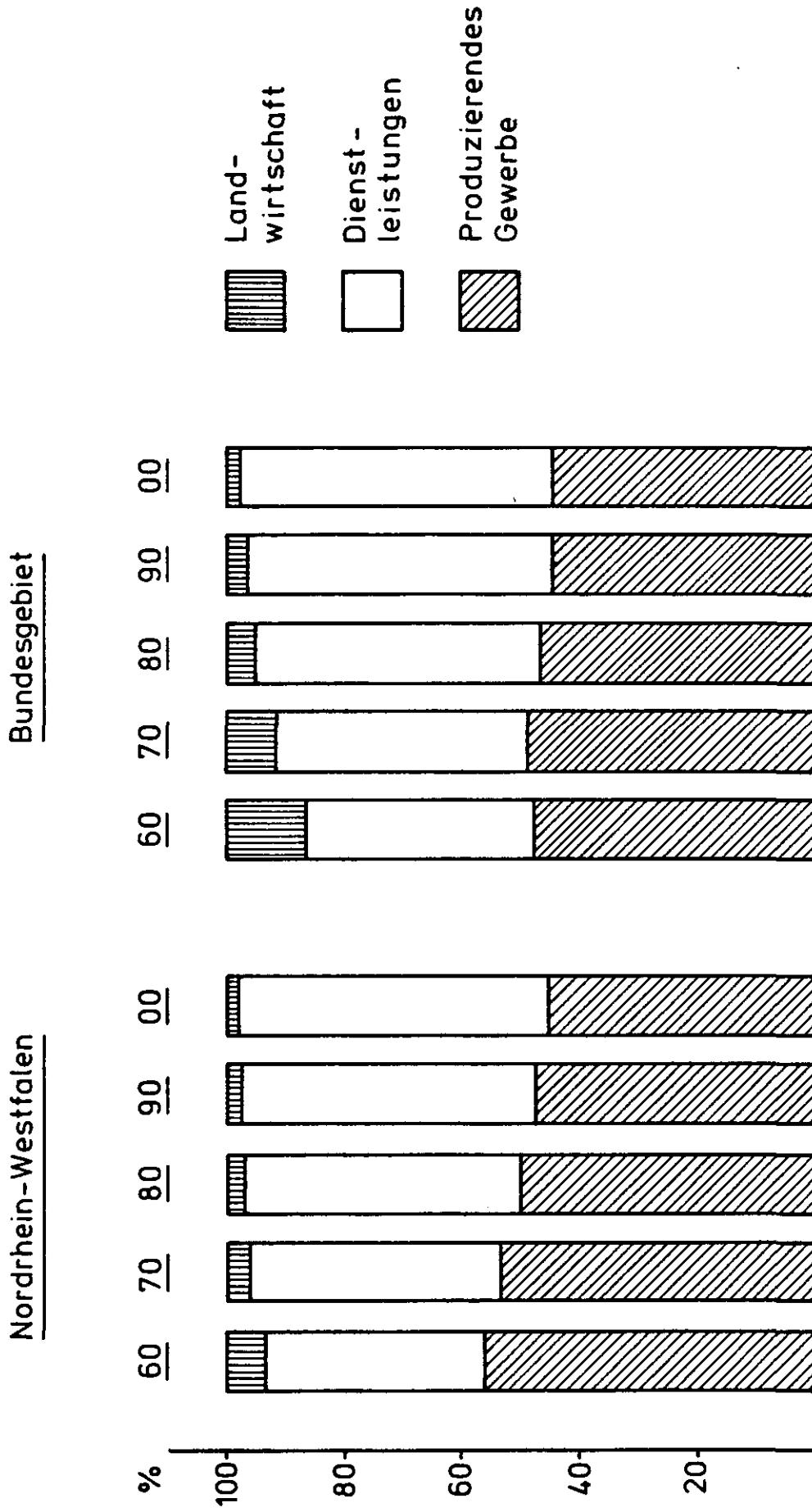


Abb. 2: Entwicklung der Anteile des primären, sekundären und tertiären Sektors in Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000 im Vergleich zum Bundesgebiet

noch in jenen Branchen, die Anlagen und Investitionsgüter erzeugen oder die forschungs- und entwicklungsintensive Konsum- und Investitionsgüter herstellen (Branchen mit hohen Wachstumsaussichten, wie z.B. Stahlbau, Maschinenbau, Elektrotechnik, Chemie u.a.).¹⁾ Ein geringeres Wachstum ist in den Branchen zu erwarten, die Rohstoffe verarbeiten (Branchen mit geringen Wachstumsaussichten, wie z.B. die Ziehereien und Kaltwalzwerke, NE-Metallindustrie, Papiererzeugung, Mineralöl, Steine und Erden u.a.) Bedroht sind jene Branchen, deren Produktion in bezug auf Fertigungstechnik und Transportkosten "verlagerungsfähig" sind oder die außenhandelsfähige dauerhafte Konsumgüter herstellen (langfristig gefährdete Branchen; Eisen und Stahl, Textil, Feinkeramik, Fahrzeugbau).²⁾ Die folgende Tabelle zeigt die nach diesen Kriterien untergliederten Branchen in Nordrhein-Westfalen und dem Bundesgebiet im Hinblick auf ihre Anteile an der Gesamtindustrie und ihre Zuwachsraten.³⁾

Da Nordrhein-Westfalen noch einen überwiegenden Teil der auch in Zukunft unterproportional wachsenden Industriezweige besitzt, kann das produzierende Gewerbe auch nicht die Rolle des Wachstumsführers im Hinblick auf die Einkommensentwicklung übernehmen, wie es in der Bundesrepublik Deutschland der Fall ist.

Fortsetzung von Seite 11

³⁾ *SCHRÖDER, D.: Künftige Entwicklung der Arbeitsplätze in der Bundesrepublik Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 4/5 1975, S. 247 ff und: HOFER, P.: Veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen als Vorgabe für die Raumordnungsprognose 1990, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 1/2 1977, S. 32.*

¹⁾ und Büromaschinen, Luftfahrzeuge, Feinmechanik, Kunststoffverarbeitung.

²⁾ zusätzlich: Kautschuk und Asbestindustrie, Säge- und Holzindustrie, Schiffbau, Stahlverformung, Glas-, Leder- und Bekleidungsindustrie, auch Bergbau

³⁾ die übrigen Branchen sind: EBM-Waren, Musik- und Spielwaren, Holzverarbeitung, Papierverarbeitung, Druckereien, Nahrungs- und Genußmittel.

	Nordrhein-Westfalen				Bundesgebiet			
	Beschäftigte		Nettoproduktion		Beschäftigte		Nettoproduktion	
	Anteil 75 %	Zuwachs 75/90 % p.a.	Anteil 75 %	Zuwachs 75/90 % p.a.	Anteil 75 %	Zuwachs 75/90 % p.a.	Anteil 75 %	Zuwachs 75/90 % p.a.
I. Branchen mit hohen Wachstumsaussichten	41	1,01	42	4,71	47	0,83	46	5,32
II. Branchen mit geringen Wachstumsaussichten	7	- 1,06	11	2,71	6	- 1,31	10	2,80
III. langfristig gefährdete Branchen	29	- 2,54	21	0,72	29	- 2,27	22	0,98
IV. übrige Branchen	23	- 0,47	26	4,19	18	- 0,59	22	-3,44
Industrie insgesamt	100	- 0,49	100	3,32	100	- 0,39	100	3,78

Quelle: prognos report Nr. 7, S. 130⁺ ff bzw. S 72⁺ ff

Tab. 2: Einteilung der Industriezweige Nordrhein-Westfalens nach ihren Wachstumsaussichten im Vergleich zum Bundesgebiet

2.2 Bedeutung des Ruhrgebiets für die Entwicklung des Landes

Die wirtschaftliche Entwicklung eines Großraumes erfolgt immer in räumlichen Schwerpunkten, da die Wirtschaftssubjekte bemüht sind, die verschiedenen Vorteile der Agglomeration zu nutzen. Solche Kristallisationskerne sind in Nordrhein-Westfalen der Aachener Raum, der Köln/Düsseldorfer Raum, der Raum um Bielefeld und als wichtigstes industrielles "Kraftfeld" das Ruhrgebiet. Seine Bedeutung für die Wirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen wird anhand einiger Kennzahlen aus der Tab. 3 sichtbar.

Danach trägt das Ruhrgebiet, mit einem Anteil von 10 % an der Fläche und von 28 % an der Bevölkerung des Landes Nordrhein-Westfalen, mit knapp 30 % zur wirtschaftlichen Leistung des Landes bei. Sein Gewicht an der Gesamtwirtschaft Nordrhein-Westfalens hat seit 1957 erheblich abgenommen: die Anteile an Nordrhein-Westfalen sanken von 33 bis 34 % auf 28 % für das Jahr 1973.

	Jahr	Einheit	BRD	NRW	Ruhrgebiet ¹⁾		
					absolut	Anteil BRD %	Anteil NRW %
Fläche	1974	10 ³ km ²	242,6	34	3,4	1,3	10
Bevölkerung	1961	Mio	56,2	15,9	4,7	8,3	30
	1973	"	61,9	17,2	4,9	7,9	28
BIP zu lfd. Preisen	1957	10 ⁹ DM	218,5	69,7	24,0	11	34
	1973	"	930,3	269,2	76,3	8	28
BIP / Einwohner	1957	10 ³ DM	4,3	4,9	5,0	123	114
	1973	"	15,0	15,4	15,6	104	101
Beschäftigte	1961	Mio	23,0	6,8	2,1	9,1	31
	1970	"	24,4	6,7	1,9	7,8	28
Industriebeschäft.	1957	Mio	7,5	2,8	0,96	12,8	34
	1973	"	8,5	2,6	0,72	8,6	28
Industrieumsatz	1957	10 ⁹ DM	206	81	27,0	13,1	33
	1973	"	740	230	63,5	9,5	28
energieintensive Ind.	1973	10 ⁶ Besch.	1,9	1,1	0,45	23	41
Montansektoren ²⁾	1957	10 ⁶ Besch.	1,4	1,0	0,68	47,5	68
	1973	"	0,9	0,6	0,33	36,9	55

1) In der Abgrenzung des Amtes für Datenverarbeitung und Statistik des Landes NRW

2) Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie, EST-Gießerei, Zieherei und Kaltw., Stahlverformung

Quellen:

- a) Stat. Jahrbücher der Bundesrepublik Deutschland 1973 bis 1976
- b) Stat. Jahrbücher des Landes Nordrhein-Westfalen 1973 bis 1975
- c) Beiträge zur Statistik des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 233, Die Eisen- und Stahlindustrie in Nordrhein-Westfalen 1968 bis 1966, Düsseldorf 1967
- d) Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Schriftenreihe des RWI, N.F. Heft 37, Berlin 1976
- e) Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Wirtschaftliche Entwicklung im Ruhrgebiet, Schriftenreihe des SVR, Heft 46, Essen 1974
- f) Prognos AG: Die Bundesrepublik Deutschland 1980, prognos report nr. 1, Basel Dez. 1965

Tab. 3: Kenndaten des Ruhrgebietes im Vergleich zu Nordrhein-Westfalen und Bundesrepublik Deutschland

Die für Nordrhein-Westfalen aufgezeigten strukturellen Gründe für die Wachstumsschwäche des Landes gegenüber anderen Bundesländern und dem Bundesgebiet insgesamt gelten in besonderem Maße für das Ruhrgebiet. Abb. 3 zeigt den noch hohen Anteil des verarbeitenden Gewerbes an der gesamten regionalen Wirtschaft.¹⁾ Tab. 4 verdeutlicht das Gewicht der stagnierenden und nur durchschnittlich wachsenden Industriezweige an der Gesamtindustrie. Aufgrund eines auch heute noch erheblichen Gewichtes an der nordrhein-westfälischen Produktion und Beschäftigung beeinflusst gerade die Strukturschwäche des Ruhrgebietes die gesamtwirtschaftliche Entwicklung des Landes, die von besser strukturierten Teilgebieten auch langfristig nicht ausgeglichen werden kann.

Um den Anschluß an die Einkommens- und Beschäftigungsentwicklung des Bundesgebietes und auch an die der anderen Regionen Nordrhein-Westfalens wieder zu gewinnen, müßte das Ruhrgebiet auf Produktionszweige umstrukturiert werden, die der Bedürfnisstruktur einer hochveredelten und hochspezialisierten Volkswirtschaft (z.B. nach elektronischen Geräten, Kunststoffprodukten) und dem Bedarf der Haushalte mit wachsendem Einkommen gerecht werden. Die Konzentration auf Grundstoff- und Produktionsgüterindustrien, d.h. auf Güter zur industriellen Grundausstattung - Kohle, Stahl, Industrieanlagen, Schwermaschinen, Verkehrseinrichtungen, Düngemittel als Beispiele - ist daher wesentliche Ursache der Strukturschwäche und des Entwicklungsrückstandes.²⁾ Die Bemühungen um eine solche Umstrukturierung in der Vergangenheit haben aber nicht den erhofften Erfolg gebracht, obwohl erhebliche Anstrengungen unternommen wurden und die infrastrukturellen Voraussetzungen in hohem Maße vorhanden waren. Die Gründe hierfür liegen in der gewandelten Bedeutung des Standortaspektes in der hochentwickelten Wirtschaft der Nachkriegszeit. Nicht mehr materielle und infrastrukturelle

¹⁾ Quelle: Siedlungsverband Ruhrkohlenrevier (Hrsg.): *Wirtschaftliche Entwicklung im Ruhrgebiet*, Schriftenreihe des SVR, Nr. 46, Essen 1974, Tab. 1, S.37.

²⁾ LAMBERTS, W.: *Der Strukturwandel im Ruhrgebiet - eine Zwischenbilanz*.
1. Folge: Die Bedeutung des Montankomplexes für die Ruhrwirtschaft, in: *Mitteilungen des RWI*, 23. Jahrgang 1972, S. 171.

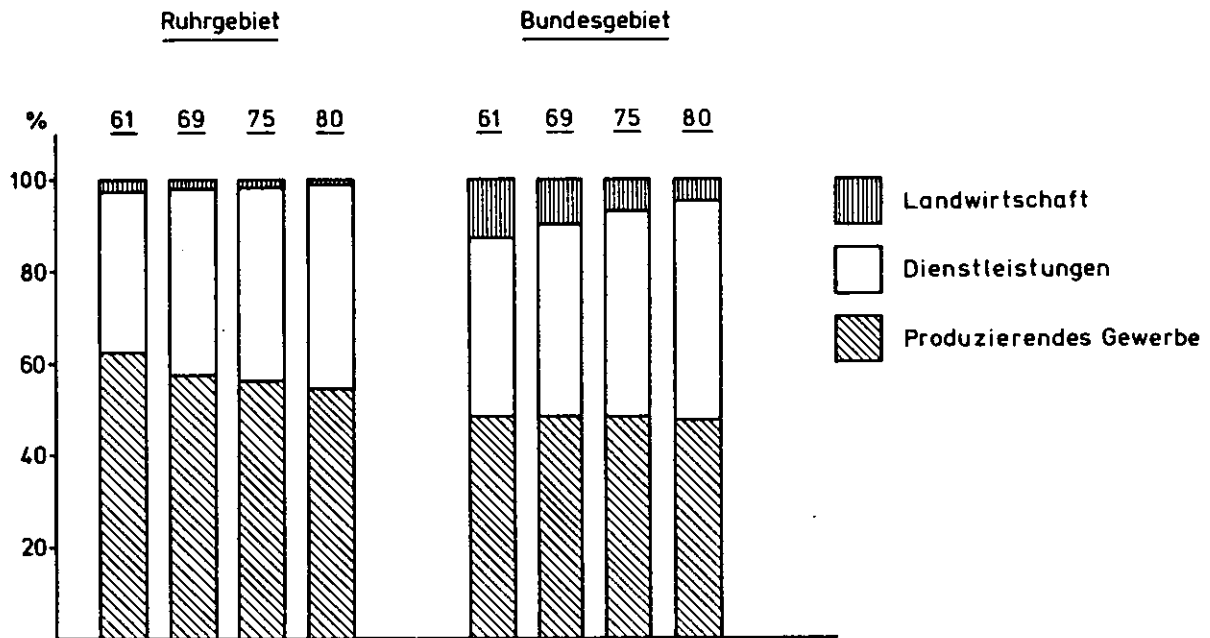


Abb. 3: Entwicklung der Anteile des primären, sekundären und tertiären Sektors im Ruhrgebiet bis 1980 im Vergleich zum Bundesgebiet

	Ruhrgebiet	Bundesgebiet
Expansions- ¹⁾ industrien	18,3	26,9
Wachstumsindustrien	50,3	53,0
Stagnationsindustrien	31,4	20,1
gesamte Industrie	100,0	100,0

¹⁾ geordnet nach der Entwicklung der Nettoproduktion von 1961 bis 1970¹⁾

Quelle: Löbbe, K.; Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Berlin 1976, Tab. 3.1.2, S. 137

Tab. 4: Einteilung der Industriezweige des Ruhrgebietes nach ihrer Wachstumsstärke im Vergleich zum Bundesgebiet (Anteile der Beschäftigten an den Industriebeschäftigten im Jahre 1970 in %)

¹⁾ Expansionsindustrien: Wachstumsrate 25 % über Durchschnitt
Stagnationsindustrien: Wachstumsrate 25 % unter Durchschnitt

Faktoren, sondern gesellschaftliche und politische Faktoren bestimmen zunehmend die räumliche Verteilung der Produktion.¹⁾ So gehören die "neuen" Produktionszweige überwiegend zu den "foodloose-industries", die außer Agglomerationsaspekte keine speziellen Standortanforderungen besitzen und sich teilweise nach den Wünschen der Arbeitskräfte richten können. Zum anderen bieten heute auch andere Agglomerationsräume in der Bundesrepublik Deutschland die Standortvorteile, die von diesen Industrien verlangt werden, so daß das Ruhrgebiet seine spezifischen Vorzüge verloren hat.

2.3 Anteil der Basisbereiche und der energieintensiven Industrien

Im Rahmen dieser Arbeit interessiert im besonderen die Stellung und Bedeutung der Basisbereiche, d.h. diejenigen Sektoren, die zu den Wachstumsträgern der regionalen Wirtschaft gehören und davon wiederum die der energieintensiven Industriezweige.²⁾

Zu den Basissektoren werden im allgemeinen die Landwirtschaft, die Industrie und die "fernorientierten" Dienstleistungsbereiche (Verkehr und Nachrichten, Gaststätten- und Beherbergungsgewerbe) gezählt.³⁾ Ihr Anteil an den Gesamtbeschäftigten beträgt im Bundesgebiet 52 % (1975), bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt 57 %, in Nordrhein-Westfalen 54 % (58 %) (Tab. 5).

Für das Ruhrgebiet betragen die Anteile der Basisbereiche 52 % beim Beschäftigtenindikator und 57 % beim Indikator BIP-Beitrag (Tab. 6).

¹⁾ JÜRGENSEN, H.: *Produktivitätsorientierte Regionalpolitik als Wachstumsstrategie Hamburgs. Weltwirtschaftliche Studien, Heft 8, Göttingen 1965, S. 65 ff.*

²⁾ Als "energieintensiv" werden alle Wirtschaftszweige bezeichnet, deren kumulativer Energiekostenanteil über 10 % liegt, vgl. Kap. 3.2.1.

³⁾ Vgl. FLORE, C.: *Zur Regionalisierung der Arbeitsplätze in der Raumordnungsprognose 1990, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 1/2 1977, S.70.*

	Nordrhein-Westfalen				Bundesgebiet			
	Beschäftigte		BIP-Beitrag ¹⁾		Beschäftigte		BIP-Beitrag ¹⁾	
	10 ⁶ Pers.	%	10 ⁹ DM	%	10 ⁶ Pers.	%	10 ⁹ DM	%
Landwirtschaft	0,23		5		1,88		24	
Bergbau	0,20		6		0,25		8	
Verarb. Gewerbe	2,75		78		9,85		271	
Verkehr u. Nachricht.	0,36		9		1,52		34	
Gastst. u. Beherberg.	0,16		2		0,68		5	
Basis-Bereiche	3,70	54	100	58	13,58	52	342	57
Nichtbasis-Bereiche	3,30	46	71	42	12,62	48	255	43
insgesamt	6,90	100	171	100	26,20	100	597	100

¹⁾ in Preisen von 1962

Quelle: Prognos AG: Die Bundesrepublik Deutschland 1980/1985/1990, prognos report Nr. 7, Basel 1976

Tab. 5 : Basis-Bereiche in Nordrhein-Westfalen und im Bundesgebiet, Jahr 1975

An diesen, das regionalwirtschaftliche Wachstum bestimmenden Wirtschaftsbereichen haben die energieintensiven Industrien einen erheblichen Anteil. Gemessen an den Beschäftigtenzahlen sind es in Nordrhein-Westfalen 36 %, gemessen am BIP-Beitrag 52 % (Verhältnisse von 1975). Der Anteil der energieintensiven Industrien an der Industrie und der Basisbeschäftigung wird bis 1990/2000 aufgrund ihres überproportionalen Produktivitätsfortschrittes auf 36 % der Industriebeschäftigten bzw. 29 % der Basisbeschäftigten absinken. Bei der Maßgröße Bruttoinlandsprodukt verändern sich die Anteile an der Industriepröduktion bzw. am Produktionsvolumen der Basisbereiche kaum, wie die Abb. 4¹⁾

¹⁾ Quelle: PROGNOSE AG: Prognosreport Nr. 7: Die Bundesrepublik Deutschland 1980/85/90, Band 1976, S. 130 f.

	Beschäftigte (1970)		BIP-Beitrag ¹⁾ (1973)		
	10 ³ Pers.	%	10 ⁹ DM	%	Anteil BRD
Landwirtschaft	5,9		0,1		
Bergbau	173,1		5,0		0,43
Verarbeit. Gewerbe	672,4		34,0		0,09
Verkehr u. Nachrichten	104,9		3,7		
Gaststätten u. Beherb. (2,5% der Gesamtbeschäft.)	22,0		0,4		
Basis-Bereiche	972,4	52	43,2	57	
Nichtbasis-Bereiche	901,0	48	33,1	43	
insgesamt	1873,4	100	76,3	100	0,08

¹⁾ zu laufenden Preisen

Quelle: Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Berlin 1976, Tab. 3.10, Tab. 2.4, Tab. 3.18
Prognos AG: prognos report Nr. 7, S. 84⁺ und S. 86⁺

Tab. 6: Anteil der Basisbereiche an der Gesamtwirtschaft im Ruhrgebiet

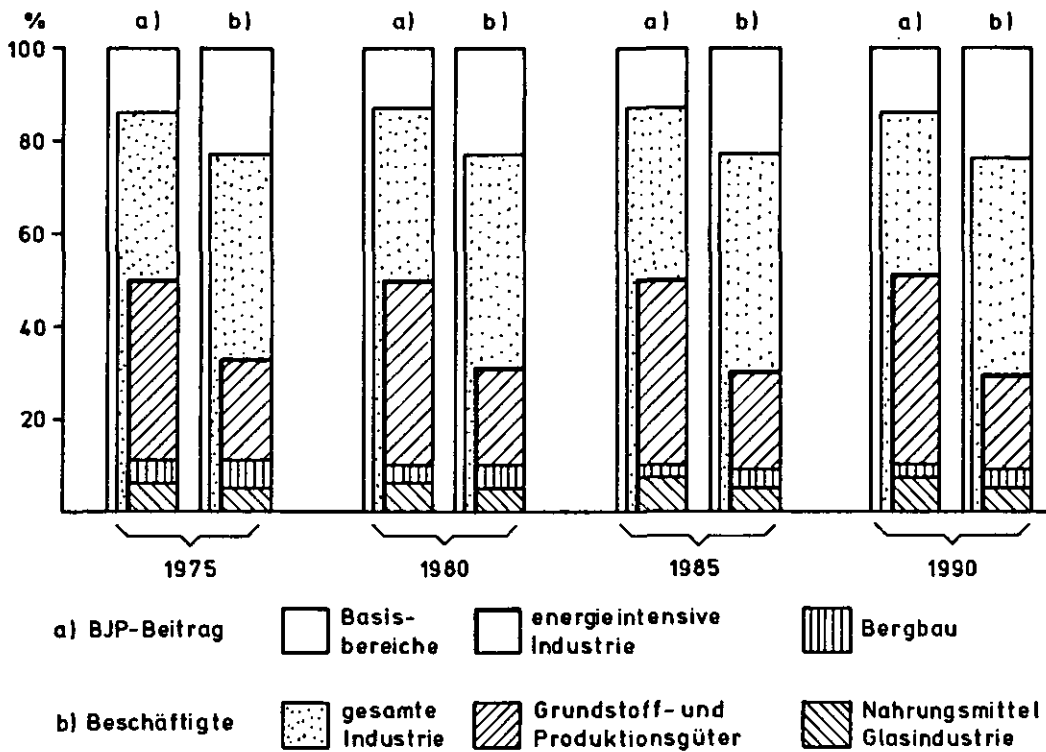


Abb. 4 : Strukturanteile der energieintensiven Industrie an der Industrie und den Basisbereichen von Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 1990

zeigt. Die Anteile für das Ruhrgebiet enthält Abb. 5¹⁾. Sie zeigt, daß die energieintensiven Industriezweige hier ein wesentlich höheres Gewicht besitzen als in Nordrhein-Westfalen.

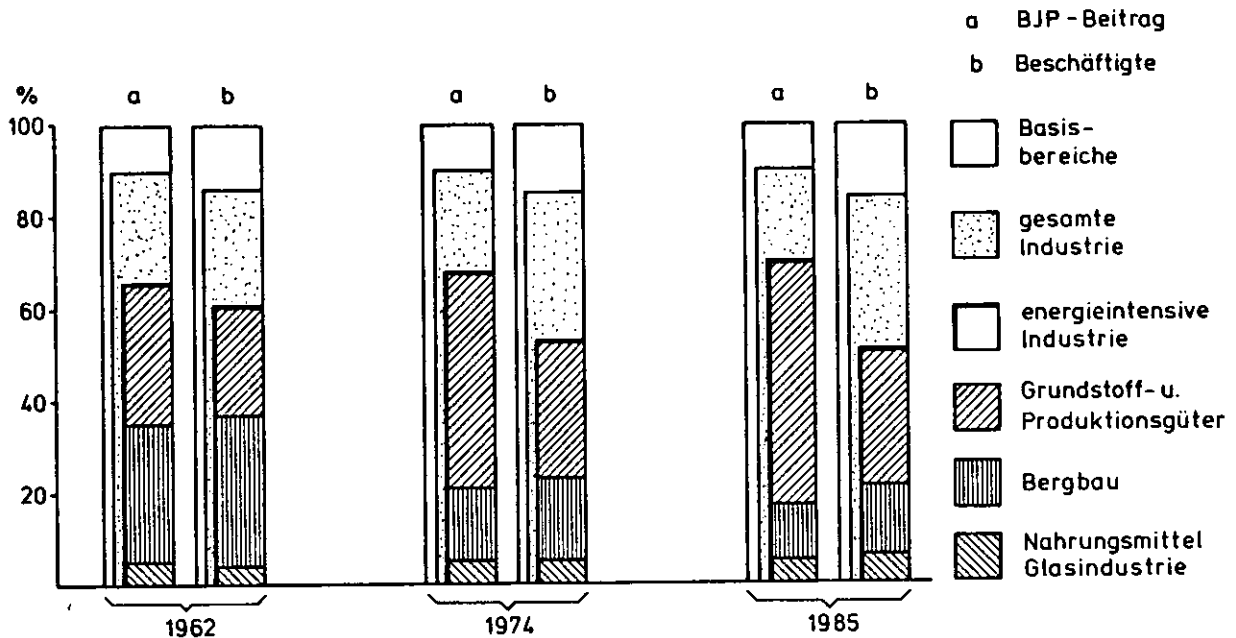


Abb. 5: Strukturanteile der energieintensiven Industrie an der Industrie und den Basisbereichen des Ruhrgebietes bis zum Jahre 1985

Die mit Hilfe der Nettoproduktion gemessenen Strukturanteile der energieintensiven Industrien an den gesamten Basisbereichen lassen darauf schließen, daß die Einkommensentwicklung des Landes Nordrhein-Westfalens und des Ruhrgebietes auch in Zukunft entscheidend von der Entwicklung der Wertschöpfung der energiereichen Industrien abhängt. Beim Ruhrgebiet zeigen sich sogar tendenziell steigende Anteile an den Nettoproduktionswerten der Basisbereiche.

¹⁾ Quelle: HENNIES-RAUTENBERG, H. u.a.: Die Auswirkungen bei der Förderung von Steinkohle auf die Ruhrwirtschaft, in: Mitteilungen des RWI, 29. Jg. 1976, Heft 4, Tab. 4, S. 306 und Tab. 5, S. 309.

2.4 Verschärfung der Strukturschwäche durch den Wandel auf den Energiemärkten

Die aufgezeigten Strukturprobleme des Ruhrgebietes und Nordrhein-Westfalens können aufgrund des hohen Anteils der energieintensiven Wirtschaftszweige durch die Veränderungen auf den Energiemärkten verschärft werden. Im folgenden soll auf die Situation und Entwicklungstendenzen der fossilen Energieträger und deren Konsequenzen für die genannten Gebiete eingegangen werden.

Situation und Entwicklungstendenzen bei den fossilen Energieträgern

Wesentliche energiewirtschaftliche Ursachen struktureller Wandlungen der Zukunft resultieren aus den wahrscheinlichen Erschöpfungstendenzen der fossilen Energieträger Erdöl und Erdgas zum Ende dieses oder Anfang des nächsten Jahrhunderts und den umweltschädigenden Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger vornehmlich in den Verdichtungsgebieten frei werden.

Die weltweite Entwicklung der Energiereserven und der Umweltverschmutzung ist insbesondere durch die Studie von Meadows ¹⁾ ins Bewußtsein der Öffentlichkeit gerückt worden. In dem von Meadows definierten Standardlauf seines Weltmodells führen die schwindenden Energiereserven zusammen mit anderen abnehmenden Rohstoffvorräten zum Zusammenbruch des industriellen Wachstums.²⁾ Durch die sich abzeichnenden Erschöpfungstendenzen wird ein Übergang auf weniger wirtschaftliche Lagerstätten notwendig, wodurch steigende Grenzkosten und bei einer unelastischen Nachfrage höhere Preise zu erwarten sind. Weiterhin ist es möglich,

¹⁾ Vgl. MEADOWS, D. et al.: *Die Grenzen des Wachstums, Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*, Stuttgart 1972.

²⁾ Vgl. MEADOWS, D. et al.: a.a.O., S. 113.

daß aufgrund kartellmäßiger Absprachen zwischen den Lieferstaaten¹⁾ und multinationalen Unternehmen nicht kostenorientierte Preissteigerungen durchgeführt werden. Zudem haben Modellrechnungen für den Fall von Mineralöl-Versorgungsengpässen gezeigt, daß diese zu Produktionseinschränkungen und Wachstumsverlusten bei dem Bruttoinlandsprodukt führen würden.²⁾

Auch dann, wenn man die Prognoseergebnisse, die eine Erschöpfung der fossilen Primärenergieträger voraussagen, aufgrund der unvollkommenen Information über die wirklichen Reserven, der technologischen Entwicklung und der sozio-ökonomischen Rückkopplungen in Frage stellt,³⁾ bleibt die nationale Primärenergieversorgung für einen Industriestaat mit nur geringen eigenen Energiereserven ebenso ein Problem⁴⁾ wie die fossilen Schadstoffemissionen, die je nach Konzentration und Synergiewirkung eine Gefährdung der Menschen, Tiere und Pflanzen sowie Beschädigung von Sachgütern darstellen können. Dieses Problem ergibt sich insbesondere durch die Konzentration verschiedener Emittenten in den Verdichtungsräumen industrialisierter Länder. Hier haben die Abgabe von schädlichen Emissionen wie SO_2 , NO_x und Stäuben in verschiedenen Gebieten ein Maß erreicht, das dem vorrangigen Gebot von Leben und Gesundheit des Menschen mit Sicherheit nicht gerecht wird.⁵⁾

1) Vgl. z.B. *Organisation for Economic Co-Operation and Development, Energy and Environment, Methods to Analyse the long-term Relationship*, Paris 1974. *Organisation for Economic Co-Operation and Development, Energy Prospects to 1985, An Assessment of Long Term Energy-Developments and Related Policies*, Vol. 1, Paris 1975.

2) Vgl. RATH-NAGEL, St.: *Alternative Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft in der BRD; Untersuchungen mit Hilfe eines Simulationsmodells*. KFA Jülich, Jül-1203, Jülich 1975, S. 130 ff.

3) Vgl. BECKERMANN, W.: *Naturwissenschaftler, Wirtschaftswissenschaftler und Umweltkatastrophe*. Kiel 1972.

4) Vgl. KEBSCHULL, D.; SCHOPP, H.G.: *Rohstoffsicherung und Entwicklungsländer*, in: *Wirtschaftsdienst*, 1974/II, S. 121. Vgl. WOHLGEMUTH, R.: *Die volkswirtschaftliche Beurteilung des Recycling am Beispiel der Abwärmenutzung für die Fernwärmeversorgung*, Schriftenreihe des Energiewirtschaftlichen Instituts, Bd. 19, München 1975, S. 11 ff.

5) SCHWARZ, K.: *Umweltbeeinflussung durch Energieanlagen*, a.a.O., S. 97

Konsequenzen der dargestellten Situation der Energiemärkte

Die angesprochene Ölkrise stellt sich demnach als eine drohende Versorgungskrise dar, die sich in hohen Ölpreisen niederschlägt und jederzeit aus politischen Gründen akut werden kann.²⁾ Eine ähnliche Lage zeigt sich nach Erschöpfen der deutschen Vorräte und Auslaufen der Verträge aus europäischen Bezugsquellen für Erdgas, da dann der wachsende Importanteil ebenfalls von OPEC-Ländern gedeckt werden wird.

Unterstellt man, daß die Wirtschaftspolitik der westlichen Länder die Entwicklung der Rohöl- und evtl. Erdgaspreise nicht durch preisregulierende Maßnahmen unterbindet, dann werden alle Energiepreise von dem hohen Ölpreis mitgezogen. Anfangs allerdings in unterschiedlichem Ausmaß und mit zeitlichen Verzögerungen, so daß sich die Energiepreisrelationen verschieben. Dadurch werden die teuren Energieträger zurückgedrängt und die - relativ - kostengünstig bereitzustellenden Primär- oder Sekundärenergieträger (wie Kohle, Synthesegas, Fernwärme u.a.)³⁾ gelangen verstärkt auf den Markt.

1) SCHWARZ, K.: Umweltbeeinflussung durch Energieanlagen, in: KÖNIG, Chr. (Hrsg.): Energie und Umwelt. Vorträge des Internationalen Kongresses Energie und Umwelt vom 8.2. - 10.2.1977 in Düsseldorf anlässlich der ENVITEC 77 Düsseldorf 1977, S. 65.

2) SCHNEIDER, H.K.: Anstöße zum wirtschaftlichen Strukturwandel durch die Ölkrise, in: ifo-Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.): Technischer Fortschritt - Ursache und Auswirkungen wirtschaftlichen Handelns, München 1975, S. 38.

3) Vgl. zu den möglichen Primär- und Sekundärenergieträgern der Zukunft: Bundesminister für Forschung und Technologie (Hrsg.): Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Programmstudie "Sekundärenergiesysteme" in 6 Teilen, Bonn 1975, und: Bundesminister für Forschung und Technologie (Hrsg.): Auf dem Wege zu neuen Energiesystemen, Programmstudie "Nichtnukleare Energieträger" in 6 Teilen, Bonn 1975.

Die vermutlich im Zeitraum 1985 bis 2000 für die Bundesrepublik Deutschland verfügbaren fossilen Substitutionsenergien liegen mit ihren gegenwärtigen Gewinnungskosten etwa um den Faktor 2 über den Marktpreisen der heute eingesetzten Energieträger.¹⁾

Die Fernverteilungskosten zur Bedienung aller Städte über 40.000 Einwohner mit Fernwärme mittels einer "Bundesschiene" zeigen darüberhinaus, daß sich die Heizkosten dadurch mehr als verdreifachen würden.²⁾

Die hier angegebenen "Grenzkosten des langfristigen Energie-trägerangebots" lassen demnach die Annahme zu, daß allein schon von der Kostenseite mit einer Verdoppelung des - realen - Energiepreises bis zur Jahrhundertwende gerechnet werden muß. Hinzu können noch Einflüsse von der Nachfrageseite und durch Monopolbildung treten, die den Marktpreis über den Kostenpreis steigen lassen.

"Energieintensive" Industrien werden von diesen Preissteigerungen direkt und indirekt betroffen:

- durch den Einsatz von Energieträgern als Hilfs- und evtl. Rohstoffen im Produktionsprozeß entstehen - direkte - Energiekosten, die sich in Relation zur Preissteigerung erhöhen können;
- durch den Verzehr weiterer Vorleistungen entstehen - indirekte - Energiekosten, da Energie auch zur Herstellung dieser Leistungen aufgewendet wurde. Preissteigerungen für Energieträger können in den Preisen der Vorleistungen enthalten sein und wirken so zusätzlich auf die Gesamtkosten des verbrauchenden Wirtschaftszweiges.

1) Vgl. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: *Die künftige Entwicklung der Energienachfrage und deren Deckung, Perspektiven bis zum Jahre 2000, Abschnitt III, Das Angebot von Energie-Rohstoffen, Hannover 1976, S. 20 ff und auch Abschnitt 3.2, Tab. 11.*

2) Vgl. WINKENS, H.P. u.a.: *Die wirtschaftlichen und technischen Ausbaumöglichkeiten der Fernwärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, in: Fernwärme International, Jg. 5, 1976, Heft 5, S. 146.*

Energieträger	Gewinnungskosten bzw. Marktpreise in üblichen Einheiten	Umrechnung in DM/t SKE	Quelle
Ölvorräte in Nicht-OPEC-Ländern	weit über 7 \$/bbl Offshore heute: bis 7 \$/bbl	92	a, 1)
Erdgas aus Iran, UdSSR, Algerien	35-40 DM/Gcal Sondenpreis: 22 DM/Gcal	245-280	b,
Schieferöl aus USA	10-14 \$/bbl konkurrenzfähig bei Ölpreis von 12-20 \$/bbl	158-264	a, 2)
Ölsande Kanada	über 7 \$/bbl konkurrenzfähig bei Ölpreis von 8,5-12 \$/bbl	112-158	a, 2)
SNG aus dt. Steinkohle	62 DM/Gcal Steinkohlepreis: 21 DM/Gcal	434	c,
Benzin aus dt. Braunkohle (Fischer-Tropsch-Verf.)	500 DM/t, Braunkohlepreis: 5 DM/Gcal	324	d,
Benzin aus dt. Steinkohle (H-Coal-Verfahren)	650 DM/t Steinkohlepreis: 21 DM/Gcal	445	e,
Benzin aus dt. Steinkohle (Fischer-Tropsch-Verf.)	850 DM/t Steinkohlepreis: 21 DM/Gcal	582	e,
Fernwärme mit - regionales Verbundnetz - "Bundeschiene"	Spez. Fernverteilungskosten: - für Ballungsgebiete 1,8 DM/GJ - für übrige Städte 41 DM/GJ - insgesamt 15 DM/GJ	50 1148 420	f,
Gegenwärtiger Energiepreis:	Import-Öl 200 DM/t Import-Erdgas 22 DM/Gcal dt. Steinkohle 150 DM/t Benzin ohne Steuern 360 DM/t Heizkosten: 60 DM/Gcal	139 154 154 246 420	

Quellen:

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Die künftige Entwicklung der Energienachfrage und deren Deckung, Perspektiven bis zum Jahr 2000, Hannover 1976, S. 17
- Schilling, P., u.a.: Kostenabschätzungen über zukünftige Versorgungsmöglichkeiten der Bundesrepublik mit Importerdgas, Bericht des Steinkohlenbergbauvereins, Essen 1976, S. 12 ff.
- Bergbau-Forschung GmbH, u.a.: Prototyp nukleare Prozeßwärme, Statusbericht, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie zur nuklearen Kohlevergasung, Dez. 1976, S. 41
- Union Rheinische Braunkohlen Kraftstoff AG: Erzeugung von vornehmlich petrochemischen Roh- und Grundstoffen nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren, Wesseling, Jan. 1976, S. 275
- Eickhoff, G., Kugeler, K.: Kohlenwasserstoff-Synthese unter Einsatz von Kohle und Nuklearer Prozeßwärme, in: Erdöl und Kohle, Bd. 28, Heft 8, August 1975, S. 378
- Fichtner, GmbH: Kurzfassung der Studie "Technologien zur Einsparung von Energie", im Auftrag BMFT, Stuttgart, September 1976, S. 128

Tab. 7: Kosten der langfristig verfügbaren fossilen Energieträger

Für Industriezweige mit hohem kumulierten Energiekostenanteil (z.B. mindestens 10 %) können Energiepreissteigerungen eine Einschränkung ihrer "Wettbewerbsfähigkeit" hervorrufen. Ohne hier auf den Begriff der "Wettbewerbsfähigkeit" einzugehen und auf die Bedingungen, die zu einer Verringerung der Wettbewerbsfähigkeit als Folge von Faktorpreissteigerungen führen können,¹⁾ kann im Falle hoher Energiepreissteigerungen in Abhängigkeit von den Entwicklungsaussichten des betroffenen Wirtschaftszweiges mit folgenden Konsequenzen gerechnet werden:

1. einer verringerten Wachstumsrate des Absatzes und der Produktion, falls der Wirtschaftszweig selbst noch Wachstumsaussicht besitzt. Sinkt die Produktionswachstumsrate unter die Zuwachsrate der Produktivität, sind zudem noch Arbeitskräftefreisetzungen zu erwarten;
2. einer Stagnation oder Schrumpfung der Produktion bei ohnehin gegebener Wachstumsschwäche und verstärkter Arbeitskräftefreisetzung, da nicht anzunehmen ist, daß die Produktivitätsentwicklung ebenfalls stagniert.

Für Gebiete mit hohem Anteil an energieintensiven Wirtschaftszweigen, wie z.B. das Ruhrgebiet, können starke Energiepreissteigerungen demnach zusätzliche Strukturprobleme mit sich bringen,²⁾ insbesondere dann, wenn von den energieintensiven Industriezweigen zusätzlich durch hohe Verflechtung, räumliche Anziehung u.a. eine starke Ausstrahlung auf die gesamte Produktion bzw. Beschäftigung der Regionen ausgeht.

¹⁾ Vgl. Abschnitt 4.3.2.1.

²⁾ Vgl. auch: WAGNER, G.: Auswirkungen der Energie- und Mineralölverknappung auf die Entwicklung der Produktions- und Standortstruktur, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 3, 1974, S. 83 ff.

3. Ansatzpunkte struktureller Wirkungen des Kernenergieeinsatzes

Jedem Energieträger oder jeder Energietechnik, die zur Verbesserung der Produktionsgrundlagen der energieintensiven Industriezweige, zur Absatzsicherung der Steinkohle oder zur Reduzierung der Immissionswerte im Ruhrgebiet beitragen, kommt neben ihrer energiepolitischen und damit gesamtwirtschaftspolitischen Funktion auch eine regional- und strukturpolitische Bedeutung zu. Gegenstand dieser Arbeit ist die Kernenergie in ihren verschiedenen Einsatzformen. In diesem Abschnitt werden zuerst die Ansatzpunkte der Kernenergienutzung beschrieben, die zu einer Strukturverbesserung führen können. Relevant sind die vielseitigen Anwendungsbereiche der Kernenergie, z.B. auch für die Wärmebedarfsdeckung und die Kosten der Energiebereitstellung im Vergleich zu den Kosten bei Verwendung alternativer Energieträger. Anschließend wird auf die strukturellen Konsequenzen von Energiepreisveränderungen und auf den Einfluß der Kernenergienutzung auf die Standortssituation Nordrhein-Westfalens eingegangen.

3.1 Anwendungsbereiche der Kernenergie und Möglichkeiten der Energiekostensenkung

3.1.1 Anwendungsbereiche der Kernenergie und deren Marktreife

Die Umwandlung der Wärme aus Kernreaktoren in mechanische Energie und dann in Elektrizität ist derzeit der einzige Weg der großtechnischen Nutzung der Kernenergie.¹⁾ Von untergeordneter Bedeutung ist derzeit noch die Abwärmenutzung aus Leichtwasserreaktoren zur Fernwärmeerzeugung durch die Verwendung der Wärme-Kraft-Kopplung.

¹⁾ Vgl. MORANVILLE, C.; PATARIN, L.; RASTOIN, J.: Industrielle Anwendungsmöglichkeiten für Kernenergie zu nicht ausschließlich elektrizitätserzeugenden Zwecken, in: Konferenzbericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-Conf-23, Jülich 1976.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Bedarf an Wärme weitaus größer ist als der Bedarf an Licht und mechanischer Arbeit. Derzeit werden ca. 70 % der Endenergie in Form von Wärme und ca. 30 % in Form von Licht und mechanischer Arbeit, also den überwiegenden Verwendungsbereichen der Elektrizität, benötigt.¹⁾ Hinzu kommt, daß die Elektrizität nur zu ca. 13 % zur Deckung des Endenergiebedarfs beiträgt.²⁾

Mit der Entwicklung von Hochtemperaturreaktoren wird der Kernenergie ein weiteres Nutzungspotential erschlossen, das von den heute in Betrieb befindlichen Leichtwasserreaktoren nicht erreicht werden kann. Wichtigstes Kriterium für die Erweiterung des Kernenergie-Einsatzpotentials ist das höhere nutzbare Temperaturniveau des Hochtemperaturreaktors, das heute, gemessen an den Austrittstemperaturen des Kühlgases, bei ca. 1000 °C liegt und später ca. 1200 °C erreichen soll.³⁾ Damit ist es möglich, hochtemperaturige Prozesse direkt mit Kernwärme zu versorgen oder durch Vergasung und Spaltung fossiler Brennstoffe (Kohle, Heizöl oder Erdgas) die Kernenergie in speicherfähigere und leicht handhabbarere Sekundärenergieformen (synthetisches Erdgas, Synthesegas oder Wasserstoff), die auch Rohstoffeigenschaften besitzen, einzukoppeln und damit allen Energieverbrauchern verfügbar zu machen.

Abb. 6 zeigt die möglichen Anwendungsbereiche der Prozeßwärme aus dem Hochtemperaturreaktor und die vielschichtige Verwendung

-
- 1) Vgl. Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): *Energiequellen für morgen? Nichtfossile-nichtnukleare Primärenergiequellen, Teil I, zukünftige Energiebedarfsdeckung und die Bedeutung der nichtfossilen und nichtnuklearen Primärenergiequellen*, Frankfurt 1976, Abb. 13, S. 16.
- 2) *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland 1975*, Düsseldorf 1976.
- 3) Vgl. z.B. SCHULTEN, R.: *Nukleare Prozeßwärme*, in: *Chemie-Ingenieur-Technik*, 48. Jg., 1976, Nr. 5, S. 375 - 380.

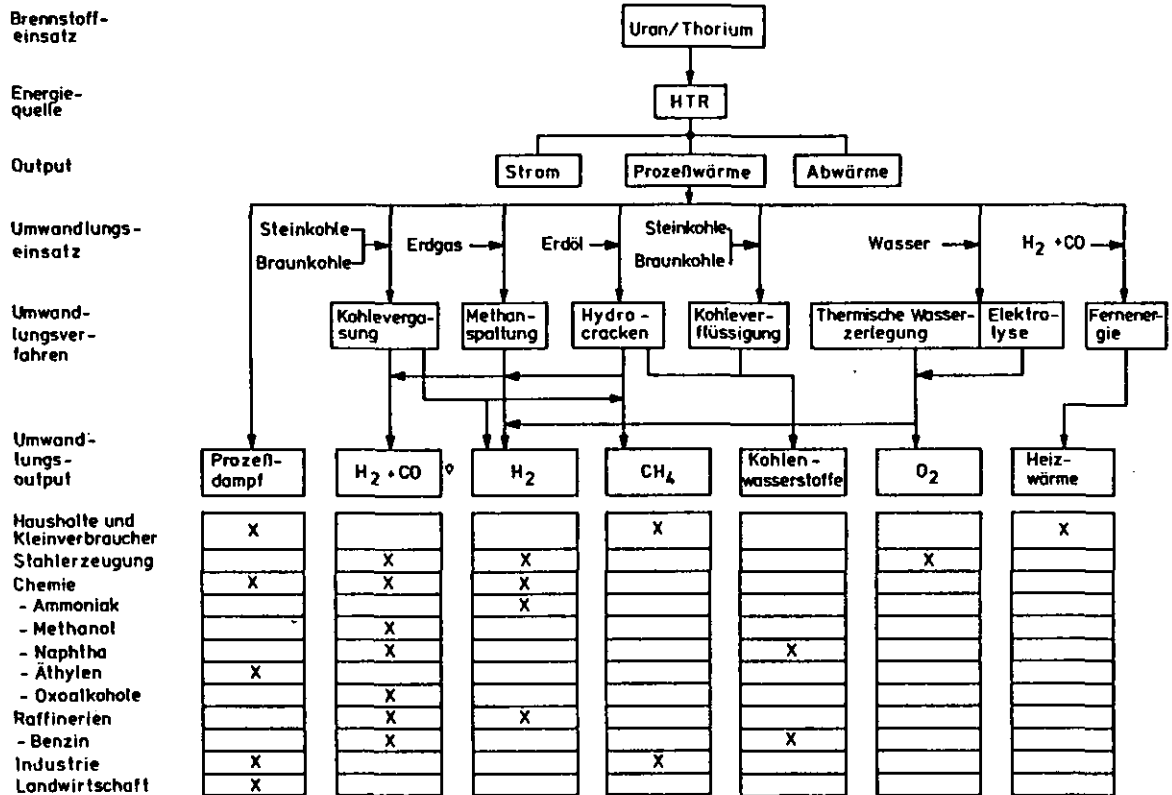


Abb. 6: Anwendungsbereiche der Prozeßwärme aus dem Hochtemperaturreaktor

der umgewandelten Energie- oder Rohstoffträger.¹⁾ Die Verfahren der Wasserzerlegung und der Fernenergie werden erst nach 2000 von Bedeutung sein. Die Veredelungsverfahren fossiler Rohstoffe (Kohlevergasung, Methanspaltung, Hydrocracken und Kohleverflüssigung) mittels Prozeßwärme aus dem Hochtemperaturreaktor sind für Länder wie die Bundesrepublik Deutschland von großer Wichtigkeit.

Die direkte Prozeßwärmenutzung aus dem Hochtemperaturreaktor in Form hochtemperaturiger oder niedertemperaturiger Wärme kann in der Chemischen Industrie und evtl. der Mineralölindustrie erfolgen. Als Fernwärme dient sie dem Wärmeverbrauch von Industrie-

¹⁾ Orientiert an: Arbeitsgemeinschaft Nukleare Prozeßwärme: Nukleare Prozeßwärme, Einsatzmöglichkeiten, Marktchancen, Programm. Essen-Köln-Duisburg-Mülheim 1975.

betrieben und Haushalten in Ballungsgebieten. Auf die Einsatzmöglichkeiten in der Chemischen Industrie und der Eisen- und Stahlindustrie wird in den Kapiteln 6.1 und 6.2 näher eingegangen.

Die Bereitstellung der als Sekundärenergieträger und Rohstoffe verwendbaren Gase $H_2 + CO$ (= Synthesegas), H_2 (= Wasserstoff) und CH_4 (= Methan bzw. synthetisches Erdgas) ist auf der Grundlage von Kohle, Erdöl und Erdgas möglich.¹⁾ In großtechnischem Maßstab und auf längere Sicht wird aufgrund der Vorratssituation als Ausgangsprodukt vorwiegend die Steinkohle infrage kommen. Die bei der Vergasung entstehenden Produkte Wasserstoff und Synthesegas können Rohstoffe für die Chemische Industrie und die Eisen- und Stahlindustrie sein. Das aus der Kohle gewonnene Methan läßt sich wie Erdgas in allen Energieverbrauchsbereichen verwenden.

Die Herstellung flüssiger Kohlenwasserstoffe (Naphtha, Benzin, leichtes Heizöl) aus Kohle kann entweder aus einem Folgeprodukt der Kohlevergasung z.B. durch Hydrierung von Kohle erfolgen (Fischer-Tropsch-Synthese) oder durch direkte Hydrierung von Kohle erfolgen (z.B. H-Coal-Verfahren), wobei diesem Prozeß nuklear oder konventionell erzeugter Wasserstoff zugeführt werden muß.²⁾

Der Hochtemperaturreaktor hat die Marktreife noch nicht erreicht. Seine Entwicklung ist seit Mitte der 50er Jahre in den USA, England und der Bundesrepublik Deutschland betrieben worden. Diese Arbeiten haben zum Bau von einigen experimentellen Reaktoren geführt. Ein Prototyp wird gegenwärtig bei Hamm erstellt.

1) Vgl. z.B.: Gesellschaft für Hochtemperaturreaktor-Technik GmbH, u.a.: Kohlevergasung mit nuklearer Prozeßwärme, Kurzfassung der Studie des Konsortiums GHT-BF-RBW-STEAG für den Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2. Aufl., Düsseldorf, Jan. 1975.

2) Ruhrkohle AG u.a.: Kohleöl, Herstellung von Öl durch Hydrierung von Steinkohle, Kurzfassung der Studie des Konsortiums RAG/STEAG für den Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Sept. 1975.

Aufgrund der zur wirtschaftlichen Nutzung der Kernenergie notwendigen Leistungsgröße von Reaktoren reichen allerdings die Betriebserfahrungen von Versuchsanlagen für die kommerzielle Einführung nicht aus. Es ist notwendig, zuerst Prototypen und Demonstrationsanlagen mit steigenden Leistungseinheiten zu errichten, bis die wirtschaftliche Einheit zur Verfügung steht. Mit der verstärkten Einführung von Hochtemperaturreaktoren ist im Zeitraum 1990 bis 2000 zu rechnen.¹⁾

Die Kernenergienutzung kann nun zur Behebung der oben dargestellten strukturellen Probleme in zweierlei Weise dienen:

1. da die Eisen- und Stahlindustrie, der Kohlenbergbau und die Chemische Industrie zu den Schlüsselsektoren des Ruhrgebietes gehören, ist gerade der Einsatz des Hochtemperaturreaktors unter strukturpolitischen Aspekten von besonderer Bedeutung:
 - der Kohlenbergbau erhält durch die Vergasung und evtl. Verflüssigung der Kohle ein zusätzliches Absatzpotential. Mit Hilfe kostengünstiger nuklearer Wärme können die Produkte der Kohlevergasung und Kohleverflüssigung gegenüber den Kohlenwasserstoffen Öl und Gas konkurrenzfähig werden;
 - der Eisen- und Stahlindustrie wird die Umstellung auf neue Produktionsverfahren erleichtert, die insbesondere bei stärkerer Preissteigerung für Koks notwendig werden;²⁾
 - der Chemischen Industrie kann auch langfristig eine wettbewerbsfähige Grundstoffproduktion im Inland ermöglicht werden.
2. Die Erhaltung der energieintensiven Industrien im Ruhrgebiet setzt ein kostengünstiges Angebot der benötigten Energieformen voraus. Unter der hier betrachteten langfristigen Perspektive ist gerade bei den fossilen Energieträgern mit erheblichen Preissteigerungen zu rechnen. Die Erzeugung von

¹⁾ Vgl. BARNERT, H.; ENGELMANN, P. (Redaktion): Strategie-Studie für die Entwicklung und Einführung von Hochtemperaturreaktoren, nicht veröffentlichte Studie der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jülich, Febr. 1976, S. 37, und Bergbau-Forschung GmbH u.a. (Hrsg.): PNP-Prototyp Nukleare Prozeßwärme, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie, a.a.O.

²⁾ Vgl. KERSTAN, F.: Weltstahlindustrie zieht Bilanz, Energiesituation zwingt zu neuen Überlegungen, in: Glückauf 111, 1975, Nr. 5, S. 248.

Strom aus Kernkraftwerken ist in Abhängigkeit von einer bestimmten Leistungsgröße und Auslastung heute schon billiger als die Stromerzeugung aus Öl und Steinkohle. Bei der Erzeugung anderer Energieträger, z.B. Gas oder Fernwärme, bedarf es lediglich geringer realer Preissteigerungen für die fossilen Brennstoffe, bis die Wettbewerbsfähigkeit der nuklear erzeugten Energieträger erreicht ist. Auf diesen Kostenaspekt als strukturpolitischer Einflußfaktor wird im folgenden Abschnitt eingegangen.

3.1.2 Energiekostensenkung durch die Kernenergienutzung

Da die Kosten der Kernenergienutzung eine zentrale Rolle bei der Beurteilung der strukturellen Bedeutung des Kernenergieeinsatzes spielen, soll diese Frage in diesem Kapitel gesondert behandelt werden. Die Schwierigkeiten, Kostenberechnungen für in der Zukunft zu bauende Kraftwerke anzustellen, zeigt die gegenwärtige Kontroverse über die Gestehungskosten von Strom aus Kernkraftwerken und Steinkohlekraftwerken.¹⁾ Probleme bei einem Kostenvergleich können sich ergeben:

- a) durch die angewandte Kalkulationsmethode (Annuitäten-Methode, Barwert-Methode, sogenannte Plan-Methode als ex ante-Methoden,²⁾ und der Betriebsabrechnung als ex post-Methode):
- b) durch die Unsicherheit der häufig auf den weit in der Zukunft liegenden Inbetriebnahmezeitpunkt der Kraftwerke und die Abschätzung der dann vorliegenden technischen und wirtschaftlichen Daten;

¹⁾ Vgl. BOHN, Th.: Kohlestrom bleibt teurer als Kernenergiestrom, in: VDI-Nachrichten, Nr. 4/ 28. Jan. 1977, S. 6 und RIEMER, H.L., Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Memorandum, Energiepolitik in Nordrhein-Westfalen/Kernenergie-Steinkohle, als Manuskript gedruckt, Düsseldorf, März 1977, S. 5f.

²⁾ Vgl.: MICHAELIS, H.: Kernenergie, München 1977, S. 214 ff; Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) (Hrsg.): Wirtschaftliche Investitionsplanung in der Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt 1964, EURATOM (Hrsg.): EURATOM Economic Handbook, Brüssel 1963.

- c) durch die unterschiedliche Erfassung der einzelnen Kostenpositionen auch schon bei der einzelwirtschaftlichen Rechnung. In der Diskussion stehen z.B. die Kosten eines geschlossenen Brennstoffkreislaufs bei der Kernenergie und die Kosten der Rauchgasentschwefelung bei der Steinkohle;
- d) durch die Einbeziehung nicht nur einzelwirtschaftlicher, sondern auch zusätzlicher volkswirtschaftlicher Kostenkomponenten,¹⁾ wie z.B.:
 - den Aufwendungen an öffentlichen Mitteln, die durch den Bau und Betrieb der Kraftwerke entstanden sind, bzw. entstehen,
 - das zu bewertende Maß an Versorgungssicherheit bei Verwendung der verschiedenen Energieträger,
 - die - zu messenden und zu bewertenden - Schäden, die durch Umweltbelastungen der alternativ einsetzbaren Energieträger entstehen würden,
 - evtl. auch Ressourcenfreisetzungen (Arbeit und Kapital) oder Aufwendungen der öffentlichen Hand, die dadurch entstehen, daß mit der Errichtung der Kernkraftwerke der Absatz des Steinkohlenbergbaus zurückgeht und die mit ihm verbundenen Wirtschaftszweige ebenfalls in Mitleidenchaft gezogen werden.

Die aufgezeigten Probleme werden hier im einzelnen nicht behandelt. Zweck des Kapitels ist es vielmehr, die Ursachen aufzuzeigen, die die Kernenergienutzung in ihren speziellen Einsatzbereichen schon gegenwärtig zum - einzelwirtschaftlich - billigsten Energieträger machen, und die auch erwarten lassen, daß sie in künftigen Einsatzgebieten gegenüber den fossilen Energieträgern konkurrenzfähig sein wird. Zu diesen Aussagen werden neueste Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen herangezogen.

¹⁾ Vgl. zu den volkswirtschaftlichen Kosten der Kernenergienutzung IRSCH, N.: Die Bedeutung der Kernenergie für die Energieversorgung, in: Wirtschaftsdienst, 1977, Heft 1, S. 7 ff; JENSEN, W.G.: Energy and the economy of nations, Cambridge 1970, S. 48 ff; JONES, G.K.: Cost Benefits Analysis of Choice between Nuclear and Other Fuels, Operational Research Society Conference, Eastbourne, Nov. 1969; Marsham, T.N.: Will nuclear power pay off? in: Electronics and Power, Febr. 1971, S. 57 ff.

3.1.2.1 Stromerzeugungskosten

Gegenüber der Energiebereitstellung aus fossilen Brennstoffen weist die Energiebereitstellung mittels Kernspaltstoffen aufgrund der physikalisch-technischen Unterschiede der Energiefreisetzung dieser Stoffe wesentliche Unterschiede auf:

1. die Kernenergienutzung muß mit einem hohen Einsatz an Sachkapital vorgenommen werden. Der Brennstoff selbst besitzt einen hohen Energieinhalt, so daß bei seiner Nutzung die Brennstoffkosten einen geringen Anteil an den Gesamt-Umwandlungskosten ausmachen;
2. aufgrund des hohen Sachkapital-Einsatzes wird der Energiebereitstellungsprozeß aus Kernspaltstoffen umso kostengünstiger, je jöher der Ausnutzungsgrad und je länger die Nutzungsdauer der Anlage ist.

Kostenstruktur der Stromerzeugung aus fossilen und nuklearen Brennstoffen

Die folgende Abb. 7 zeigt die Höhe und Struktur der Stromerzeugungskosten von Anlagen auf fossiler und nuklearer Basis.¹⁾

Kernkraftwerke weisen nach dieser Darstellung einen wesentlich höheren Kapitalkostenanteil an den Stromerzeugungskosten auf als die mit Heizöl, Erdgas bzw. Steinkohle gefeuerten Kraftwerke. Lediglich bei den Braunkohlekraftwerken überwiegen die Brennstoffkosten nicht, da die Braunkohle - bezogen auf den Energieinhalt - im Vergleich zur Steinkohle geringere Förderkosten verursacht. Da die Nutzung der Braunkohle aufgrund der verfügbaren Vorräte nur begrenzt möglich ist, scheidet dieser Kraftwerkstyp bei einem Kostenvergleich zwischen nuklearen und fossilen Kraftwerken aus.

Die folgende Tab. 8 zeigt die Strukturanteile der Stromerzeugungskosten von nuklearen und fossilen Kraftwerken.

¹⁾ Quelle: OSTERWIND, D.; VOSS, A.: *Brauchen wir Kernenergie? in: Nutzen und Risiko der Kernenergie, Seminarvorträge, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-Conf-17, Abb. 12, S. 16, und BOHN, Th.; EICH, P.; HANSEN, U.; JEHLE, B.: a.a.O., Abb. 4, S. 26.*

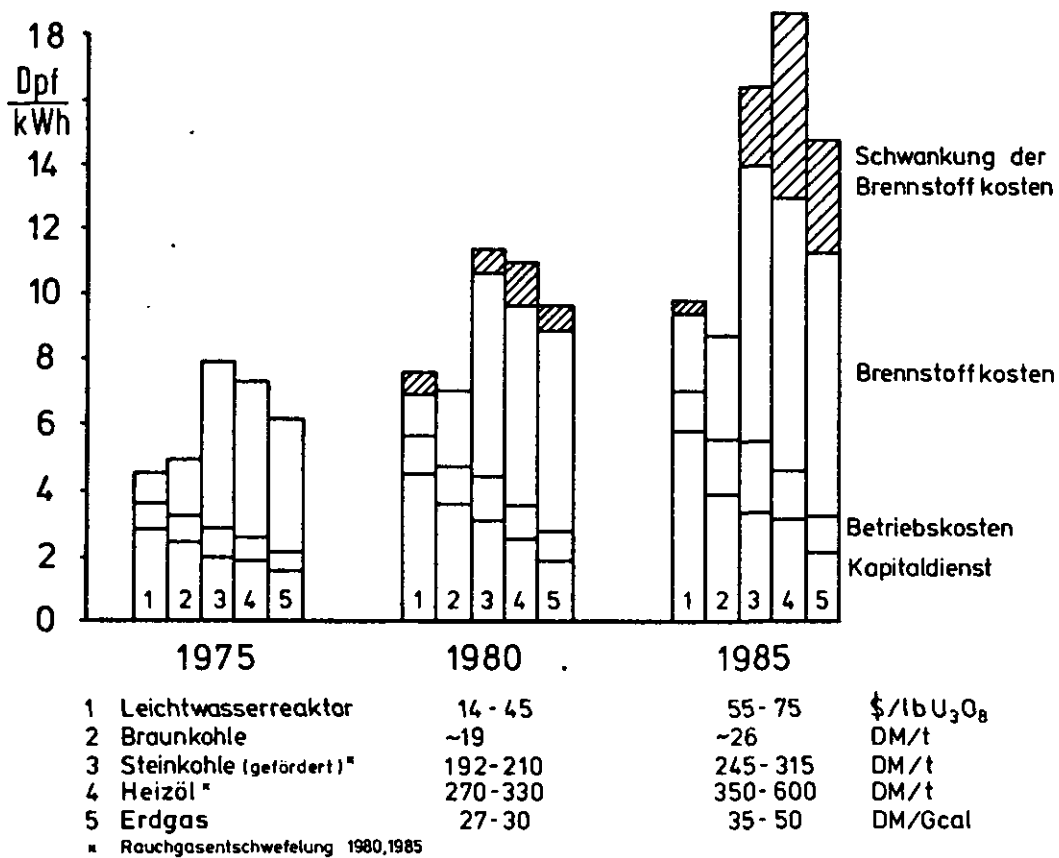


Abb. 7: Kosten der Stromerzeugung mittels verschiedener Energieträger (Auslastung 6500 h/a)

Bei Leichtwasserreaktoren mit einer Laufzeit von 6500 h/a haben die Kapitalkosten einen Anteil an den Stromerzeugungskosten von über 60 %, während sie bei den in den Vergleich einbezogenen Kraftwerken auf fossiler Brennstoffbasis 20 bis 25 % betragen. Diese Strukturverhältnisse und die absoluten Kostenunterschiede haben für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Kernreaktoren folgende Bedeutung:

1. Die Brennstoffkosten pro kWh liegen bei den angenommenen Leistungsgrößen (1230 MW_e) und Ausnutzungstunden (6500 h/a) bei Kernreaktoren weit unter den Brennstoffkosten der fossilen Kraftwerke und kompensieren so ihre höheren Kapitalkosten pro kWh;
2. Im Hinblick auf einen erst in 5 bis 10 Jahren zu errichtenden Kraftwerkstyp lassen sich aufgrund von Erwartungen über die Preissteigerungen von Anlagegütern einerseits und Preis-

		variable Kosten			fixe Kosten			insgesamt
		Brennstoffkosten	Hilfs-+Betriebskosten	insgesamt	Betriebskosten	Kapitaldienst	insgesamt	
1975	LWR	20	5	25	12	63	75	100
	St.K.	64	4	68	8	24	32	100
	HÖ	66	3	69	6	25	31	100
	EG	65	3	68	7	25	32	100
1980	LWR	19/26	4/4	23/30	11/10	66/60	27/70	100/100
	St.K.	59/62	4/3	63/65	10/9	27/26	37/35	100/100
	HÖ	64/69	3/2	63/71	7/6	26/23	33/29	100/100
	EG	69/32	3/3	72/75	7/6	21/19	28/25	100/100
1985	LWR	25/29	4/4	29/33	10/9	61/58	71/67	100/100
	St.K.	60/66	4/4	64/70	11/10	24/20	36/30	100/100
	HÖ	64/75	5/3	69/78	7/5	24/17	31/22	100/100
	EG	71/75	4/3	75/81	6/4	19/15	25/19	100/100

Quelle: Abb. 7

Tab. 8: Anteile fixer und variabler Kostenkomponenten an den Stromerzeugungskosten bei verschiedenen Kraftwerkstypen in %

steigerungen von Energieträgern andererseits Aussagen über die Stromerzeugungskosten zum Bauzeitpunkt bzw. zum Inbetriebnahmezeitpunkt der Kraftwerke machen. Es ist zu erwarten, daß die Preiserhöhungen bei den fossilen Energieträgern aufgrund von Verknappungserscheinungen die Preisentwicklung von Anlagegütern übersteigen werden, da hier lediglich die inflationäre Entwicklung wirksam wird;

3. Auch erhebliche Uranpreissteigerungen wirken sich auf die Stromgestehungskosten von Kernkraftwerken aufgrund des niedrigen Anteils der Uranförderkosten nur geringfügig aus. Eine Verdoppelung des in 1980 erwarteten Uranpreises von 50 \$/lb bewirkt eine Erhöhung der Stromgestehungskosten von ca. 1 Pfg/kWh.¹⁾

¹⁾ Vgl. BOHN, Th.; EICH, P.; HANSEN, U.; JEHLE, B.: a.a.O., S. 39.

Kostendegression bei steigenden Leistungseinheiten und wachsendem Beschäftigungsgrad

Der hohe Sachkapitaleinsatz und die besonders für Kernreaktoren geltende hohe Degression des spezifischen Investitionsaufwandes bei steigenden Leistungseinheiten bringen es mit sich, daß die Konkurrenzfähigkeit der Kernenergienutzung erst ab einer bestimmten Leistungsgröße (heute 600 - 800 MW_e) und einem bestimmten Auslastungsgrad gegeben ist.

Abb. 8 zeigt die spezifischen Anlagekosten für thermische Kraftwerke bei variablen Leistungseinheiten und die für den Kraftwerkstyp charakteristische Kostendegression.¹⁾

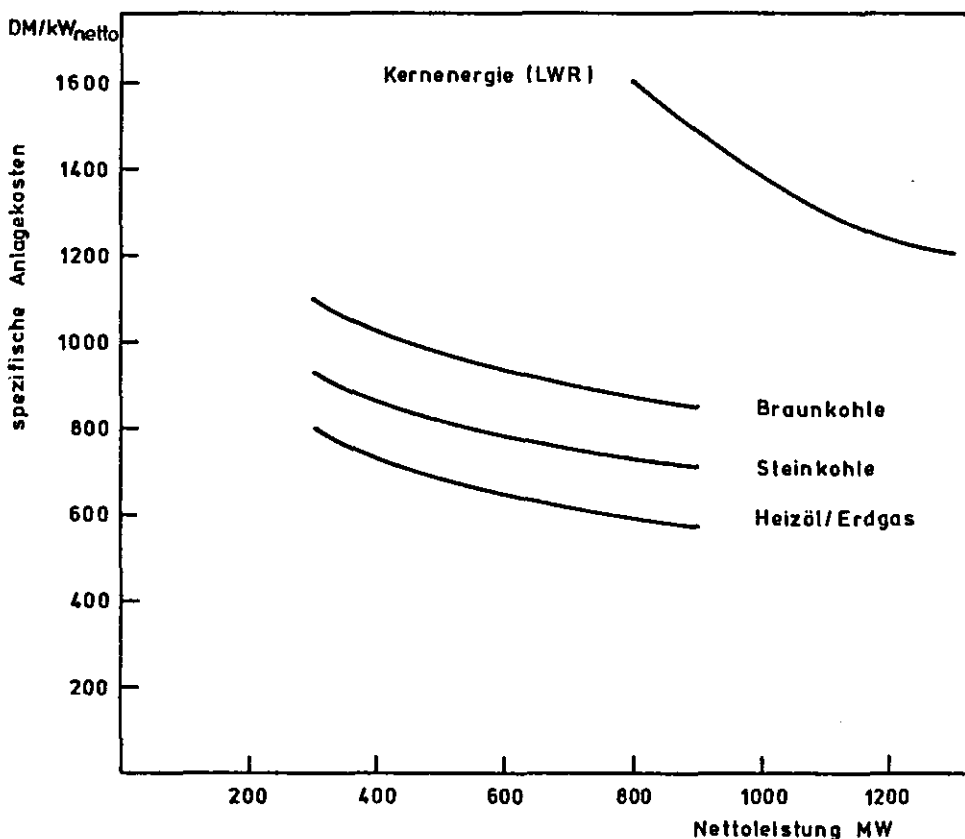


Abb. 8: Spezifische Anlagekosten für thermische Kraftwerke bei variablen Leistungseinheiten

¹⁾ Quellen: Kraftwerk-Union: Stromerzeugungskosten fossil-gefeuerter Kraftwerke, Kernkraftwerke, Anlagekosten, Planungsunterlagen der Kraftwerk-Union, nicht veröffentlicht, Erlangen, Jan. 1976; MANDEL, H.: Die Kernenergie und ihr künftiger Beitrag zur Energieversorgung, in: Chemie-Technik, 1976, Nr. 4, Abb. 11, S. 122, Daten - ohne Rauchgasentschwefelung, - für Rückkühlbetrieb, - Kostenbasis: 2. Hälfte 1975

Der niedrige Degressionsexponent der Anlagekosten bei variieren-
der Leistungsgröße für den Leichtwasserreaktor bedeutet, daß
die Degressionskurve viel steiler verläuft als die Degressions-
kurve der fossil gefeuerten Kraftwerke. Für kleinere Leistungs-
einheiten muß demnach mit überproportional höheren spezifischen
Anlagekosten gerechnet werden. Die Schwelle der Wirtschaftlich-
keit liegt heute für Stromerzeugungsanlagen bei 800 bis 1000
MW_e. Zu diesem Wert kommt man, wenn man die Stromerzeugungskos-
ten als Funktion der Blockleistung verschiedener Kraftwerke
aufträgt.¹⁾

Die folgende Abb. 9 enthält die Stromerzeugungskosten in Ab-
hängigkeit von der Jahresbetriebszeit der Kraftwerke.²⁾

Typische Spitzenlastkraftwerke (Betriebszeit 2000 h/a) sind die
Gaskraftwerke, wie schon aus dem hohen Brennstoffkostenanteil
zu ersehen ist. Die Steinkohle- und Ölkraftwerke eignen sich
besonders für den Mittellastbereich (Betriebszeit zwischen 2000
und 4000 h/a), da sie bei einer Auslastung über 4000 h/a keine
erhebliche Kostendegressionen mehr aufweisen. Diese zeigen sich
aufgrund ihres hohen Fixkostenanteils bei den Kernkraftwerken.
Beide Kernkraftwerkstypen, der Leichtwasserreaktor und der Hoch-
temperaturreaktor zeigen einen annähernd gleichen Verlauf.

Nach diesen Kurven liegt der break-even-point zwischen den
Kraftwerkstypen zwar schon bei 3000 bis 4000 h/a. Doch ist an-
zunehmen, daß Kernkraftwerke nicht im Mittellastbereich einge-
setzt werden, weil ihre Kostenvorteile besonders bei hoher Aus-
lastung zum Tragen kommen.

¹⁾ Vgl. z.B.: NARBERHAUS, H.: *Möglichkeiten zur Sicherung und Verbesserung der Energieversorgung durch den Einsatz von Hochtemperaturreaktoren auf dem Strom- und Wärmemarkt, gezeigt am Beispiel Spaniens. Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-1103-RG-SE, Jülich, August 1974, Abb. 3-6, Seite 63.*

²⁾ Quelle: BOHN, Th.; EICH, P.; HANSEN, U.; JEHLE, B.: *Künftige Stromerzeugungskosten von Großkraftwerken. Spezieller Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-Spez 2, Jülich 1977, Abb. 4.5, S. 29.*

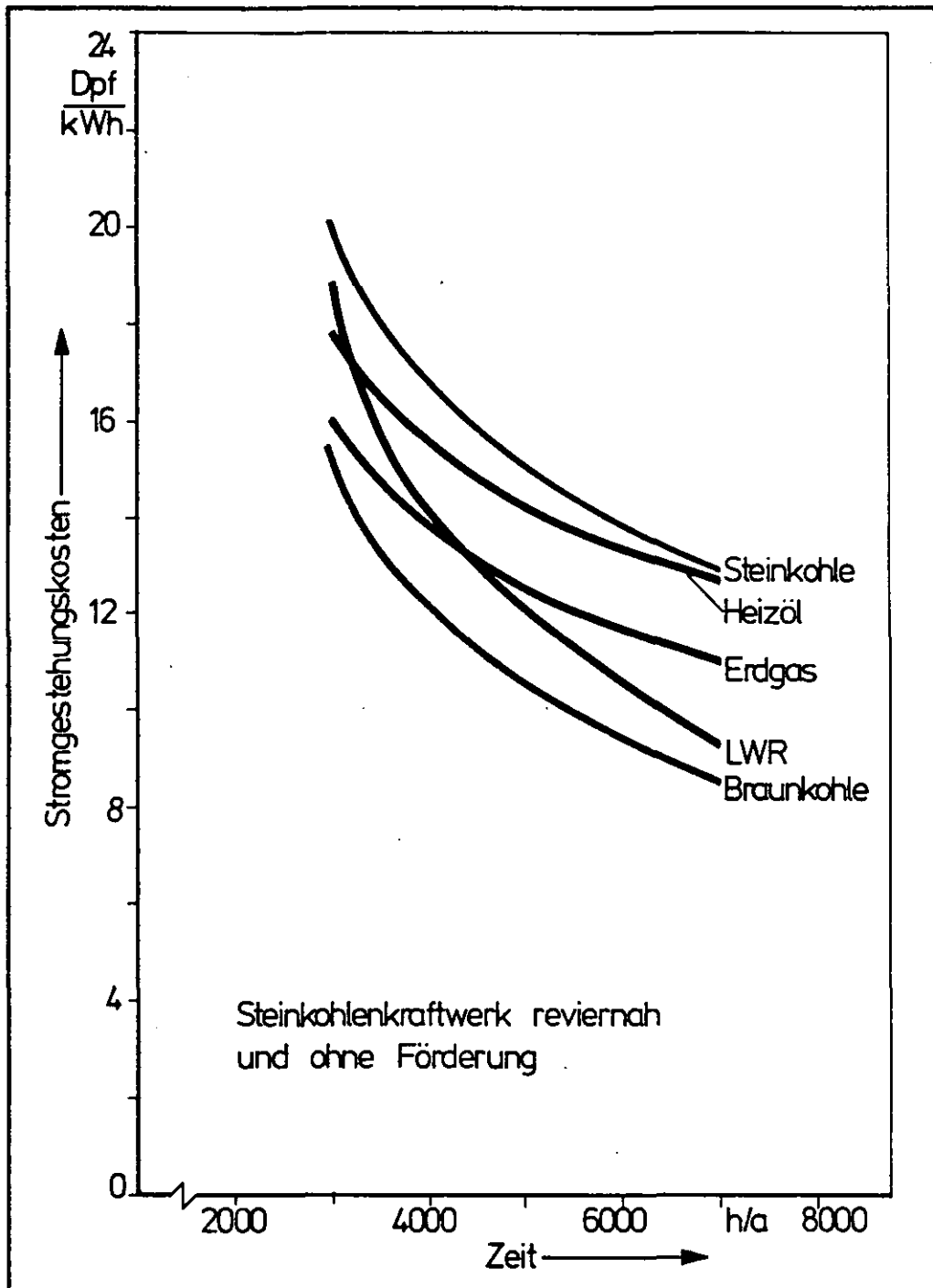


Abb. 9 : Stromgestehungskosten für das Inbetriebnahmejahr 1985 in Abhängigkeit von der Jahresbetriebszeit (Inflationsrate 4 % pro Jahr)

3.1.2.2 Kosten des nuklear erzeugten Synthetischen Naturgases (SNG)

Die Wirtschaftlichkeit von Kernkraftwerken zur Wärmebereitstellung läßt sich am besten anhand ihres Einsatzes zur Herstellung von Konkurrenzenergieträgern zu Heizöl- und Erdgas demonstrieren. Als Beispiel bietet sich die mit großer Wahrscheinlichkeit zum Einsatz gelangende nukleare Kohlevergasung mit Hilfe von Hochtemperaturreaktoren an¹⁾ (Abb. 10).

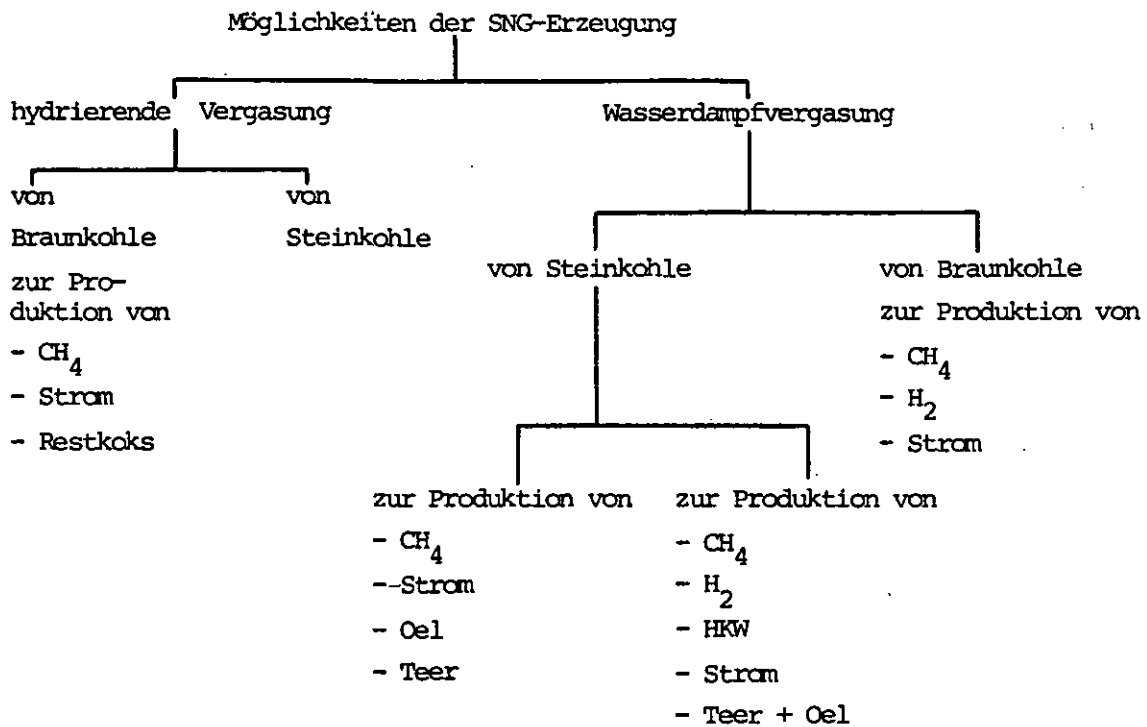


Abb. 10: Möglichkeiten der SNG-Erzeugung

Zur Vergasung von Kohle mittels nuklearer Wärme kommen zwei Verfahren in Betracht:

- die hydrierende Kohlevergasung (HKV)
- die Wasserdampf-Kohlevergasung (WKV).

¹⁾ Quelle: Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Programmstudie "Sekundärenergiesysteme" Teil II: Kohleveredelung, Bergbau Forschung GmbH u.a.: PNP, Prototyp Nukleare Prozeßwärme, Statusbericht zum Ende der Konzeptphase vom 1.8.1975 - 30.11.1976, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie zur nuklearen Kohlevergasung, Bd. II, Forschung und Entwicklungsarbeiten.

Die Verfahren unterscheiden sich in ihren Kosten nicht wesentlich, so daß auf eine getrennte Behandlung verzichtet werden kann. Sie sind hier dem mittels fossilen Brennstoffen durchgeführten Vergasung (sogenannte allotherme Vergasung) bzw. den konventionellen Vergasungsverfahren (autotherme Vergasung) gegenüberzustellen. Diese sind dadurch gekennzeichnet, daß die zur Vergasung benötigte Wärme durch Verbrennen eines Teils der insgesamt benötigten Einsatzkohle außerhalb (allotherm) oder innerhalb (autotherm) des Vergasungsreaktors erzeugt wird. Ein aussichtsreiches autothermes Verfahren ist die Lurgi-Druckvergasung, auf die sich die folgenden Kostenvergleiche beziehen.

Bei den nuklearen Verfahren wird die für die Vergasung benötigte Wärme in Hochtemperaturreaktoren erzeugt und damit die Kohle so vollständig wie möglich in nutzbares Gas umgewandelt. Es lassen sich so gegenüber dem konventionellen Verfahren etwa 30 bis 50 % der Einsatzkohle einsparen ¹⁾ (Abb. 11).

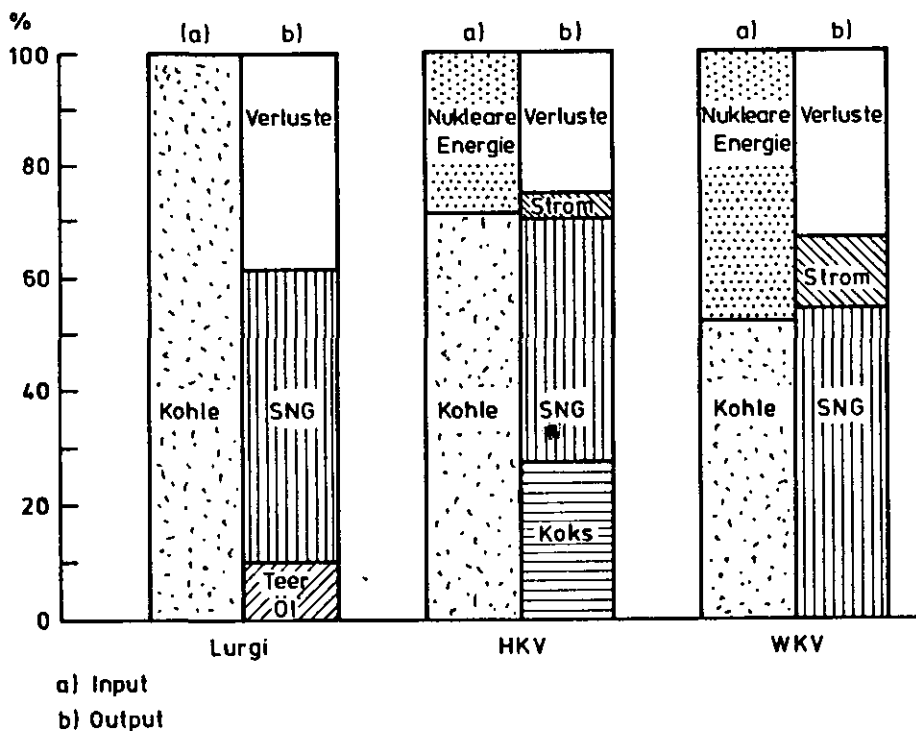


Abb. 11: Energiebilanz bei der Vergasung von Steinkohle zu synthetischem Naturgas

¹⁾ Quelle: Bergbau-Forschung GmbH, u.a.: PNP, Ergebnisbericht der Planungs-, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, Jülich, Jan. 1977, S. 17.
LURGI = Kohledruckvergasung, fossil; HKV = hydrierende Kohlevergasung, nuklear; WKV = Wasserdampfvergasung, nuklear.

In dieser Einsparung an dem heute teuersten fossilen Brennstoff Steinkohle, deren Förderkostenentwicklung in Zukunft über der Inflationsrate liegen wird, liegt im wesentlichen der Kostenvorteil der Kernenergienutzung zur Kohlevergasung. Dazu kommt, daß bei dem erwarteten Bedarf an Synthese- und Brenngasen und dem hohen Nutzungsgrad der Vergasungsanlagen die Degressionsvorteile großer Leistungseinheiten und hoher Auslastung der Hochtemperaturreaktor-Anlagen voll genutzt werden können. Es wird mit einer thermischen Reaktorleistung von 3000 MW und einer Jahresnutzungsdauer von 7500 h/a gerechnet.¹⁾

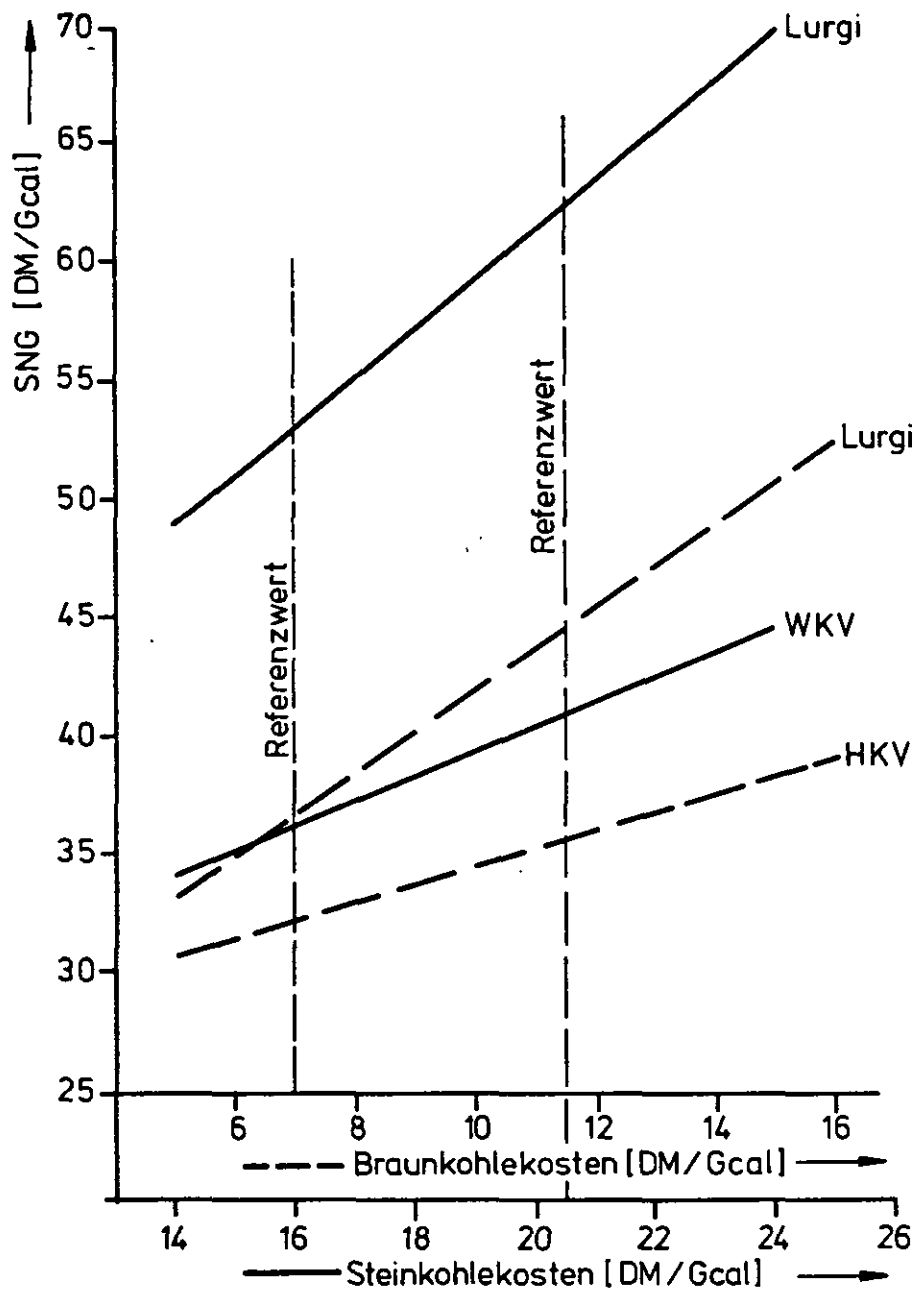
Ein Kostenvergleich nuklearer und konventioneller Vergasungsverfahren wurde Ende 1976 im Rahmen des vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Forschungsprojektes "Prototyp nukleare Prozeßwärme" (PNP-Projekt) vorgenommen. Abb.12 zeigt den Kostenvergleich für das synthetische Naturgas (SNG) für variable Steinkohlen- und Braunkohlenpreise.²⁾ Danach ist das nuklear erzeugte SNG um ca. 35 % billiger als das nach dem Lurgi-Verfahren autotherm erzeugte Gas. Die Einsparung bei der Braunkohle beträgt 14 %.

Eine Konkurrenzfähigkeit mit den Wärmepreisen fossiler Energieträger (22 DM/Gcal für Erdgas frei Grenze bzw. 25 DM/Gcal für leichtes Heizöl ab Raffinerie) wird allerdings für das fiktive Inbetriebnahmehjahr 1976 noch nicht erreicht. Maßgeblich für die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit ist jedoch erst der Zeitraum nach 1990, da nukleare Kohlevergasungsanlagen wegen des Zeitbedarfs der Entwicklung frühestens dann zum Einsatz kommen können.

Die Wettbewerbssituation für das SNG wird sich in der Zukunft deutlich verbessern, da mit höheren Teuerungsraten für Rohstoffe (insbesondere Erdöl und Erdgas) als für Investitionsgüter zu rechnen ist. Von einer überdurchschnittlichen Erdgaspreissteigerung muß vor allem deshalb ausgegangen werden, weil die euro-

1) Bergbau-Forschung GmbH, u.a.: PNP-Statusbericht, a.a.O., Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie, a.a.O., Tab. 3-2, S. 39.

2) Bergbau-Forschung GmbH, u.a.: PNP-Statusbericht, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie, a.a.O., Abb. 3-3 und 3-4, S. 44, 45.



Lurgi : Kohledruckvergasung , fossil

WKV : Wasserdampfvergasung, nuklear

HKV : Hydrierende Vergasung, nuklear

Abb. 12 : SNG-Erzeugungskosten in Abhängigkeit von den Steinkohle- und Braunkohlekosten (fiktives Inbetriebnahmejahr 1976)

päischen Erdgasvorkommen noch in diesem Jahrhundert Erschöpfungstendenzen aufweisen und die hohen Transportkosten von ausereuropäischen Importen die zukünftigen Erdgaspreise erheblich belasten werden.¹⁾ In Zukunft ist mit einer Kopplung des Erdgaspreises an den Preis von leichtem Heizöl zu rechnen und für das Rohöl ist von erheblichen realen Preissteigerungsraten auszugehen.

Als Beispiel wurde die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in das Jahr 2000 projiziert, d.h. in die Anfangsphase der kommerziellen Nutzung der nuklearen Kohlevergasung. Dabei wurde die allgemeine Preissteigerungsrate, der auch die SNG-Erzeugungskosten unterliegen, mit 6 %/a angenommen, während für leichtes Heizöl und Erdgas höhere variable Preissteigerungsraten zugrundegelegt wurden. Im Geldwert von 1976 ergab sich dabei eine Wettbewerbssituation, wie sie in folgender Abb. 13 dargestellt ist.²⁾

Die Kurven für SNG und die Konkurrenzenergieträger wurden folgendermaßen ermittelt:

- a) für SNG wurde angenommen, daß die nukleare Vergasungsanlage im Jahre 2000 in Betrieb geht. Bis dahin unterliegen alle Kostenkomponenten einer Teuerungsrate von 6 % p.a. Während der Abschreibungszeit von 20 Jahren verändern sich die Kapitalkosten nicht, es erhöhen sich nur die Betriebs- und Brennstoffkosten um 6 % p.a.. Ihr Anteil an den Gesamtkosten der SNG-Erzeugung liegt bei der Wasserdampf-Vergasung von nichtbackender Steinkohle mit hoher Reaktivität unter 50 %. Um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen und um einen realistischen Vergleich mit den zu erwartenden Kosten für Naturgas und Heizöl zu ermöglichen, wurde die Kostenentwicklung während der Abschreibungszeit auf der Grundlage

1) Vgl. HESELER, K.: Erdgaspreise auf expandierenden Wettbewerbsmärkten und PALLAS, H.I.: Mineralölpreise, Einflußfaktoren und ihre Auswirkungen, in: *Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln (Hrsg.): Preisbildung in der Energiewirtschaft, Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts, Heft 19, München 1977, S. 144 und 161.*

2) Quelle: Bergbau-Forschung GmbH, u.a.: PNP-Statusbericht ..., Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie, Abb. 4-4, S. 56.

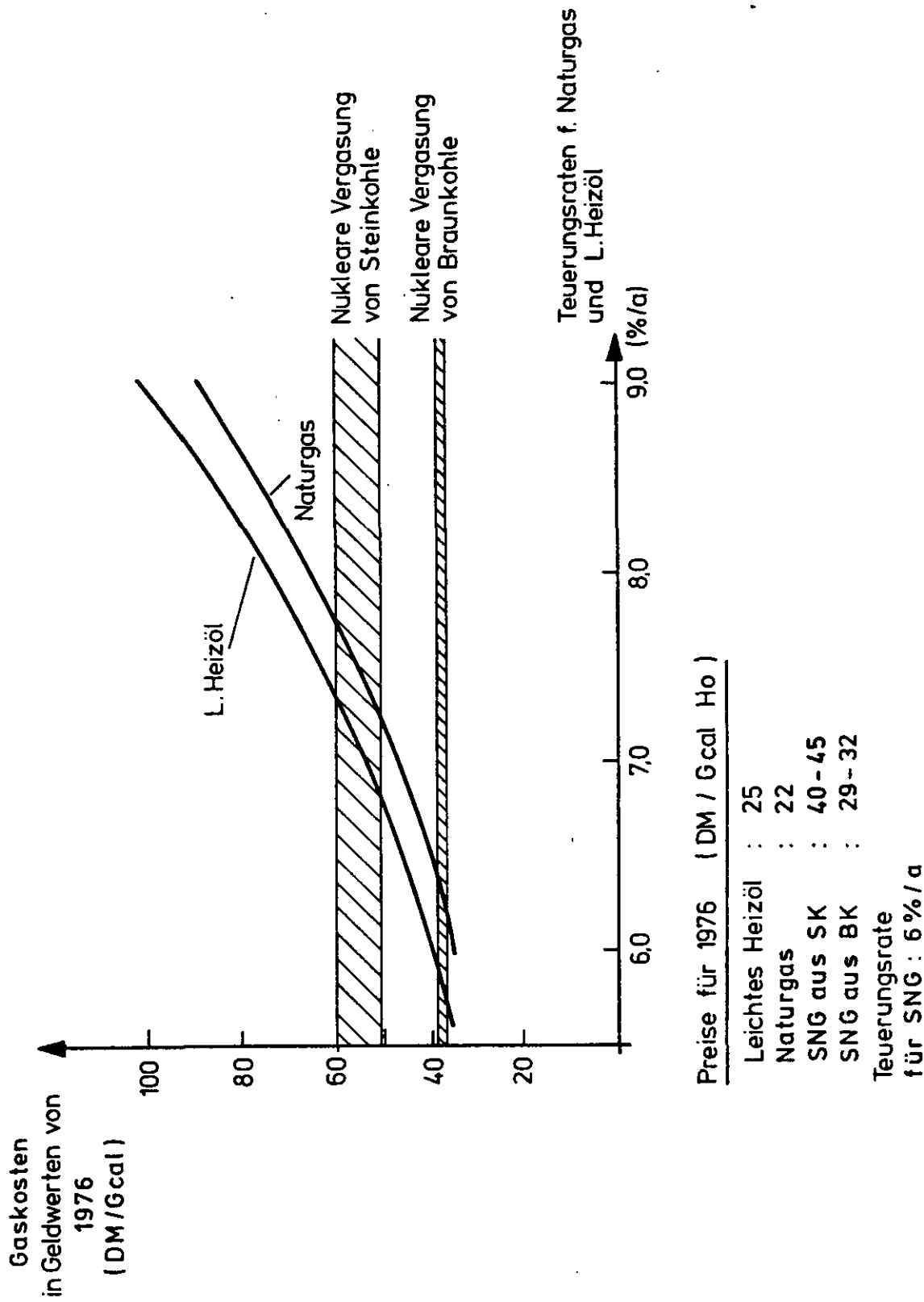


Abb. 13: Kostenentwicklung des nuklear erzeugten Gases im Vergleich zur Preisentwicklung von Heizöl und Erdgas

einer finanzmathematischen Durchschnittsrechnung aufgezeigt. Die über 20 Jahre barwertmäßig gemittelten Gaskosten stellen den Mittelwert der für jedes Jahr errechneten Barwerte der anfallenden Kosten für den gesamten Zeitraum dar. Dieser für das Jahr 2000 geltende Mittelwert wurde mit der Inflationsrate mit 6 % p.a. auf das Jahr 1976 zurückgerechnet, um die Kosten zum Geldwert des Jahres 1976 ausweisen zu können.

- b) für die Konkurrenzenergien Naturgas und Heizöl wurden ebenfalls die im Jahre 2000 bei den alternativen Preissteigerungsraten sich ergebenden Mittelwerte der während des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren anfallenden Barwerte errechnet. Diese für 20 Jahre barwertmäßig gemittelten und für das Jahr 2000 geltenden Gaskosten wurden anschließend mit der Inflationsrate von 6 % p.a. auf das Jahr 1976 abdiskontiert und hier mit den SNG-Kosten verglichen.

Wie die obere Abbildung zeigt, liefert die nukleare Steinkohlevergasung mit ihrem obersten Wert von 60 DM/Gcal dann wettbewerbsfähige SNG-Kosten, wenn die Heizölpreissteigerungen bei 7,3 % p.a. und die Erdgaspreissteigerungen bei 7,7 % p.a. liegen. Das heißt, die Preise für die alternativen Energieträger brauchen langfristig real nur um 1,3 bis 1,7 % ansteigen, damit die nukleare Vergasung der im Inland ausreichend verfügbaren Steinkohle wettbewerbsfähig ist. Eine Preissteigerungsrate, die gegenüber dem heutigen Erdöl- und Erdgaspreis schon aufgrund der höheren Grenzkosten für die Beschaffung außereuropäischen Erdgases oder Offshore-Energieträger zu erwarten sind. Die nukleare Kohlenvergasung ist bei realer Betrachtung heute schon wettbewerbsfähig.

3.1.2.3 Kosten einer kombinierten Dampf- und Stromerzeugung

Auch Kernkraftwerke mit kleineren Leistungseinheiten können die benötigten Energiemengen wirtschaftlich anbieten, wenn sie durch ihre Verwendung als Wärme/Kraft-Anlagen Erlöse aus dem Angebot von Strom und Wärme erzielen bzw. Einsparungen durch Substitution fossiler Energieträger bewirken. Die Kosten für die eine der angebotenen Energiearten hängt dann ab von den Gutschriften, die für die andere Energieart aufgrund ihrer inner- oder außerbetrieblichen Absatzsituation erzielt werden.¹⁾

Kostenberechnungen für einen zur Wärme/Kraft-Kopplung verwendeten Hochtemperaturreaktor mit einer Leistungsgröße von 500 MW_{th} (HTR-PR 500) wurden zuletzt im Rahmen einer Studie über den Einsatz des Hochtemperaturreaktors zur nuklearen Fernwärmeversorgung angestellt.²⁾

Auf der Grundlage gegenwärtiger Kostendaten wurden die Wärmegestehungskosten für Kraftwerke mit einer Größe von 500 MW_{th} für den fiktiven Inbetriebnahmezeitpunkt 1980 ermittelt (Tab. 9).

Wichtigste Determinanten der Dampf-Gestehungskosten im Rahmen des Kostenvergleichs sind:

-
- 1) Vgl. zur Methode der Kostenberechnung bei Wärme/Kraft-Anlagen: KRIEB, K.H.: Berechnung der Strom- und Wärmeerzeugungskosten, in: VDI-Bildungswerk, BW 1745, Düsseldorf o.J. und HROMEK, R.: Aufteilung der Investitions- und Erzeugungskosten in der Heizkraftwirtschaft, in: Brennstoff-Wärme-Kraft, 24. Jg., 1972, Nr. 9, S. 344 ff.
 - 2) Vgl. Studiengesellschaft für Nukleare Fernwärme mbH (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH, Ruhrkohle AG, STEAG AG, Kernforschungsanlage Jülich GmbH) Tätigkeitsbericht über das Vorhaben "Nukleares Fernwärmesystem mit Hochtemperaturreaktor", Essen-Jülich, Sept. 1976, S. 9 ff, mit den Berechnungsgrundlagen aus: SCHULTEN, R.; KRIEB, W.: Industriekraftwerk mit Hochtemperaturreaktor PR 500 - "OTTO-Prinzip" - zur Erzeugung von Prozeßdampf, Abschlußbericht über eine Gemeinschaftsstudie der Kernforschungsanlage Jülich GmbH und der STEAG AG, Essen, Jülich-Essen, Dez. 1972, erschienen als Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül. Nr. 941, Jülich, April 1973.

	Investitionskosten (10 ⁶ DM)		Kosten pro Jahr (10 ⁶ DM/a)		Kosten pro Einheit (DM/t)	
	foss.KW	KKW	foss.KW	KKW	foss.KW	KKW
Anlagekosten	385,-	313,-				
Bauzinsen + Eigenleistung + Preissteigerungen	162,-	318,-				
gesamte Investi- tionskosten	547,-	831,-				
Kapitalkosten			85,-	128,-		
Betriebskosten			7,-	7,-		
Brennstoffkosten			85,-	20,-		
gesamte Kosten pro Jahr			177,-	155,-		
Stromgutschrift			44,-	44,-		
Wärmekosten pro Jahr			133,-	111,-		
Wärmekosten pro Einheit					52,-	43,-

KKW Kernkraftwerk PR 500 MW_{th}
fossiles Kohlekraftwerk 500 MW_{th}
KW

Technische Daten

Kraftwerks- leistung	500 MW _{th}	Benutzungs- dauer	7.200 h/a
Dampferzeu- ger- leistung	625 t/h	jährlich erzeugte Wärme	3.100 Tcal/a
elektrische Nettoleistung	110 MW _e	jährlich erzeugte Strommenge	0,8·10 ⁹ kWh/a
Prozeßwärme- leistung	300 t/h	jährlich erzeugte Dampfmenge	2,6·10 ⁶ t/a

Annahmen

KKW = Kernkraftwerk
FKW = fossiles Kraftwerk

Stand der Kostendaten	Anfang 1980	Eigenleistung	8 %
		Bauzinsen einschl. Steuern u.Versich.	10 % p.a.

Spezifische Anlagekosten

- KKW	2.750 DM/kW	Preisgleitung	4 % p.a.
- FKW	1.800 DM/kW	Bauzeit KKW	6 a
		Bauzeit FKW	4 a

Brennstoff- kosten

- KKW	6,4 DM/Gcal	Annuität mit	15,5 %
- KFW	190,0 DM/t	Zinssatz	8,0 %
		Steuersatz	2,6 %

Stromgutschrift	6,0 Pfg/kWh	Versicherungssatz	2,0 %
		Abschreibungsdauer	17 a

Tab. 9: Dampferzeugungskosten bei Wärme/Kraft-Anlagen

- die spezifischen Anlagekosten,
- die Brennstoffkosten,
- die Stromgutschrift.

Besondere Bedeutung haben die spezifischen Anlagekosten für die nukleare Dampferzeugungsanlage. Hier wurden die Anlagekosten eines Leichtwasserreaktors mit einer Leistungsgröße von 600 MW_e zugrunde gelegt, die mit Hilfe des Degressionsexponenten von 37 % aus den in 1974 festgelegten Anlageabschlußpreisen für Leichtwasserreaktoren mit einer Größe von 1200 MW_e errechnet wurden. Die Berechnung der spezifischen Anlagekosten von kohle-gefeuerten Heizkraftwerken erfolgte für eine Leistung von 300 MW_e mit einem Degressionsexponenten von 67 % und unter Berücksichtigung einer 50 %igen Rauchgasentschwefelung (Tab. 10). In schon mit Schwefeldioxyd-Abgasen hoch vorbelasteten Gebieten, wie z.B. in Teilen des Ruhrgebietes, wird eine 100 %ige Rauchgasentschwefelung notwendig sein, die die spezifischen Investitionskosten von Kohlekraftwerken um 10 - 15 % erhöhen werden.

Die Brennstoffpreise für Kohle wurden mit der Teuerungsrate von 6 % von 1975 auf 1980 hochgerechnet. Bei der Stromgutschrift wurde davon ausgegangen, daß die Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen als Alternative zum Strombezug aus den Industriekraftwerken ein zusätzliches Kraftwerk installieren müßten. Die für 1980 mit einer Inflationsrate von 4 % p.a. berechneten geringsten Stromerzeugungskosten liegen bei annähernd DM 0,06 pro kWh.¹⁾

¹⁾ Vgl. BOHN, Th.; EICH, P.; HANSEN, U.: Stromerzeugungskosten von Großkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbereitung, Erscheinungsjahr 1977, Abb. 5.

			Anlagekosten Inbetriebnahme- Zeitpunkt			Bemerkung:	
			Anfang				
			1972	1975	1980		
Kohle- Heiz- kraft- werk	absolut	Mio DM	100	205	385	Entschwe- felung 50 %	Wirkungsgrad = 38 %
	spez.	DM/kWe	526	1080	2025		
	Index	%	100	205	385		
HTR- PR 500	absolut	Mio DM	193	328	513		
	spez.	DM/kWe	1040	1330	2750		
	Index	%	100	166	259		
Quelle:			a	b	c		

Kostenangaben zum Zeitpunkt der Bestellung:

Kohlekraftwerk: 4 - 5 Jahre vor Inbetriebnahme

Kernkraftwerk : 6 - 7 Jahre vor Inbetriebnahme

Quellen:

- Schulten, R., Krieb, U.H. et al: Industriekraftwerk mit Hochtemperaturreaktor, PR 500,- "Otto-Prinzip" - zur Erzeugung von Prozeßdampf, Abschlußbericht über eine Gemeinschaftsstudie in Zusammenarbeit mit der Firma STEAG AG, Essen, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül Nr. 941, Jülich, April 1973, fertiggestellt Dez. 1973
- Schröder, G., Wischnewski, R., Barnert, H. et al.: Tätigkeitsbericht über das Vorhaben "Nukleares Fernwärmesystem mit Hochtemperaturreaktor" der Studiengesellschaft für NUKLEARE PROZESSWÄRME mbH (AVR GmbH, Ruhrkohle AG, STEAG AG, KFA Jülich GmbH), Jülich 1973
- Bohn, Th. u.a.: Stromerzeugungskosten in modernen Großkraftwerken, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbereitung; und Mandel, H.: Die Kernenergie und ihr künftiger Beitrag zur Energieversorgung, in Chemische Technik, 1976, Nr. 4, S. 122

Tab. 10: Entwicklung der spezifischen Anlagekosten für Wärme/Kraftanlagen auf der Basis von Kohle und Kernenergie

3.2 Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energiepreisveränderungen und ihre regionalen Konsequenzen¹⁾

In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, daß ein Verzicht auf die Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland zu nicht unerheblichen Preissteigerungen auf den Energiemärkten führen wird. Diese These kann wie folgt begründet werden:

1. Durch Gegenüberstellung der erwarteten Angebots- und Nachfragemengen für die Welt, für die Industrieländer (OECD) und speziell für die Bundesrepublik Deutschland. Verschiedene Studien für diese Regionen weisen darauf hin, daß ihr Energiebedarf auch unter Berücksichtigung von Einsparungen weder durch fossile Energieträger noch durch zusätzliche nichtnukleare und nichtfossile Energieträger mittel- bis langfristig gedeckt werden kann.²⁾
2. Durch die Kosten der Bereitstellung zusätzlicher nicht-nuklearer Energieträger, die in großtechnischem Maßstab genutzt werden können, wie z.B. Gase und Benzin aus Steinkohle, Fernwärme-Verbundsysteme, Öl und Gas aus entlegenen Gebieten, Ölschiefer und Ölsande (vgl. Tab. 7).

¹⁾ Vgl. zu den gesamtwirtschaftlichen Konsequenzen des Kernenergieeinsatzes: WESSELS, Th.: Die volkswirtschaftlichen Konsequenzen des Strukturwandels in der Energiewirtschaft, in: Schweizerische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft und Verkehrspolitik, Zürich, 24. Jg. 1969, Heft 3, S. 234 ff; WESSELS, Th.: Die Einordnung der Kernenergie in die langfristige Entwicklung der Energiewirtschaft, in: Energiewirtschaftliches Institut (Hrsg.) Tagungsberichte, Heft 15, München, Oldenburg 1969, S. 23 ff; GROSSE, N.: Ökonomie der Kernenergie, Veröffentlichungen der Leist.-Gesellschaft, Band 29, Basel-Tübingen 1963.

²⁾ Vgl. insbesondere: WILSON, C.L. (Project Director): Energy: Global Prospects 1985 - 2000, Report of the Workshop on Alternative Energy Strategies New York, St. Jones, San Francisco 1977; OECD (Hrsg.): Oil, The present Situation and future Prospects, OECD Oil Committee, Paris 1973; OECD (Hrsg.): Energy Prospects to 1985, An Assessment of Long Term Energy Development and Related Policies, Paris 1974; MICHAELIS, H.: Perspektiven der Energieversorgung, Vortrag als Beitrag zum Energiewissenschaftlichen Seminar, "Die Zukunft der Energie-Trends und alternative Lösungen", veranstaltet vom Zentrum Berlin für Zukunftsforschung e.V. (ZBZ) am 23./24. Sept. 1976, Berlin, und BOHN, Th.: Energiebedarf, Analyse und Möglichkeiten der Deckung, in: Kerntechnik, 17. Jg. 1975, Heft 1, S. 18 ff.

Steigende Energiepreise auf dem Weltmarkt können für die Teilräume einer Volkswirtschaft wachstumsfördernde oder wachstumshemmende Wirkungen haben. Je nachdem, welche Wirtschaftsstrukturen sie besitzen. Möglich ist z.B. eine steigende Nachfrage nach regionalen Gütern aus den Energieförderländern, steigende Investitionen in ansässigen Energiewirtschaftszweigen oder auch ein Nachfragerückgang nach energieintensiven Produkten der Regionen. Unterschiedlich regionale Konsequenzen haben auch dienationalen Wachstumsverluste, die durch den Entzug volkswirtschaftlicher Ressourcen bzw. steigender Preise für Importenergien entstehen.

Gegenstand der folgenden Ausführungen ist es aber nicht, alle Möglichkeiten der nationalen und regionalen Konsequenzen von Energiesteigerungen zu diskutieren, sondern es sollen die Fragen besprochen werden, die für die Bundesrepublik Deutschland und das Bundesland Nordrhein-Westfalen von besonderer Bedeutung sind.

3.2.1 Konsequenzen für die Bundesrepublik Deutschland

Für die Bundesrepublik Deutschland stellen sich bei steigenden Preisen für fossile Energieträger insbesondere zwei Fragen:

1. wird die Energiepreiserhöhung zu einer Ausweitung der inländischen Energieträger-Förderung, insbesondere der Steinkohle führen?
2. wird die Konkurrenzfähigkeit weiter Teile der Wirtschaft, insbesondere der Exportwirtschaft, beeinträchtigt?

Die Beantwortung dieser Fragen ist insbesondere für das Land Nordrhein-Westfalen bedeutsam, in dem die angesprochenen Industriezweige Kohlenbergbau und energieintensive Industrien zu hohen Anteilen vertreten sind.

Zur Steinkohleförderung in Abhängigkeit von der Energiepreisentwicklung

Die Bundesrepublik Deutschland besitzt ca. 6 bis 9 Mrd. t Steinkohlevorräte, die unter wirtschaftlichen Bedingungen gewonnen

werden können.¹⁾ Damit könnte die gegenwärtige Förderung von 94 Mio t noch 60 bis 90 Jahre aufrecht erhalten werden. Bis zum Jahre 1985 kann die Förderleistung auf 100 Mio t/a, langfristig auf 120 Mio t/a angehoben werden.²⁾ Der Zeitraum der Erschöpfung der wirtschaftlich abbaubaren Reserven würde sich dann auf 50 bzw. 75 Jahre reduzieren. Langfristig steigende Energiepreise auf dem Weltmarkt können demnach den gegenwärtig unter der Rentabilitätsschwelle arbeitenden Steinkohlenbergbau veranlassen, seine Förderung zu steigern - voraussichtlich bis auf die genannten 120 Mio t/a. Die Steigerungsraten bis zum Jahre 2000 würden 1 % p.a. betragen.

Beeinträchtigung der internationalen und nationalen Wettbewerbsfähigkeit

Geht man davon aus, daß das Energiepreinsniveau nicht nur in der Bundesrepublik Deutschland, sondern auf dem gesamten Weltmarkt steigt, dann kann man nicht von einer generellen Beeinträchtigung der Wettbewerbsfähigkeit der energieintensiven Exportindustrien gegenüber anderen Volkswirtschaften sprechen. Lediglich gegenüber den Ländern mit billigen Energiequellen bestehen Konkurrenz Nachteile, die aber erst langfristig zum Tragen kommen (vgl. Kap. 3.3).

Von ebenso großer Bedeutung kann die Konkurrenzsituation energieintensiver Produkte zu ihren Substitutionsprodukten sein. Langfristig ist damit zu rechnen, daß die energieintensiven Produkte bei hoher Energiekostenbelastung wenigstens zum Teil durch weniger energieintensive Produkte ersetzt werden. Diese Substitutionswirkung tritt dann zu der Standortwirkung der internationalen Energiekostenverschiebung hinzu.

1) Vgl. Bundesministerium für Forschung und Technologie: Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Programmstudie "Sekundärenergiesysteme", Teil II, Kohleveredelung, Bonn 1975, S. 4.

2) BOHN, Th.; KELLETER, H.; WALBECK, M.: Steinkohle, vorläufiger Endbericht der Studie E 1.3, angefertigt im Auftrag der Programmleitung "Angewandte Systemanalyse" in der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen, Jülich 1977.

Die Energiepreissteigerungen gefährden alle diejenigen Wirtschaftszweige, die einen hohen kumulativen Energiekostenanteil am Preis ihrer Produkte haben.¹⁾ Als Maßgröße für die "Energiepreisempfindlichkeit" eines Produktes bzw. Wirtschaftszweiges soll ein Anteil der gesamten Energiekosten am Bruttoproduktionswert von 10 % angenommen werden. Nach dieser Abgrenzung zählen in der Bundesrepublik Deutschland alle Industriebereiche der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie zu den energieintensiven Industriezweigen. Wegen ihres geringen Anteils an der Beschäftigung und dem Umsatz der Industrie werden die Sägeindustrie und die Gummiindustrie hinzugezählt. Ebenfalls zu den energieintensiven Industrien gehören der Bergbau die feinkeramische Industrie, die Glasindustrie und Teile der Nahrungsmittelindustrie. Da verschiedene Sparten der Nahrungsmittelindustrie einen kumulativen Energiekostenanteil von 8 bis 9 % aufweisen und über 50 % der Beschäftigten dieses Industriezweiges umfassen, wird die Nahrungsmittelindustrie ebenfalls zu den energieintensiven Industriezweigen gerechnet. Die Tab.12 zeigt den Anteil dieser Industrien an ausgewählten Strukturziffern der Bundesrepublik Deutschland.

Die energieintensiven Industriezweige nehmen im Bundesgebiet einen Anteil von ca. 32 % an der industriellen Beschäftigung und von ca. 50 % am Umsatz und der Wertschöpfung der gesamten Industrie ein. Ihr Anteil am industriellen Energieverbrauch beträgt 83 % (ohne nichtenergetischen Verbrauch). Da auf die

1) Vgl. zur Methode der Berechnung der direkten und indirekten Energiekostenbelastungen ganzer Wirtschaftsbereiche mit Hilfe der Input-Output-Analyse und zur Bewertung der Energiekosten gegenüber anderen Faktorkosten: WESSELS, Th.: Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Energiekosten. Schriftenreihe des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln, Bd. 11, München 1966, und: Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (Hrsg.): Der wirtschaftliche Einfluß des Energiepreises, in: Kollektion Studien, Reihe Wirtschaft und Finanzen, Nr. 4, Brüssel 1966, S. 33 ff.

	Anteile an der Industrie der Bundesrepublik Deutschland			Energiekostenanteil ²⁾		
	Beschäftigte %	Umsatz %	Energieverbrauch %	direkt %	indirekt %	insgesamt %
Bergbau	3,0	2,6	8,9	8,5	4,6	13,1
Grundstoff- und Produktionsgüter	21,1	33,8	67,0	9,3*	6,4*	15,7*
Steine/Erden	2,7	2,6	8,0	7,9	6,7	14,6
Eisen/Stahl	3,9	5,9	27,7 ¹⁾	10,9	7,7	18,6
EST-Gießerei	1,4	0,8	1,0	5,6	5,3	10,9
Zieh.+Kaltwalzw.	0,8	1,0	0,5	2,9	9,5	12,4
NE-Metall	1,4	2,3	2,9	5,2	5,3	10,5
Mineralöl	0,6	6,5	10,0	21,8	7,0	28,8
Chemie	7,2	11,7	13,0	6,3	5,9	12,2
Säge + Holz	0,7	0,7	0,5	2,9	4,7	7,6
Papier + Pappe	0,8	1,1	2,7	5,3	4,8	10,1
Gummi + Asbest	1,7	1,2	0,7	2,6	4,5	7,1
Feinkeramik/Glas	2,0	1,1	2,6	6,3	5,3	11,6
Nahrungsmittel	6,4	12,0	5,0	1,8	4,4	6,3
energieintensive Industrien	32,5	49,5	83,5	7,2*	5,8*	13,0*
Investitions- und Verbrauchsgüterind. (ohne Keramik/Glas)	67,5	50,5	16,5			
Industrie insgesamt	100,0	100,0	100,0	3,3*	5,6*	8,9*

direkte Energiekosten = bewerteter Verbrauch von Energieträgern

indirekte Energiekosten = Energiekostenanteile der bezogenen Vorleistungen

1) einschließlich Koks; der Koksanteil beträgt ca. 85 %

2) Energiekostenbelastung des jeweiligen Sektors in DM je 100 DM Bruttoproduktionswert (nominal) des Jahres 1972

3) Kumulierter Energiekostenanteil über 10 %

* gewichtet mit dem Bruttoproduktionswert aus der Input-Output-Tabelle 1972

Quellen

Statistisches Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland 1976

ifo-Institut für Wirtschaftsforschung; Die Energiekostenbelastung der Wirtschaftssektoren der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1961 bis 1969, 1964, 1971, 1973 und 1974, Band I und Band II, München, Mai 1976, o.V.: Direkter und indirekter Einsatz von Energie in der Bundesrepublik Deutschland, in: Wochenbericht der DIW, 41, 1974, Heft 1/2, S. 3

Pischner, u.a.: Input-Output-Rechnung für die Bundesrepublik Deutschland 1972; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; DIW-Beiträge zur Strukturforchung, Heft 38, Berlin 1975, Energiebilanz des Jahres 1974, Düsseldorf 1974

Tab. 12 : Anteile der energieintensiven Industrien an der Industrie der Bundesrepublik Deutschland (1974)

Verbrauchsgruppe Industrie ca. 36 % des gesamten Endenergiebedarfs entfällt (Energiebilanz 1975), werden mit den energieintensiven Industrien etwa 30 % aller Endenergieverbraucher erfaßt.

Die Anteile lassen die Vermutung zu, daß drastische Energiepreissetigerungen einen wesentlichen Teil der industriellen Arbeitsplätze in der Bundesrepublik Deutschland unmittelbar gefährden würden. Ihre Vernichtung wäre die Folge einer Rentabilitätsverschlechterung bei nachhaltigen Energiepreissetigerungen. Die Bedingungen für eine Rentabilitätsverschlechterung als Folge von Faktorpreisänderungen werden in Kap. 4.3.2.1 aufgeführt und sollen hier nicht vorweg behandelt werden. Ob die Bedingungen für alle angeführten energieintensiven Industriezweige erfüllt sind, soll im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Es soll hier lediglich das Gefährdungspotential aufgezeigt werden.

3.2.2 Konsequenzen für Nordrhein-Westfalen und das Ruhrgebiet

Der Anteil energieintensiver Industrien an den Basis-Bereichen und ihre Bedeutung für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung Nordrhein-Westfalens wurde in Kap. 2.3 anhand der Abb. 4 und 5 aufgezeigt. Danach tragen die von der Energiepreisentwicklung in starkem Maße abhängigen Wirtschaftszweige in Zukunft erheblich zur Basisbeschäftigung und zur Wertschöpfung in den Basisbereichen bei. Im Jahre 2000 haben sie an der Basisbeschäftigung einen Anteil von 30 % und an der Basis-Wertschöpfung einen Anteil von über 50 %. In diesem Abschnitt soll die Zusammensetzung der energieintensiven Industrien für das Land Nordrhein-Westfalen und das Ruhrgebiet näher untersucht werden.

Die Anteile der einzelnen Industriezweige an der Gesamtindustrie Nordrhein-Westfalens und des Ruhrgebietes an ausgewählten Kennziffern sind in der Tab. 15 enthalten. Die dominierenden Industriezweige sind in beiden Regionen die Eisen- und Stahlindustrie und die Chemische Industrie. Ihre Anteile an den Kennziffern der energieintensiven Industrien betragen:

a) in Nordrhein-Westfalen:

- an den Beschäftigten	36 %
- am Umsatz	43 %
- an der Wertschöpfung	49 %
- am Energieverbrauch	57 %

b) im Ruhrgebiet:

- an den Beschäftigten	42 %
- am Umsatz	50 %
- an der Wertschöpfung	51 %

Die energieintensiven Industrien haben an den gesamten Basisbereichen folgende Anteile:

a) in Nordrhein-Westfalen (1975):

- an den Beschäftigten	28 %
- an der Wertschöpfung	55 %

b) im Ruhrgebiet (1973):

- an den Beschäftigten	49 %
- an der Wertschöpfung	57 %

	Ruhrgebiet					Nordrhein-Westfalen				
	Anteil an der Industrie		Beschäftigte	Beschäftigte		Anteil an der Industrie		Beschäftigte	Export	quote
	Besch.	Ums.		Anteil	Anteil	Besch.	Ums.			
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Bergbau	22	11	16	76	61	8	4	6	80	24
Grundstoff + Produktionsgüter	34	52	49	35	14	27	38	45	41	23
Steine + Erden	2	2	2	22	5	2	2	3	23	7
Eisen/Stahl	20	26	27	80	46	7	10	10	80	28
EST-Gießerei	1	1	1	17	7	2	1	1	46	12
Zieh.Kaltzw.	1	2	1	23	16	2	3	2	74	20
NE-Metall	1	3	3	28	9	1	2	2	42	20
Mineralöl	1	9	4	98	25	0	4	4	36	1
Chemie	6	9	10	20	8	9	12	19	39	35
Säge + Holz	0	0	0	6	1	0	1	0	43	8
Papierherzeugung	0	0	0	6	2	1	1	1	28	22
Gummi + Asbest	0	0	0	5	1	1	1	0	15	23
Feinkeramik/Glas	2	1	2	28	7	2	1	2	30	14
Nahrungsmittel	4	6	5	25	6	5	8	6	24	4
energieintensive Industrien ¹⁾	62	70	72	41	20	52	51	59	46	23
Investitionsgüter + Verbrauchsgüterindustrie (ohne Keramik/Glas)	38	30	28	18	5	58	49	41	26	28
Industrie insgesamt	100	100	100	28	9	100	100	100	31	22

¹⁾ Abgrenzung: kumulierter Energiekostenanteil am Bruttoproduktionswert von über 10 % basierend auf gesamtwirtschaftlichen Rechnungen.

Tab. 15 : Anteil energieintensiver Industrien an der Industrie im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen¹⁾

Im Hinblick auf die Zielsetzung der Erhaltung des durchschnittlichen Pro-Kopf-Einkommens des Bundesgebietes für die Regionen Nordrhein-Westfalen und Ruhrgebiet sind von den angeführten Prozentsätzen die Wertschöpfungsanteile von Bedeutung. Unter Verwendung dieser Produktionskennzahlen tragen die Eisen- und Stahlindustrie und die Chemische Industrie in Nordrhein-Westfalen zu 27 % und im Ruhrgebiet zu 29 % zur wirtschaftlichen Basis der Gebiete bei.

Durch die Untersuchung des Einflusses der Kernenergienutzung auf die Wettbewerbsfähigkeit der Eisen- und Stahlindustrie und der Chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen wird ein erheblicher Teil des regionalen Struktureinflusses des Kernenergieeinsatzes sichtbar.

1) Quellen: Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1974/75; Löbbe, K. und Kruck, R., a.a.O.

3.3 Wirkungen der Kernenergienutzung auf die Standort-situation ausgewählter Wirtschaftszweige in Nordrhein-Westfalen

Als weiterer Aspekt soll der Standortaspekt der Kernenergienutzung für ausgewählte Wirtschaftszweige für Nordrhein-Westfalen dargestellt werden. Die Fragestellung lautet hier:

Führt der Bau von Kernkraftwerken zu einer merklichen Verbesserung der Standortbedingungen der Untersuchungsregion für die infrage kommenden Wirtschaftszweige und gehen davon über die Verhinderung von Abwanderung oder die Erweiterung bestehender Betriebe positive Wirkungen auf das wirtschaftliche Wachstum des Landes aus?

Bei den Standortbetrachtungen für Nordrhein-Westfalen sei unterschieden zwischen der Konkurrenzlage des Landes zu Gebieten innerhalb der Bundesrepublik Deutschland bzw. der Europäischen Gemeinschaft und zwischen der Konkurrenzlage zu den Energieförderländern. Als erster Aspekt sei auf die Konkurrenzsituation innerhalb der EG eingegangen.

3.3.1 Vergleich mit innereuropäischen Standorten

Wird einmal von der Annahme ausgegangen, daß Kernkraftwerke in großräumiger Hinsicht innerhalb der Europäischen Gemeinschaft in allen relevanten Regionen zu annähernd gleichen Kosten gebaut werden können und damit überall gleiche Stromabgabe- bzw. Wärmeabgabepreise aufweisen, und zum anderen vorausgesetzt, daß die Nutzung der Kernenergie gerade in Gegenden mit hoher Schadstoffemission aufgrund der Verbrennung fossiler Rohstoffe zur Verringerung der Emissionen beiträgt, dann wird Nordrhein-Westfalen mit seinem gegenwärtig niedrigen Preisniveau,¹⁾ aber hohen

¹⁾ Vgl. zu den Energiepreisen in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland: Bundesministerium für Wirtschaft: Daten zur Entwicklung der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, 1975, Bonn 1976; Schulz, W. u.a.: Die Strompreise in den verschiedenen Gebieten der Bundesrepublik Deutschland,

Immissionswerten der Schadstoffe SO_2 , CO , CO_2 , durch die Kernenergienutzung folgende Änderung seiner Standortbedingungen erfahren:

- Verlust der noch gegenwärtig bestehenden Energiepreisvorteile gegenüber anderen Wirtschaftsregionen der Bundesrepublik Deutschland bzw. der EG,
- Verbesserung der Umweltbedingungen und damit Erhöhung der Standortattraktivität für Industriebetriebe und Erwerbstätige.

Kernkraftwerke sind oder werden auch in anderen Regionen der Bundesrepublik Deutschland und der EG gebaut und besonders in den Regionen, in denen energieintensive Industrien angesiedelt werden und die mit Nordrhein-Westfalen in intensivem Wettbewerb stehen: Küstengebiete, Ballungsgebiete, Gebiete mit hohen Investitionszuschüssen (z.B. Südtalien).¹⁾ Aufgrund der starken Preissteigerungstendenzen gerade für die Anlagen von Kernkraftwerken gilt die Annahme nivellierender Tendenzen regionaler Energiepreise nur dann, wenn die Kernkraftwerke zu annähernd gleichen Zeiten gebaut werden. Zu verschiedenen Zeiten gebaute Kraftwerke können erhebliche Anlagenkostenunterschiede aufweisen. Von 1970 bis 1975 erhöhten sich die Anlagenabschlußpreise

Fortsetzung 1)

Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Köln 1972; vgl. zu den regionalen Energiepreisen in der EG: DOLINSKI, U.; ZIESING, H. u.a.: Sicherheits-, Preis- und Umweltaspekte der Energieversorgung, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Sonderheft 113, Berlin 1976, S. 172 ff.

¹⁾ Vgl. z.B. die Ansiedlung petrochemischer Betriebe in Südtalien und an der Küste, in: "Petrochemie in der EWG", in: Handelsblatt, Sonderteil Nr. 230, 1. Dez. 1969, S. 13-16 und MITTMANN, D.: Die chemische Industrie im nordwesteuropäischen Mitteleuropa in ihrem Strukturwandel, Kölner Forschungen zur Wirtschafts- und Sozialgeographie, Hrsg. von E. OTREMBÄ, Wiesbaden 1974.

um 100 %¹⁾, während sich die Lebenshaltungskosten in diesem Zeitraum nur um 33 % verändert haben. Dies zeigt die Bedeutung frühzeitiger Planung und Installation der Kraftwerke in den Regionen, deren Konkurrenzfähigkeit im Hinblick auf den Energiepreis erhalten bzw. verbessert werden soll.

Besteht kein starkes Energiepreisgefälle zwischen Nordrhein-Westfalen und dem mit ihm um die Errichtung energieintensiver Industrien konkurrierenden Regionen mehr, und treten Umweltgesichtspunkte in den Hintergrund, dann gewinnen alle anderen Faktoren, die den Standort der infrage kommenden Industrie bestimmen, an Bedeutung. Der Erfüllungsgrad der Standortanforderungen im Hinblick auf diese Einflüsse ist dann entscheidend für die Standortwahl.

Generell gilt: die Verbesserung der Standortsituation in Nordrhein-Westfalen durch die Kernenergienutzung hängt bei gleichzeitigem Einsatz der Kernenergie in allen relevanten Regionen nicht so sehr von der Verbesserung der Energiesituation, sondern von der relativen Standortgunst Nordrhein-Westfalens gegenüber den anderen Regionen ab unter Berücksichtigung anderer, für die energieintensiven Industrien relevanter Standortfaktoren.²⁾

1) MANDEL, H.: Die Kernenergie und ihr künftiger Beitrag zur Energieversorgung, in: Chemie-Technik, 1976, Nr. 4, S. 122.

2) SCHMITT, D.; SCHULZ, W. u.a.: Die Auswirkungen von Kernkraftwerken auf die Wirtschaftsstruktur, Untersuchung des energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln im Auftrag des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, November 1972, S. 20.

Die oben gestellte Frage kann daher nicht generell, sondern jeweils im Einzelfall bei Kenntnis aller standortbestimmenden Faktoren beantwortet werden. Die zu berücksichtigenden relevanten Standortregionen beschränken sich bei den möglichen Industriezweigen Chemische Grundstoffindustrie, Eisen- und Stahlindustrie u.a. nicht auf den Raum der Bundesrepublik Deutschland. Die zunehmende Verflechtung der europäischen Märkte und die Erweiterung der Europäischen Gemeinschaft zwingen zu einer weiträumigen Betrachtung.¹⁾

Von den energieintensiven Industriezweigen, von denen angenommen werden kann, daß sie den Energiepreis in ihrem Standortkalkül einbeziehen (= energieorientierte Industriezweige) sind nur die folgenden drei überwiegend am regionalen Energiepreis orientiert:²⁾

- die NE-Metallindustrie,
- die Eisenschaffende Industrie,
- die Chemische Grundstoffindustrie, auch Primärchemie genannt.

Bei regional gleichen Energiepreisen gelten die übrigen wichtigen Standortfaktoren:³⁾

- günstige Verkehrslage wegen hoher Transportkostenempfindlichkeit der Massengüter auf der Input- und Output-Seite
- Nähe zu gleichartigen Produktionen aufgrund hoher brancheninterner Lieferungen
- Tendenz zu großen Betriebseinheiten und damit Orientierung zu den Abnehmerindustrien.

¹⁾ Vgl. z.B.: HANSEN, K.; RÖPER, B.: Standortprobleme unter besonderer Berücksichtigung des Umweltschutzes, in: Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 125, Dortmund 1971.

²⁾ Vgl. die näheren Ausführungen in Abschnitt 4.3.2.2.

³⁾ Vgl. SCHRÖDER, D. u.a.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, Bestimmungsgründe der regionalen Wachstumsunterschiede der Beschäftigung und Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 1950 bis 1980, PROGNOS-Studie Nr. 3, Stuttgart-Main 1968, S. 137 ff.

Ihr Anteil in Nordrhein-Westfalen beträgt: 13 % der Industriebeschäftigten und 22 % des Nettoproduktionswertes (Zahlen von 1974). Wegen ihres geringen Gewichtes an der Gesamtindustrie des Landes kann die NE-Metallindustrie außer Betracht bleiben.

Die spezielle Standortsituation für die genannten energieintensiven Industrien in NRW ist im wesentlichen durch folgende Faktoren gekennzeichnet:

a) entwicklungsbegünstigende Standortfaktoren sind:

- hohes Absatzpotential aufgrund der Konzentration von Abnehmerbereichen
- technischer Verbund mit gleichen Produktionsbereichen (z.B. zwischen Petrochemischen Betrieben)
- ausgebaute Verkehrswege für alle Verkehrsträger
- ausreichendes und gut ausgebildetes Arbeitskräftepotential
- gegenwärtig noch niedrigster Preis für Energieträger in der Bundesrepublik Deutschland und mittlerer Preis gegenüber anderen Ländern der EG.

b) entwicklungshemmende Faktoren sind:

- begrenzte Verfügbarkeit an verkehrsgünstig gelegenen Grundstücken für die teilweise sehr flächenintensiven Produktionen,
- geringe Aufnahmefähigkeit bzw. Akzeptanz zusätzlicher Umweltbelastungen,
- voraussichtlich steigende Preise für die Energie bei verstärkter Verwendung heimischer Steinkohle.

Im Hinblick auf den Standort solcher energieintensiver Industrien steht Nordrhein-Westfalen im Wettbewerb mit den Küstenländern. Das gilt für die Chemische Grundstoffindustrie ebenso wie für die Eisen- und Stahlindustrie. Die Vorteile der Absatznähe, der guten Infrastrukturausstattung und des technischen Verbundes gehen verloren, wenn einerseits Umweltschutzauflagen und steigende Energiepreise den Standort verteuern und andererseits die Ausweitung des Außenhandels und die verbesserten

Produktionsbedingungen an der Küste (z.B. Dollart-Hafen) den Küstenstandort attraktiver machen.

Die weitere Nutzung fossiler Energieträger ist unter Standortgesichtspunkten wie folgt zu werten:

1. es werden weiterhin regionale Energiepreisunterschiede bestehen, die sich insbesondere bei einer verstärkten Nutzung der heimischen Kohle oder auch von Importkohle erhöhen. Es ist wahrscheinlich, daß gerade die Küstengebiete ein niedrigeres Energiepreisniveau aufweisen werden als Nordrhein-Westfalen, falls hier die Importkohle verstärkt genutzt wird.
2. eine vollständige Zurückhaltung aller Schadstoffe ist nicht möglich; die Herabsetzung der Emissionsrate ist mit steigenden Kosten verbunden. Z.B. verteuern sich die Stromerzeugungskosten durch die 50 %ige Rauchgasentschwefelung um 10 - 15 %.¹⁾

Demgegenüber können bei annähernd gleichzeitigem Einsatz von Kernkraftwerken die regionalen Energiepreisunterschiede in großräumiger Hinsicht abgebaut werden. Außerdem entfallen alle Schadstoffemissionen der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Dafür kommt eine Umweltbelastung durch radioaktive Schadstoffe hinzu.

Mit der Kernenergienutzung werden damit zwei der wichtigsten entwicklungshemmenden Standortfaktoren für energieintensive Wirtschaftszweige in Nordrhein-Westfalen wegfallen. Seine entwicklungsfördernden Standortaspekte könnten wieder stärker an Bedeutung gewinnen.

¹⁾ Vgl. BOHN, Th.; EICH, P.; HANSEN, U.; JEHLE, B.: Künftige Stromerzeugungskosten von Großkraftwerken, a.a.O., S. 126.

3.3.2 Vergleich mit den Erdölförderländern

Ein anderer Aspekt der Standortbetrachtung bezieht sich auf die Frage, ob in dem hier betrachteten Zeitraum bis zum Jahre 2000 die Abwanderung energieintensiver Produktionen aus Nordrhein-Westfalen in Länder mit günstigem Energieangebot und Angebot an Rohstoffen für die energieintensiven Produkte aufgrund der veränderten Situation auf den internationalen Energie- und Rohstoffmärkten zu erwarten ist. Insbesondere interessiert die Frage, ob es zu einem verstärkten Import energieintensiver Produkte kommen wird, d.h. die für den Inlandsmarkt bestimmte energieintensive Produktion abwandern wird.

Für eine Abwanderung energieintensiver Produktionen in diesem Zeitraum sprechen folgende Argumente:

- die Verfügbarkeit an Energieträgern, die mit niedrigen Kosten gefördert werden und z.T. als Nebenprodukte anfallen, ermöglicht den Förderländern auch eine preisgünstige Herstellung des energieintensiven Folgeproduktes;
- das benötigte Kapital steht aus Rohstoff- und Energieträgerverkäufen zur Verfügung;
- der Aufbau einer international konkurrenzfähigen Verarbeitungsindustrie ist erklärtes Ziel der Industrialisierungspolitik der Energieförderländer;
- die Umweltschutzaufgaben in diesen Ländern erreichen noch nicht das Ausmaß wie in den Industrieländern.

Gegen die Durchsetzung der genannten industriepolitischen Ziele der Energieförderländer innerhalb des Zeitraumes von 20 Jahren sprechen gerade bei den wichtigsten Produkten der infrage kommenden Industriezweige folgende Argumente:

a) aus der Sicht der energieintensiven Fertigung des Industrielandes:¹⁾

- (1) Ein Teil gerade der Chemischen Produktion ist technisch schwierig zu handhaben und erfordert ausgereifte Fertigungsverfahren
- (2) Viele Produkte sind nicht oder nur unter hohen Kosten transportierbar oder benötigen aufgrund ihres Spezialisierungsgrades die Nähe zum Abnehmer.
- (3) Die meisten infrage kommenden energieintensiven Produkte sind kostengünstig nur in Großserienfertigung herstellbar und verlangen einen Absatzmarkt, den viele der Energieförderländer noch nicht besitzen.
- (4) Eine Trennung von energieintensiver Grundstoffproduktion und energieintensiver Folgeproduktion ist bei verschiedenen Produkten, wie z.B. der Äthylenerzeugung und -verarbeitung oder der Eisenverhüttung und Stahlherstellung mit hohen Kostennachteilen verbunden, die durch die Energiekostenvorteile nicht oder nur in wenigen Fällen kompensiert werden können.

b) aus der spezifischen Sicht der Förderländer:

- (5) Der Erlösverzicht aus dem Verkauf von Energieträgern können zu volkswirtschaftlichen Verlusten führen, die bei alternativer Verwendung der Energieeinnahmen vermieden würden.

¹⁾ Vgl. Bülow, H., Eckerle, K. u.a.: Entwicklungstendenzen der für die Energienachfrage relevanten Strukturelemente von Wirtschaft und Gesellschaft, Studie der Firma Prognos AG für das BMFT, in: Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Forschungsbericht K 76-03, Kernforschung, Künftiger Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit von wirtschaftspolitischen Entwicklungen und dessen Deckung, insbesondere mit Hilfe der Kernenergie, Bonn, Juli 1976

- (6) Die infrage kommenden Verarbeitungsstufen sind sehr kapitalintensiv und haben in der Regel einen geringen Beschäftigungseffekt. Sie entziehen dem Infrastrukturbereich und den arbeitsintensiven Branchen die zu ihrer Entwicklung notwendigen Investitionsmittel. Ihr Aufbau kann daher gerade in bevölkerungsreichen Ländern einer rationalen Industrialisierungspolitik widersprechen.
- (7) Die Spezialisierungsstruktur eines Landes nach dem Faktor-Proportionen-Theorem bestimmt sich nicht nach den absoluten, sondern den komparativen Kostenvorteilen (im Vergleich zu anderen Industrieproduktionen): "Rohstoffvorteile infolge eigener Vorkommen erhöhen oder begründen nur dann einen komparativen Kostenvorteil, bei denen ohnehin die komparativen Kostenvorteile eines Landes vermutet werden, oder wenn die Kostenvorteile bei den Rohstoffen andere komparative Kostennachteile überkompensieren".¹⁾

Die meisten der energieintensiven Produktionen benötigen eine gut ausgebaute Infrastruktur, einen gewissen Entwicklungsstand mit differenzierter Industrie- und Abnehmerstruktur und schon ein ausreichendes Potential qualifizierter Arbeitskräfte. Diese Produktionsgrundlagen fehlen, zumindest gegenwärtig, und werden in den Entwicklungsländern erst in einem Zeitraum von 20 Jahren zu annähernd gleichwertigen Verhältnissen vorhanden sein. Gegen Dumping-Preise werden sich die Industriestaaten durch Einfuhrzölle oder Importkontingente zur Wehr setzen.²⁾ Hierauf deutet das derzeitige Verhalten der europäischen Industrien und der Europäischen Gemeinschaft im Raffinerie- und Stahlbereich hin.

1) Vgl. WOLTER, F.: Strukturelle Anpassungsprobleme der westdeutschen Stahlindustrie, zur Standortfrage der Stahlindustrie in hochindustrialisierten Ländern, Kieler Studien, Nr. 127, Tübingen 1974.

2) Vgl. OCHEL, W.: Die Industrialisierung der Dritten Welt, insbesondere der OPEC-Länder, und ihre Folgen für die Bundesrepublik Deutschland, in: ifo-Schnelldienst, 11/12, 30. Jg.; April 1977, S. 53.

Abwanderungs- bzw. Verdrängungstendenzen energieintensiver Produktionen in Nordrhein-Westfalen durch die industrielle Entwicklung in den Energieförderländern sind daher langfristiger Natur¹⁾ und werden im betrachteten Zeitraum nicht im großen Maßstab wirksam werden. Die Standortbetrachtung in dieser Arbeit beschränkt sich daher auf die Konkurrenzsituation zwischen Nordrhein-Westfalen und den relevanten Regionen in Europa.

Der Vorteil preiswerter Energie allein reicht demnach zur Abwanderung nicht aus, wenn nicht schon andere komparative Vorteile bestehen.

¹⁾ Zu diesem Ergebnis kommt auch: SCHÜRMANN, H.J.: Mineralöl und Wirtschaftsentwicklung in den OPEC-Staaten; in: Erdöl und Kohle; 27 (1974), S. 393 f.

4. Erarbeitung von Kriterien und Maßgrößen einer strukturpolitischen Bewertung

Während bisher die strukturellen Probleme der Untersuchungsregion Nordrhein-Westfalens dargestellt und die Möglichkeiten aufgezeigt wurden, mit denen die Kernenergie zur Strukturverbesserung beitragen kann, sollen in diesem Abschnitt die Kriterien und Maßgrößen erarbeitet werden, die es erlauben, die strukturpolitische Bedeutung der Einführung neuer Energieversorgungssysteme in Nordrhein-Westfalen beurteilen zu können.

4.1 Wirtschaftliches Wachstum als Beurteilungskriterium der Strukturpolitik in zurückbleibenden Regionen

Zur Beurteilung des Kernenergieeinsatzes in Nordrhein-Westfalen und dem Ruhrgebiet können die Ziele der Strukturpolitik solcher Räume dienen.¹⁾

Strukturpolitik als Teil der Wirtschaftspolitik besteht im Gegensatz zur Prozeßpolitik immer in der Beeinflussung der Proportionen bzw. des Gefüges einer Wirtschaft.²⁾ Strukturbereiche im weiteren Sinne können sein: die Nachfragestruktur, die Erwerbsstruktur, die Betriebsgrößenstruktur u.a.. Im engeren Sinne wird der Begriff der Wirtschaftsstruktur auf die Zusammensetzung der Produktionszweige in einem Wirtschaftsgebiet bezogen. Er wird dieser Arbeit zugrunde gelegt.

1) Vgl. zu den Zielen als Beurteilungskriterien: BRÖSSE, U.: *Ziele in der Regionalpolitik und in der Raumordnungspolitik*, Berlin 1972, S. 37 f.

2) Vgl. zum Strukturbegriff: BOMBACH, G.: *Der Strukturbegriff in der Ökonomie*, in: *Strukturwandlungen einer wachsenden Wirtschaft*, Schriften des Vereins für Sozialpolitik, NF. Bd. 30/I, S. 10 ff; FAEHNDRICH, H.: *Die Determinanten der Wirtschaftsstruktur, Versuch einer systematischen Darstellung*, in: *Zeitschrift für Nationalökonomie* 23, 1963, S. 200 ff; REDL, F.: *Wirtschaftsstruktur und wirtschaftliches Wachstum*, in: *Zeitschrift für Nationalökonomie*, Wien, Jg. 23, 1963, 1/2, S. 189 ff; PAULSEN, A.: *Zum Begriff "Wirtschaftsstruktur"*, in: *Zeitschrift für Nationalökonomie*, Wien, Jg. 24, 1964, 3, S. 303 ff.

Strukturpolitik besteht dann in der Beeinflussung der Anteile der einzelnen Produktionsbereiche an der Gesamtwirtschaft oder an bestimmten Teilaggregaten im Hinblick auf die Erreichung gesetzter Ziele.¹⁾

Für monostrukturierte und gegenüber der gesamträumlichen Entwicklung zurückbleibende Regionen wie dem Ruhrgebiet können in Ableitung ihrer Problemlage folgende Ziele als die wichtigsten Ziele der regionalen Strukturpolitik angesehen werden:²⁾

1. Schaffung der Voraussetzungen für die Steigerung des regionalen Wohlstandes (Wachstumsziel)
2. Schaffung einer krisenfesten Wirtschaftsstruktur (Stabilitätsziel).

Beide Ziele werden auch in den Entwicklungsprogrammen der nordrhein-westfälischen Landesregierung als vordringliche Ziele der Wirtschafts- und Strukturpolitik für das Land Nordrhein-Westfalen und für das Ruhrgebiet genannt.³⁾

1) Vgl. STARBATTY, J.: Regionale Strukturpolitik in der Sozialen Marktwirtschaft, Diss. Köln 1967, S. 7 ff. Dieser Begriff der "regionalen" Strukturpolitik unterscheidet sich von dem üblicherweise auf den Gesamttraum bezogenen Begriff der regionalen Strukturpolitik als "die bewußte Beeinflussung eines flächendeckenden Systems von Regionen zur Durchführung wirtschaftspolitischer Zielsetzung gesamtwirtschaftlicher Prägung" aufzufassen; vgl. FÜRST, D.; KLEMMER, P.; ZIMMERMANN, K.: Regionale Wirtschaftspolitik, Tübingen, 1976, S. 4, und STORBECK, D.: Ansätze zur regionalen Wirtschaftspolitik, ein Beitrag zur Begriffserklärung, in: Raumforschung und Raumordnung, 22. Jg. 1964, S. 248 ff.

2) Vgl. ebenda, S. 6 ff und SCHNEIDER, H.K.: Über die Notwendigkeit regionaler Wirtschaftspolitik, in: Beiträge zur Regionalpolitik, hrsg. von SCHNEIDER, H.K., Schriften des Vereins für Sozialpolitik, N.F., Bd. 41, Berlin 1968, S. 4.

3) Vgl. Landesregierung Nordrhein-Westfalen: Notwendige Maßnahmen zur Verbesserung der Landesstruktur in Nordrhein-Westfalen, Druckschrift, 1. Teil: Analyse und Vorschläge zur regionalen Strukturverbesserung, Düsseldorf 1964, S. 12 f; Landesregierung Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Entwicklungsprogramm Ruhr 1968 - 1973, Düsseldorf 1968, S. 11; Landesregierungs Nordrhein-Westfalen; Nordrhein-Westfalen-Programm 1975; Düsseldorf 1970, S. 39.

Als Wachstumspolitik hat die Strukturpolitik die Aufgabe,¹⁾ die Anpassung der Produktion an veränderte Bedingungen, z.B. auf der Nachfrageseite oder im Bereich der Produktionstechnik, zu ermöglichen oder zu fördern. Schaffung der Voraussetzung für die Steigerung des wirtschaftlichen Wachstums heißt dabei die Voraussetzungen für den optimalen Einsatz der Produktionsfaktoren zu schaffen.²⁾ Die Faktoren müssen ihrer produktivsten Verwendung zugeführt werden können. Auf regionaler Ebene gehört dazu z.B. die Erhöhung des Informationsgrades über neue Produkte und Verfahren, Umschulungs- und Umsiedlungshilfen für Arbeitskräfte, finanzielle Beihilfen für die Ansiedlung von Industrien mit überdurchschnittlicher Produktivität und Wertschöpfung, Stilllegungsprämien u.a.. Dies sind in der Regel kurz- bis mittelfristige Maßnahmen. Von wesentlicher Bedeutung einer langfristigen Strukturpolitik sind die Ausgaben für Forschung und Entwicklung³⁾ entweder, um durch den Einsatz kostengünstiger Produktionsverfahren auf lange Sicht eine Steigerung der regionalen Faktorproduktivität zu erreichen oder um den regionalen Wirtschaftszweigen die Aufnahme zukunftsbezogener Produkte in ihr Programm zu ermöglichen. So gesehen ist auch die finanzielle Unterstützung der Entwicklung der Kernenergie und seiner Periphertechnologien Bestandteil der Struktur- und Wachstumspolitik des Landes Nordrhein-Westfalens.

1) Vgl. GIERSCH, H.: Aufgaben der Strukturpolitik, in: *Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik*, Jg. 9, 1964, S. 61 ff.

2) Vgl. GIERSCH, H.: Aufgaben der Strukturpolitik, in: a.a.O., S. 56 ff.

3) Vgl. z.B.: Der Bundesminister für Wirtschaft: *Strukturbericht 1969 der Bundesregierung*, Drucksache V/4564, Bonn 1969, S. 10 ff.

Durch das Ziel der Schaffung einer krisenfesten Wirtschaftsstruktur sollen besonders monostrukturierte Gebiete vor den Folgen einer durch Konjunktureinflüsse und Strukturwandlungen hervorgerufenen Branchenkrise und der daraus resultierenden Arbeitslosigkeit und Steuerausfälle geschützt werden.

Die konjunkturelle und strukturelle Anfälligkeit dieser Regionen wird reduziert, wenn das Produktionsprogramm im Bereich der Basisproduktion erweitert bzw. diversifiziert wird.¹⁾ Dieser Diversifikationsprozeß erscheint auch im Ruhrgebiet unumgänglich, da die ungünstigen Produktions- und/oder Absatzbedingungen der regionalen Hauptprodukte Kohle und Stahl nicht nur einen relativen, sondern auch absoluten Entwicklungsrückstand befürchten lassen. Beide Industriezweige sind nicht nur strukturellen Wandlungen ausgesetzt, sondern auch in erheblichem Maße konjunkturanfällig, wie gerade die Rezession des Jahres 1975 gezeigt hat.

Der Kernenergieeinsatz kann dem Stabilitätsziel dadurch dienen, daß er zur Produktivitätssteigerung einer Reihe von Nicht-Montanindustrien beiträgt. Besonderes Gewicht haben hierbei die energieintensiven Nicht-Montanindustrien, die Basis- und Schlüsselfunktionen in der Region besitzen bzw. übernehmen können.

Aufgrund des hohen Anteils energieintensiver Nicht-Montanindustrien im Ruhrgebiet kann erwartet werden, daß der Kernenergieeinsatz auch dem Stabilitätsziel gerecht wird. Da zudem die Nicht-Montanindustrien ein höheres Produktions- und Produktivitätswachstum als die Montanindustrien aufweisen, korrespondiert eine zusätzliche Unterstützung von Schlüsselsektoren im Nicht-Montanbereich mit dem Wachstumsziel.

¹⁾ Vgl. SCHNEIDER, H.K.: *Über die Notwendigkeit regionaler Wirtschaftspolitik*, a.a.O., S. 6.

Generell ist allerdings zu fragen, ob die von der Landesregierung aufgebrauchten Forschungsmittel zur Entwicklung eines Reaktortyps, der vornehmlich der Montanwirtschaft dienen soll (dem Hochtemperaturreaktor), im Hinblick auf die beiden Ziele der regionalen Strukturpolitik zweckgerichtet verwendet werden. Weder bietet die Montanindustrie eine überproportionale Faktorproduktivität bzw. -rentabilität, noch tragen sie zur wirtschaftlichen Stabilität bei. Diese Frage kann allerdings nicht ausschließlich unter dem Aspekt des einzelwirtschaftlichen Produktivitätsbeitrages bzw. Beitrages zur regionalen Stabilität beantwortet werden.

Nimmt man z.B. als Effizienzkriterium des Mitteleinsatzes die insgesamt in der Region geschaffene oder erhaltene Produktion oder Beschäftigung, dann zeigt sich, daß neben der betriebswirtschaftlichen Produktivität auch die regionale Ausstrahlungskraft der geförderten Sektoren eine bedeutende Rolle bei der Erreichung des Wachstumszieles spielt, diese ist mitbestimmend für die gesamte regionalwirtschaftliche Grenzproduktivität des Faktoreinsatzes.¹⁾ Nach den vorliegenden Untersu-

1) *Die regionale makroökonomische Grenzproduktivität des Einsatzes eines Faktors oder aller Faktoren ist ja das Kriterium, mit dessen Hilfe die regionalen Wachstumswirkungen gemessen werden, vgl.: GEISENBERGER, S. u.a.: Zur Bestimmung wirtschaftlichen Notstandes und wirtschaftlicher Entwicklungsfähigkeit von Regionen, Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Abhandlungen, Bd. 59, Hannover 1970, S. 6 ff; Vgl. zur produktivitätsorientierten Regionalpolitik und zum Produktivitätsbegriff auch: MARX, D.: Wachstumsorientierte Regionalpolitik, wirtschaftliche Studien, Heft 3, hrsg. Institut für Europäische Wirtschaftspolitik der Universität Hamburg, Göttingen 1968, und REUSS, G.E.: Produktivitätsanalyse, Veröffentlichungen der List-Gesellschaft, Bd. 17, Basel-Tübingen 1960.*

chungen scheint die Breitenwirkung von Investitionen im Kohle- und Stahlbereich im Ruhrgebiet noch erheblich zu sein, so daß sie von keinem anderen Sektor übertroffen wird.¹⁾ Einzelwirtschaftliche Arbeits- oder Kapitalproduktivitäten reichen daher als Auswahlkriterium für die regionale Strukturpolitik nicht aus. Es muß die Funktion des betroffenen Sektors für das regionalwirtschaftliche Wachstum generell mit als Beurteilungskriterium herangezogen werden. Unter diesem Aspekt scheinen weitere Förderungsmittel für den Kohlenbergbau und die Eisen- und Stahlindustrie gerechtfertigt. Dies wird in den folgenden Kapiteln im Hinblick auf den Kernenergieeinsatz in diesen Wirtschaftszweigen gezeigt werden.

Wachstums- und Stabilitätsziel werden demnach im Hinblick auf den Kernenergieeinsatz nicht als konkurrierende Ziele aufgefaßt, da beide Ziele zu einem bestimmten Grad erreicht werden können.

Neuansiedlungen im Ruhrgebiet als Folge des Kernenergieeinsatzes werden in dieser Arbeit nicht betrachtet. Es wird von der bestehenden Wirtschaftsstruktur ausgegangen und die Konsequenz der Kernenergieverwendung für das regionalwirtschaftliche Wachstum untersucht.

-
- 1) Vgl. besonders: LÖBBE, K. und KRUCK, R.: *Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet*, Schriftenreihe des RWI, N.F. Heft 37, Berlin 1976, und: HENNIES-RAUTENBERG, H. u.a.: *Die Auswirkungen alternativer Entwicklungen bei der Förderung von Steinkohle auf die Ruhrwirtschaft*, 1. Teil: *Darstellung der Ergebnisse*, in: *Mitteilungen des RWI*, 27. Jg. 1976, Heft 4, S. 297 ff.
- 2) Vgl. LAMBERTS, W.: *Der Strukturwandel im Ruhrgebiet, eine Zwischenbilanz*. 2. Folge: *Beurteilung der Entwicklung und regionalpolitische Folgerungen für das Ruhrgebiet*, in: *Mitteilungen des RWI*, 24. Jg. 1973, Heft 1, S. 40 ff.

4.2 Regionalwirtschaftliche Impulse durch den Kernenergieeinsatz

Als raumwirksam oder raumbedeutend lassen sich alle diejenigen Entwicklungen im Energiesektor ansehen, die entweder Grund oder Boden in Anspruch nehmen oder die räumliche Entwicklung eines Gebietes beeinflussen.¹⁾ In diesem Abschnitt wird der Einfluß auf die regionale Wirtschaftsentwicklung, gemessen mit Hilfe der Veränderung des regionalen Bruttosozial- bzw. Bruttoinlandsproduktes untersucht.

Raumwirksame oder regionale Impulse der Energiewirtschaft sind dann alle Änderungen im Bereich der Energieversorgung einer Volkswirtschaft, die auf die wirtschaftliche Entwicklung der Teilräume einen Einfluß haben können. Regionales Wachstum soll hier als Funktion der in der Betrachtungsregion getätigten Investitionen, deren Kapazitäts-, Einkommens- und regionalen Komplementäreffekten verstanden werden.²⁾ Im Hinblick auf die das regionale Wachstum bewirkenden regionalen Investitionen sind dann jene Veränderungen zu untersuchen, die die räumliche Verteilung der Investitionen der Volkswirtschaft beeinflussen können.

Die Erarbeitung der hierbei wichtigsten energiewirtschaftlichen Faktoren soll anhand einer Vergangenheitsanalyse vorgenommen werden.

1) Vgl. Raumordnungsgesetz vom 8.4.1965, in: Bundesgesetzblatt, Teil I, Jg.65, Nr. 16, S. 306-310, und JOCHIMSEN, R.: Grundfragen und zusammenfassende Darstellung raumbedeutsamer Planungen und Maßnahmen gemäß § 4 Abs. 1 des Raumordnungsgesetzes vom 8. April 1965, Forschungsbericht, erstellt im Auftrag des Bundesministers des Inneren, Mitteilungen aus dem Institut für Raumordnung, Heft 76, Bonn-Bad Godesberg 1972, S. 14 f.

2) Vgl. zu den regionalen Wirkungen von Investitionen: SCHMIDT, H.: Räumliche Wirkung der Investitionen im Industrialisierungsprozeß, in: Die industrielle Entwicklung, Analyse der wirtschaftlichen, sozialen und politischen Auswirkungen der Industrialisierung, hrsg. von VOIGT, F., Bd. 9, Köln und Opladen 1966, und BÖVENTER, von, E.: Die räumlichen Wirkungen von öffentlichen und privaten Investitionen, in: Grundfragen der Infrastrukturplanung für wachsende Wirtschaften, Schriften des Vereins für Sozialpolitik, N.F. Bd. 58, Berlin 1971, S. 167.

4.2.1 Einfluß energiewirtschaftlicher Faktoren auf die Raumstruktur in der Vergangenheit

Von der Energiewirtschaft sind durch die Einführung neuer Energieträger und neuer Energieversorgungstechnologien in der Vergangenheit unterschiedliche Impulse auf die Investitionsverteilung im Raum ausgegangen.

Die Art dieser Impulse soll anhand einer historischen Ableitung sichtbar werden (Abb. 15)¹⁾

In der vorindustriellen Epoche trugen Wasser, Wind und Holz im wesentlichen zur Energiebedarfsdeckung bei (Abb. 16).²⁾

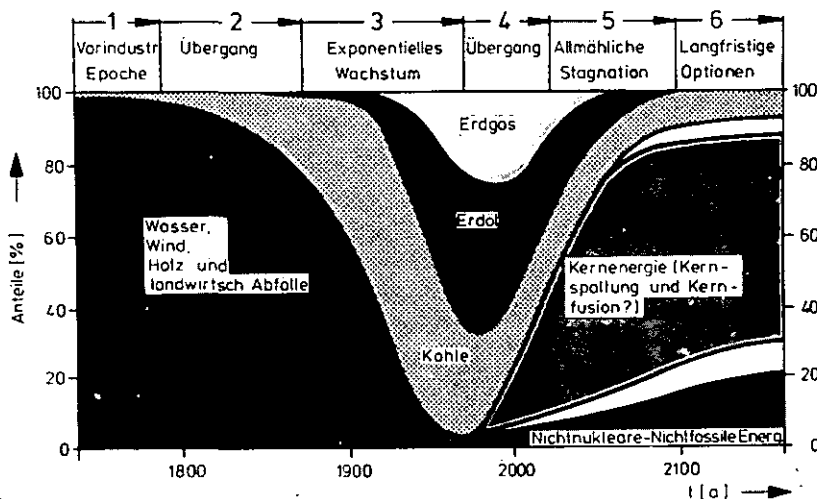


Abb. 16 : Szenarien der Epochen der Energiebedarfsdeckung und der Anteile der Primärenergieträger

¹⁾ Diese Übersicht wurde aufgrund folgender Unterlagen erarbeitet: KLOTEN, N. und MÜLLER, J.H.: Regionale Strukturpolitik und wirtschaftliches Wachstum in der Marktwirtschaft, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, hektographiert, Tübingen und Freiburg 1965, S. 63 ff. MÜLLER, J.H.: Die räumlichen Auswirkungen der Wandlungen im Energiesektor, in: Energiewirtschaft und Raumordnung, Forschungs- und Sitzungsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 13, Hannover 1967; BORRIER, von, E.: Ökonomische Grundlagen der westdeutschen Siedlungsstruktur, Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Abhandlungen, Bd. 56, Hannover 1969.

²⁾ Quelle: Bundesministerium für Forschung und Technologie: Energiequellen für morgen, Teil I: Zukünftige Energiebedarfsdeckung und die Bedeutung der nichtfossilen und nichtnuklearen Primärenergieträger, S. 2, Abb. 1.

Zeltraum	Energiewirtschaft	Verkehrswirtschaft	Wirtschaftsstruktur	Raumstruktur
bis Ende 18. Jh. vorindustrielle Epöche	Wasser und Wind zur Kraft- erzeugung, Holz und Abfälle zur Wärme- erzeugung Kraftbedarfsdeckung unzureichend und nur an wenigen Orten Wärmebedarfsdeckung ausreichend und fast überall	Pferdefuhrwerk, Schiffe und Flöße; wichtigste Verkehrs- mittel Massentransport kaum möglich; hohe Kosten und Anstrengungen	Agrarwirtschaft dominiert Bergbau, Mühlen Manufakturen	Streuung der landwirt- schaftlichen und ge- werblichen Tätigkeit Schwerpunkte in den Residenzstätten und Verkehrsknotenpunkten
Ende 18. Jh. bis Ende 19. Jh. Beginn der In- dustrialisierung 1770 Dampfmaschine, Spinn- + Web- maschine 1795 Gasretorte 1800 Hochofen in Deutschland	Steinkohle und Koks zur Wärme- und Krafterzeugung und als Reduktionsmittel Ausreichende aber räumlich konzentrierte und teure Kohlevorkommen hohe Transportkosten für Kohle hoher spezifischer Energie- verbrauch und hohe Energie- kosten	Dampfeisenbahn und Dampf- schiffahrt Geschlossenes Eisenbahnnetz und Ausbau der Wasserwege Massentransport möglich Trotz Transportkosten- senkung noch hohe Transportkostenanteile	großindustrielle Eisen- gewinnung und -verarbeitung Industrialisierung der Produktionszweige: - Textil - Maschinenbau - Fahrzeugbau - Glaserzeugung - Holzverarbeitung - Papiererzeugung - Farben und Kohlechemie	Bildung wirtschaftlicher Schwerpunkte: - Kohlegebiete mit Schwer- industrie und Chemie - Gebiete mit qualifizierten Arbeitskräften, Nutzung der Dampfmsch.; Textil, Fahr- zeugb., Maschinenb. - Gebiete mit guten Verkehrs- verhältnissen und günstigen Energiebezug: Rheinschifene, Rhein-Main Rhein-Neckar
Ende 19. Jh. bis Mitte 20. Jh. Industrielle Durch- dringungphase 1860 Dynamo 1890 Elektrolyse 1900 Dieselmotor	Elektrizität auf Kohle- und Wasserkraftbasis zur Licht- und Krafterzeugung größtenteils Elektrizitäts- versorgung Beginn der Mineralöl- und Ferngaswirtschaft hohe Verteilungskosten für alle Energieträger	Elektrifizierung der Eisenbahn, Kraftfahrzeug und Straßenbau Auch kleinräumige Güterversorgung möglich Senkung der absoluten Transportkosten und relativen Transportkostenanteile	Elektrochemie und Elektrometallurgie industrielle Fertigung fast aller Produktions- und Konsum- güter steigender Veredelungs- und Spezialisierungsgrad kleinindustrielle Fertigung durch Stromversorgung und Elektromotor möglich	Wenig Veränderung der Industrie- schwerpunkte Alte Agglomerationen behalten bzw. verstärken ihre Attraktion Stromerzeugung und Elektro- motor ermöglichen dezentrale Krafterzeugung
Mitte 20. Jh. bis ca. 1970 Stand hoher Industrialisierung	Mineralöl und Erdgas zur Kraft- und Wärmeversorgung (Raffinerien im Binnenland und Ferngasleitungen) Verdrängung der Steinkohle aus dem Wärmemarkt Verringerung des spezi- fischen Energieeinsatzes bei allen Energiever- brauchern und Senkung der Energiekosten Nivellierung regionaler Energieprelsunterschlede	Pipeline als billiges Transportmittel Vervollständigung des Fernstraßennetzes Verbesserung der Transport- techniken (z.B. Container) allgemein geringer Transport- kostenanteil	Wirtschaftsstruktur: Abnahme der Landwirtschaft; rel. Zunahme der Dienst- leistungen Industriestruktur: Abnahme der energieorientierten und transportkostenintensiven Industrien; rel. Zunahme der standortunabhängigen Industrien	Tendenzen der Entballung wegen Arbeitskräftemangel in den Verdichtungsgebieten und interregionaler Anglei- chung der Infrastrukturaus- stattung Abnehmende Bedeutung der Kohlegebiete, zunehmende Bedeutung der Gebiete mit hohem Freizeitwert Energietrassen in und zwischen den Verdichtungs- gebieten Ausnahme: Mineralölverar- beitung in Bayern

Abb.15: Entwicklung der Raumstruktur in Deutschland und Einfluß energiewirtschaftlicher Faktoren

Der Einfluß energiewirtschaftlicher Faktoren auf die Raumstruktur begann im größeren Ausmaß mit der Erfindung der Dampfmaschine und dem Einsatz der Kohle als wichtigstem Energieträger. Die Verwendung der nur an wenigen Orten lokalisierten und nur mit hohem Aufwand transportierbaren Kohle führte zur Plazierung von Industrien in den Kohlegebieten, die selbst durch einen hohen Konzentrationsgrad und hoher Transportkostenempfindlichkeiten ihrer Produkte gekennzeichnet sind (Eisenverhüttung und Stahlerzeugung). Sie zogen damit weiterverarbeitende Industriezweige nach sich und bildeten schon früh industrielle Schwerpunkte, die dann aufgrund ihrer Agglomerationsvorteile auch von nicht energieorientierten Industrien bevorzugt wurden. Diejenigen energieintensiven Industrien, die nicht an die Lagerstätten der Kohle gingen, ließen sich bevorzugt an den großen Wasserstraßen nieder, die einen relativ günstigen Kohlebezug ermöglichten.

Außerdem bewirkten die Dampfschiffahrt und Dampfeisenbahn einen verbesserten Transport aller Güter, auch der Energieträger selbst. Auch hierdurch wurden Agglomerationen ausgelöst, da die Ausweitung der Absatzraten vieler Produktionszweige die Nutzung interner Ersparnisse und die Lagerung an die für sie optimalen Standorte möglich machte. Gebiete mit besonderen Standortvorteilen (z.B. Qualifikation der Arbeitskräfte) erfuhren einen Aufschwung, da der Transport von Einsatzgütern (einschließlich Energieträger) und Absatzerzeugnissen möglich wurde.

Die mit wachsender Wirtschaft eintretende Veredelung und Differenzierung des volkswirtschaftlichen Produktionsprozesses trug dann in den Bereichen außerhalb der Grundstoffindustrie zu einem abnehmenden Gewicht des Standortfaktors Energie, bezogen auf die räumliche Entwicklung in der Phase der industriellen

Durchdringung bei. Einmal mindertensich mit zunehmender Wertschöpfung und mit der Einführung energiesparender Produktionstechniken die Energiekostenanteile vieler Produkte. Zum anderen erweiterten sich innerhalb der Wirtschaftsstruktur diejenigen Zweige, die nur mit geringen Energiekosten belastet waren. Die gleiche Entwicklung zeigte sich auch für den Transportsektor: technische Fortschritte im Verkehrssektor und sinkende Treibstoffpreise verringerten die absoluten Transportkosten; die Verringerung des Materialindex bei den verschiedenen Produktionszweigen reduzieren den spezifischen Transportinput; der Anteil der transportkostenbelasteten Zweige nahm gegenüber den transportkostenindifferenten Wirtschaftszweigen ab.¹⁾

Dazu trug auch das Vordringen der Energieträger Erdöl und Erdgas seit Mitte dieses Jahrhunderts bei. Der günstige Pipelinetransport von Rohöl und Gas, die Mineralölverarbeitung in den Verbrauchszentren in fast gleich großen Betriebseinheiten und die Wettbewerbsfähigkeit zwischen Öl und Gas führte zu einem annähernd gleichen Preisniveau für die genannten Energieträger in den einzelnen Verbrauchszentren der Bundesrepublik Deutschland (Hamburg, Hannover, Düsseldorf, Frankfurt-Mannheim, Stuttgart, München).²⁾

Heute stellt sich die Situation in großräumiger Hinsicht etwa wie folgt dar:

1. alle für die Deckung des Wärme-, Licht- und Kraftbedarfs wichtigen Energieträger (Mineralölprodukte, Erdgas, elektrischer Strom) sind, gemessen an ihrer mengenmäßigen Verfügbarkeit und ihren Preisen, annähernd zu Ubiquitäten geworden.

¹⁾ Vgl. BORRIES, H.: *Ökonomische Grundlagen der westdeutschen Siedlungsstruktur*, in: *Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Abhandlungen*, Bd. 56, Hannover 1969, S. 82.

²⁾ Bundesministerium für Wirtschaft, III D4: *Daten zur Entwicklung der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland*, Bonn, Dezember 1974.

2. Der Einfluß der Energiewirtschaft auf die Standortwahl aller Wirtschaftszweige hat abgenommen. Die Orientierung zu Standorten günstigen Energieangebots bestand in der Zeit von 1950 bis 1970 nur noch für ganz wenige Industriesparten (Aluminiumerzeugung, Primärchemie, Hochofenwerke und Glasindustrie),¹⁾ wovon die Eisenverhüttung in starkem und die Primärchemie und NE-Metallindustrie in geringem Maße zu räumlicher Konzentration und zum räumlichen Verbund mit anderen Industriegruppen neigt.²⁾
3. Geringe volkswirtschaftliche Transportkostenbelastung bedeutet, daß der am gesamten Transportaufwand mit ca. 10 bis 20 %³⁾ beteiligte Energiefaktor kaum noch einen Einfluß auf transportbedingte Standortverlagerungen haben kann.

Energiewirtschaftliche Faktoren können daher nicht mehr zur Bildung von Großballungen beitragen, wie es in der Kohleära geschehen ist. Sie können nur noch vereinzelt Standortentscheidungen beeinflussen, wie es durch die Errichtung chemischer Industrie- und Aluminiumerzeugung in Gefolge des Kernkraftwerks Stade⁴⁾ und dem - erst nach Jahren erfolgten - Aufbau von petrochemischen Betrieben im Anschluß an die Mineralölverarbeitung in Ingolstadt geschehen ist.⁵⁾ Bei diesen Standortentscheidungen war das Energieangebot allerdings nicht bestimmender, son-

1) LINDENLAUB, J.: *Energieimpulse und regionale Wachstumsdifferenzierung*, in: *Schriftenreihe des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln*, Band 14, München 1968, Übersicht 6, S. 253.

2) Vgl. ebenda, S. 270 ff, und: BORRIES, H.: a.a.O., S. 122 ff.

3) o.V.: *Direkter und indirekter Einsatz von Energie in der Bundesrepublik Deutschland*, in: *Wochenbericht des DJW*, Berlin, 41, 1974, Heft 1/2, S. 1, und KOCH, K.: *Energie als Kostenfaktor in der westdeutschen Wirtschaft*, in: *Vierteljahreshefte für Wirtschaftsforschung*, Berlin 1972, S. 203 ff.

4) Vgl. o.V.: *Elbe-Mündung zieht Industrie an*, in: VWD (Vereinigte Wirtschaftsdienste GmbH), Frankfurt, 5.5.1970.

5) Vgl. o.V.: *Durchbruch der Petrochemie in Bayern*, in: VWD (Vereinigte Wirtschaftsdienste GmbH), Frankfurt, 20.4.1970, und: o.V.: *Vor einem petrochemischen Verbund in Bayern*, in: FAZ (Frankfurter Allgemeine Zeitung), 25. Februar 1970.

dern nur komplementärer Standortfaktor neben der günstigen Verkehrslage zu überseeischen Bezugs- und Absatzgebieten (Elbemündung) bzw. den naheliegenden Verarbeitungsbetrieben (Bayern).

In der Vergangenheit sind aber noch andere, nicht durch sichtbare Standortbewegungen hervorgerufene Einflüsse der Energiewirtschaft auf die Raumstruktur zu verzeichnen. Diese sind einmal die Raumwirkungen, die durch die unterschiedliche Inanspruchnahme der Ressourcen der einzelnen Teilräume hervorgerufen werden.¹⁾ Die Inanspruchnahme von Arbeitskräften, Kapital und Grundflächen, die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und Verunreinigungen von Luft und Wasser durch energiewirtschaftliche Aktivitäten verändern die Standortqualität der Teilräume für Wirtschaft und Menschen. Ein Beispiel einer solchen Verschlechterung der Standortqualität bildet das Ruhrgebiet, dessen mangelnde Attraktivität sicher auch auf die Häufung von Anlagen zur Gewinnung und Umwandlung von Energieträgern zurückzuführen ist.

Zum anderen waren energiewirtschaftliche Faktoren an Raumveränderungen beteiligt, die nicht unmittelbar raumdifferenzierende Eigenschaften besitzen. Denn auch globale, regional undifferenzierte Wachstumsdeterminanten können zu räumlichen Wachstumsdifferenzierungen führen, wenn sie auf räumlich unterschiedliche Strukturen treffen.²⁾ Zu denken ist hier an Veränderungen des nationalen Energiepreinsniveaus, die diejenigen Räume am stärksten betreffen, die einen hohen Energieverbrauch haben; oder an die Produktivitätseffekte im Bereich des Endenergieverbrauchs, die bewirken, daß Produktionsfaktoren an bestimmten Raumpunkten freigesetzt werden und bei entsprechender Mobilität das Entwicklungspotential anderer Räume erhöhen. Ein Beispiel für diesen teilweise auch großräumig wirkenden Produktivitätseffekt

1) Vgl. zum Begriff der regionalen Ressourcen: BRÖSSE, U.: *Ziele in der Regionalpolitik und in der Raumordnungspolitik*, Berlin 1972, S. 94.

2) Vgl. FISCHER, G.: *Praxisorientierte Theorie der Regionalforschung, Analyse räumlicher Entwicklungsprozesse als Grundlage einer rationalen Regionalpolitik für die Schweiz*, Tübingen 1973, S. 67.

ist der mit der ländlichen Stromversorgung, der Nutzung von Mineralölderivaten und dem Einsatz von Elektromotoren, Traktoren und landwirtschaftlichen Maschinen bewirkte gewaltige Fortschritt der landwirtschaftlichen Arbeitsproduktivität. Die für die Agrarproduktion nicht mehr benötigten Menschen wurden hauptsächlich von den großen Industriezentren angezogen und ermöglichten ein verstärktes Wachstum in den Ballungsräumen.¹⁾

4.2.2 Mögliche Beziehungen zwischen den Energieimpulsen und der regionalen Sozialproduktentwicklung

In der Vergangenheitsanalyse wurden energiewirtschaftliche Raumwirkungen verschiedenster Art angesprochen, ohne daß der Bezug zu dem räumlichen Wachstumsindikator, das regionale Bruttosozialprodukt, deutlich wurde. Die Wirkungskette zwischen den möglichen Energieimpulsen - als die die regionalen Wachstumsdifferenzen auslösenden Momente - und der Veränderung des Wachstumsindikators ist nämlich für die einzelnen Raumwirkungsaspekte unterschiedlich lang.

Ein direkter Zusammenhang zwischen Energieimpuls und regionalem Bruttosozialprodukt ist offensichtlich bei den in ihrer Art, Umfang und Struktur räumlich unterschiedlichen Investitionen im Energiebereich selbst, da deren Kapazitäts- und regionale Einkommenseffekte direkt das Sozialprodukt der betroffenen Regionen verändern. Der Kapazitätseffekt beschreibt ja den angebotsseitigen, der Einkommenseffekt den nachfrageseitigen Beitrag der Investition zum Sozialprodukt eines Gebietes. Die Wirkungskette hat im Falle energiewirtschaftlicher Investitionen folgendes Aussehen (Abb. 17):

¹⁾ Vgl. SCHNEIDER, H.K.: Artikel "Energiewirtschaft und Raumordnung", in: H.d.R.R., Bd. I, Hannover 1970, Sp. 598.

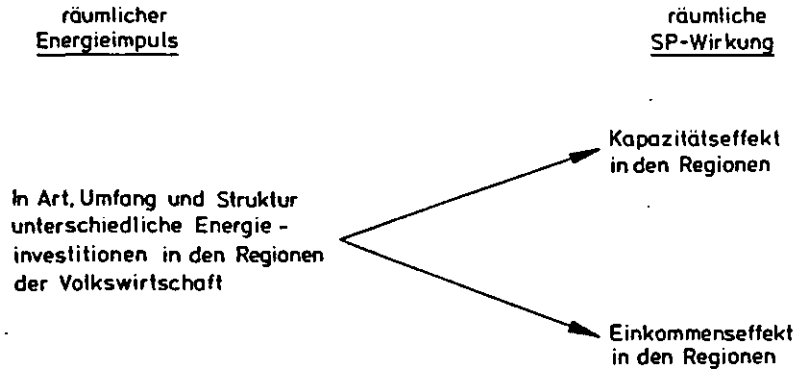


Abb. 17: Regionale Wachstumsimpulse aufgrund regional unterschiedlicher Investitionen im Energiebereich

Ein weiterer Zusammenhang kann auch noch bestehen, wenn die Investitions- und Standortentscheidungsvariable der Unternehmen in starkem Maße von energiewirtschaftlichen Faktoren beeinflusst werden. Denn diese Entscheidungen bewirken räumlich fixierte Investitionen mit regionalen Kapazitäts- und Einkommenseffekten und daraus folgenden Veränderungen der regionalen Sozialprodukte. Die Wirkungskette hat in diesem Fall folgende Glieder (Abb. 18):

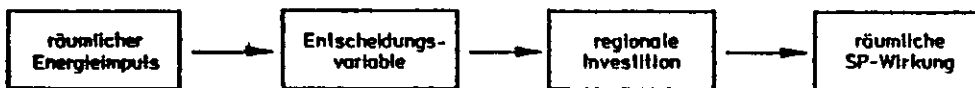


Abb. 18: Wirkungsablauf des räumlichen Energieimpulses

Zu denken ist hier an ein räumlich unterschiedliches Angebot an Energie im Hinblick auf bestimmte Energieträger, Energiemengen oder Energiepreise, die den Standort verschiedener Produktionsprozesse ausschließlich oder zusammen mit anderen Standortfaktoren festlegen. Es sind dies besonders energieintensive Verfahren, bei denen die Verfügbarkeit und der Preis der eingesetzten Energieträger für die Prozesse selbst und für seine Wirtschaftlichkeit von großer Bedeutung sind. Energiewirtschaftliche Impulse lassen sich demnach zurückführen auf

- das Bestehen regional unterschiedlicher Energieangebotsverhältnisse (Energieträgerarten, Energiemenge und Energiepreise) und

- die Veränderungen dieser Verhältnisse im Zeitablauf in großräumiger und kleinräumiger Hinsicht.

Der Wirkungszusammenhang zur regionalen Sozialprodukts-Änderung läßt sich in diesem Fall wie folgt darstellen (Abb. 19):

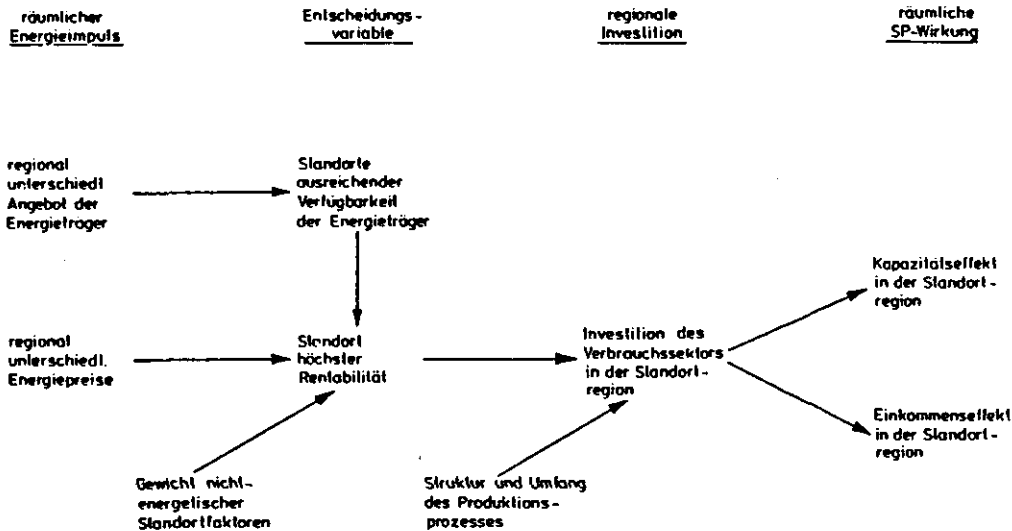


Abb. 19: Regionale Wachstumsimpulse aufgrund regionaler Unterschiede im Energieangebot

Auch räumlich undifferenzierte Energieimpulse, wie z.B. die Veränderung des nationalen Energiepreinsniveaus und die Änderungen der Techniken energieverbrauchender Verfahren mit der Folge einer Variation der sektoralen Energieproduktivität rufen unmittelbar regional unterschiedliche Investitionseffekte hervor, wenn sie die Investitionsentscheidungen wesentlich beeinflussen. Dies ist unter der Voraussetzung rentabilitätsorientierter Investitionsentscheidungen der Fall, wenn die Variation der Energiepreise und Energieproduktivität die Rentabilität der Verfahren stark verändern, wie es bei besonders energieintensiven Verfahren möglich sein kann. Die induzierten Investitionen oder Desinvestitionen führen zu räumlich unterschiedlichen Investitionseffekten, da anzunehmen ist, daß weder der spezifische

noch der absolute Energieverbrauch in den einzelnen Regionen gleich ist. Dabei muß davon ausgegangen werden, daß die Energieverbraucher ungleichmäßig im Raum verteilt sind. Die Wirkungskette sieht in diesem Fall folgendermaßen aus (Abb. 20):

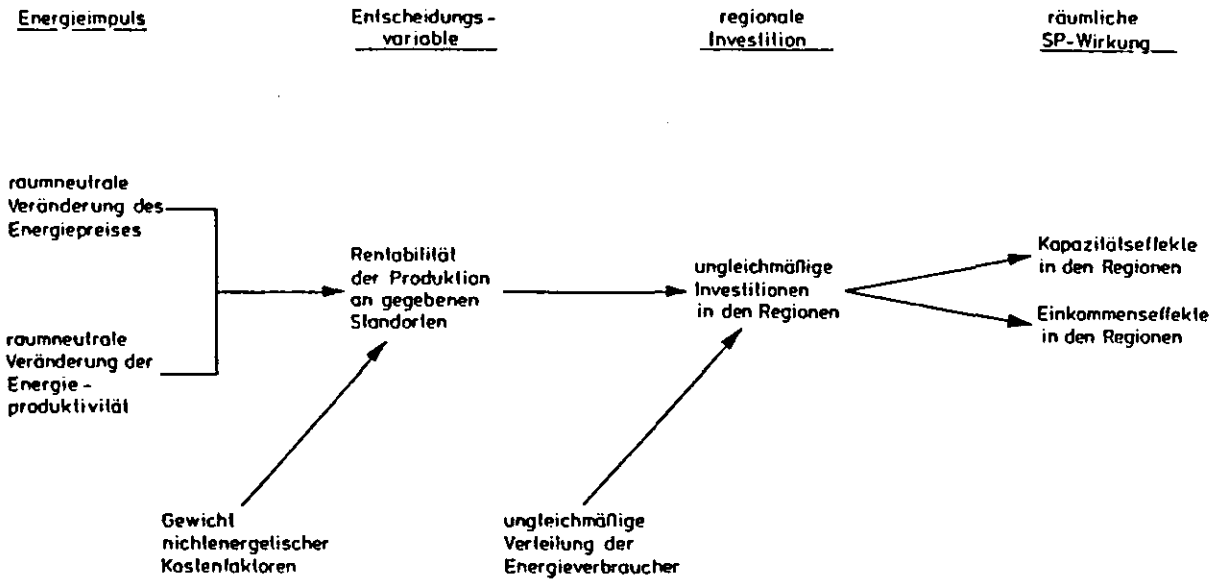


Abb. 20: Regionale Wachstumsimpulse aufgrund globaler Veränderungen in der Energiewirtschaft

4.2.3 Entwicklungsimpulse durch die Kernenergienutzung

Mit Hilfe der verschiedenen Aspekte des Zusammenhangs zwischen Änderungen in der Energiewirtschaft und der Wirtschaftsentwicklung von Regionen lassen sich auch die hier relevanten Entwicklungsimpulse für einen Wirtschaftsraum beschreiben, die von der Kernenergienutzung ausgehen können. Ausgangspunkt einer solchen Beschreibung können folgende Unterschiede der Kernenergienutzung gegenüber der Nutzung fossiler Energieträger sein:

1. Die Nutzung der Kernenergie bietet auf mittlere und lange Sicht ein höheres Maß an Versorgungssicherheit als die Verwendung der Energieträger Erdöl und Erdgas.¹⁾
2. Die Verwendung von Kernspaltstoffen zur Energieerzeugung verspricht auf mittlere und lange Sicht eine preisgünstigere Energieversorgung als die Verwendung der fossilen Brennstoffe.

¹⁾ Vgl. z.B. DOLINSKI, U.; ZIESING, H.J.: Sicherheits-, Preis- und Umweltaspekte der Energieversorgung, a.a.O., S. 32 ff.

Diese sind im wesentlichen als raumneutrale Impulse der Kernenergienutzung anzusehen.

3. Da die Transportkosten des Urans als Kostenfaktor bei der Stromerzeugung nicht ins Gewicht fallen, können Kernkraftwerke kostengünstig in der Nähe von Verbrauchszentren errichtet werden und sind nicht an Lagerstätten von Energieträgern gebunden. Dies bedeutet, daß großräumige Energiepreisunterschiede, deren Entstehung durch die ungleiche Verteilung der Lagerstätten an Energieträgern begünstigt worden sind, durch den gezielten Einsatz der Kernenergie tendenziell abgebaut werden können.¹⁾
4. Angesichts der Konzentration des Energieangebots, die durch den Einsatz von kostenoptimalen Kernkraftwerken (und das sind angesichts der Kostendegression bei steigenden Anlagengrößen bis heute Großkraftwerke) erfolgt, kann es zu einer Verstärkung von Verdichtungsimpulsen an wenigen Orten kommen. Überschreitet die hierdurch bewirkte raum- und siedlungsstrukturelle Konzentration ein bestimmtes Maß, so können kleinräumige Disparitäten verschärft werden, d.h. es können ökologische, infrastrukturelle und soziale Krisen bewirkt werden.²⁾
5. Bei der Kernenergienutzung entfallen die durch den Verbrennungsprozeß bei fossilen Energierohstoffen freigesetzten Schadstoffe³⁾, es kommen aber Abgaben an radioaktiven Stoffen hinzu, deren Belastungswirkung aber weit unter dem der natürlichen Belastung liegt. Hinzu kommen die örtlichen und regionalen Risiken, die ein schwerer Kraftwerksunfall mit sich bringen kann.

¹⁾ Vgl. insbesondere: ARENS, H.J.: *Zur Theorie und Technik räumlicher Verteilung von Energieversorgungsanlagen*, Gräfelfing-München 1975, und: LIN-DENLAUB, J.: *Energieimpulse und regionale Wachstumsdifferenzierung*, Schriften des Energiewirtschaftlichen Instituts, Bd. 14, München 1968.

²⁾ Zu diesem Ergebnis kommt: Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): *Auswirkungen von Entwicklungen im Energiesektor auf die Raum- und Siedlungsstruktur*, Forschungsbericht Nr. 06.011, in Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn-Bad Godesberg 1977.

Die letzten drei Unterscheidungsmerkmale der Kernenergienutzung gegenüber der Nutzung fossiler Energieträger sind für die Einsatzregionen relevant und damit spezifische regionale Impulse des Kernenergieeinsatzes.

Da sich diese Arbeit auf großräumige Aspekte und auf ökonomische Tatbestände beschränkt und den Kernenergieeinsatz insbesondere mit dem unter Versorgungsaspekten annähernd sicheren Energieträger Kohle vergleicht, sind hier in besonderem Maße die räumlichen Impulse durch Veränderung des globalen Energiepreisniveaus und durch eine regionale Energiepreisnivellierung von Bedeutung.

Damit lassen sich auch die im folgenden behandelten Zusammenhänge zwischen dem Kernenergieeinsatz und der Wirtschaftsentwicklung eines Teilraumes beschreiben:

1. Eine globale Energiepreisstabilisierung verhindert Rentabilitätseinbußen in den Produktionsprozessen, die einen hohen Energieverbrauch haben. In den Regionen, in denen sich diese Prozesse konzentrieren, kommt es nicht zu Investitionseinschränkungen, ihre Kapazitäts- und Einkommenseffekte verändern die Sozialproduktsentwicklung der Region.
2. Die Nivellierung interregionaler Energiepreisunterschiede kann - in Abhängigkeit von den übrigen Standortqualitäten der relevanten Regionen - zu Verlagerungen in den energieintensiven Produktionszweigen führen. In den Abwanderungsgebieten sinkt das Investitionsvolumen oder bleibt konstant. In den Zuzugsregionen steigt die Investitionsrate. Die regionalen Wachstumsimpulse hängen wiederum ab von der Höhe und der Struktur der Kapazitäts- und Einkommenseffekte dieser Investitionen.

3) Vgl. z.B. SCHWARZ, K.: *Umweltbeeinflussung durch Energieanlagen*, in: *Energie und Umwelt*, hrsg. von KÖNIG, Chr., Essen 1977, S. 62 ff, und: HAURY, G.; SCHIKARSKI, W.; THÖNE, E.: *Zusammenstellung der in der Bundesrepublik Deutschland durch die Erzeugung und den Verbrauch von Energie bedingten Auswirkungen auf die Umwelt und der legislativen und technischen Maßnahme zu ihrer Verminderung. Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, KFK 2103 U.F., Karlsruhe, Dez. 1974.*

4.3 Empirisch erfaßbare Maßgrößen der regionalen Wachstumswirkungen relevanter Energieimpulse

Energiewirtschaftliche Impulse wirken über die Veränderung einzelwirtschaftlicher Größen auf die regionalwirtschaftliche Entwicklung ein. Aus diesem Grunde werden im folgenden die Wachstumswirkungen in die Effekte unterschieden, die von der Energiewirtschaft auf die betroffenen Einzelwirtschaften ausgehen sowie in die Effekte, die von diesen Wirtschaftseinheiten auf andere oder alle anderen Wirtschaftseinheiten der Region wirken. Für diese Wirkungen sollen Kenngrößen erarbeitet werden, mit deren Hilfe die wachstumsrelevanten Veränderungen bei den Einzelwirtschaften und in der gesamten Regionalwirtschaft sichtbar werden. Diese Größen werden auch unter dem Aspekt ausgewählt, ob sie mit dem vorhandenen betrieblichen, branchen- und regionsbezogenen Datenmaterial erfaßbar sind.

4.3.1 Messung der einzelwirtschaftlichen Wirkungen

Gegenüber den regionalwirtschaftlichen Wirkungen des Kernenergieeinsatzes, die die Veränderung makroökonomischer Größen einer Region, wie z.B. das Sozialprodukt, betreffen, sind einzelwirtschaftliche Wirkungen als Veränderungen von Größen zu verstehen, die sich auf eine einzelne Wirtschaftseinheit, z.B. Produktions- oder Konsumeinheit, beziehen. Von Bedeutung sind - in Anlehnung an die in Abschnitt 4.2.2 aufgezeigten Energieimpulse - einmal die Einflüsse auf die Standortentscheidungsvariablen und die Investitionsentscheidungsvariablen des Energieverbrauchers bei raumdifferenzierenden und raumneutralen Energieimpulsen. Zum anderen werden die Investitionsvorgänge in der regionalen Energiewirtschaft selbst verändert.

Die Verwendung der Kernenergie zur Energieversorgung einiger Wirtschaftsbereiche kann Ursache solcher regional wirksamen Energieimpulse sein. Die Beziehung zu Investitionsentscheidungs- und Standortentscheidungsvariablen ist in folgender Abb. 21 schematisch dargestellt:

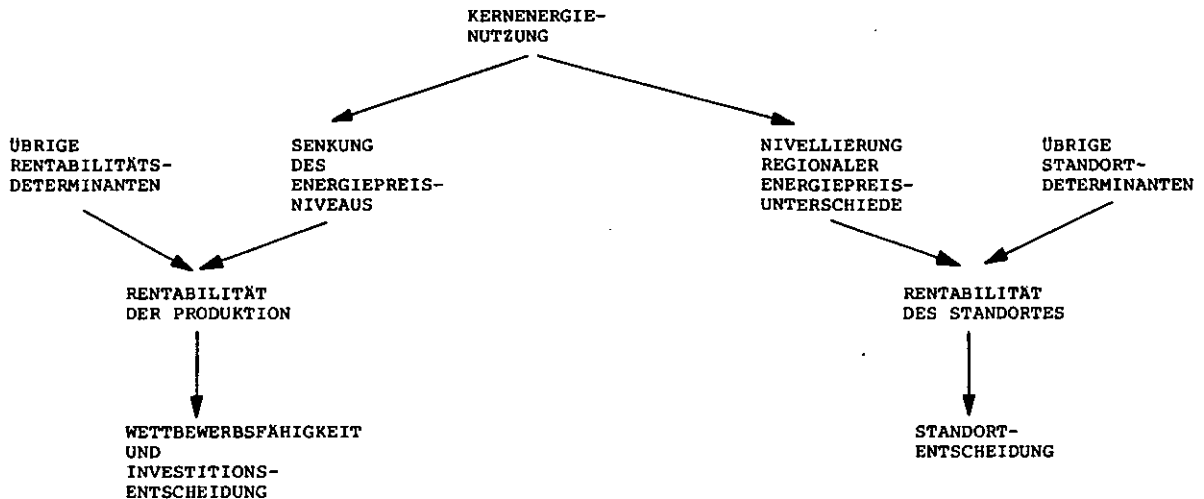


Abb. 21: Zusammenhang zwischen Kernenergienutzung und regionalen Energieimpulsen

4.3.1.1 Einfluß globaler Energiepreisveränderungen auf die Wettbewerbsfähigkeit und Investitionsentscheidung energieintensiver Wirtschaftszweige

4.3.1.1.1 Definition und Bestimmungsfaktoren der Wettbewerbsfähigkeit

In der Literatur wird im Zusammenhang mit der Frage des Einflusses von Energiepreissteigerungen auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen unter "Wettbewerbsfähigkeit" im allgemeinen die Gleichheit von Kosten bzw. Preisen gegenüber Mitanbietern auf den für das Angebot relevanten Märkten verstanden.¹⁾ Ohne Berücksichtigung der Vielzahl verschiedener absatzpolitischer Instrumentarien²⁾ neben der Preispolitik wird der Preis als einzige Entscheidungsvariable für Anbieter und Käufer angesehen. Nach dieser Hypothese verbessert oder verschlechtert die Änderung der Faktorpreise die "Konkurrenzfähigkeit" bzw. "Wettbewerbsfähigkeit" des Unternehmens in dem Maße, wie durch die Faktorpreisänderung der Produktpreis beeinflusst wird. Zur Messung des Preiseinflusses wird im allgemeinen der Kostenanteil des Faktors an den Gesamtkosten bzw. am Preis des jeweiligen Produktes herangezogen. Es wird unterstellt, daß eine Steigerung oder Senkung der Faktorkosten eine Steigerung oder Senkung des Produktpreises in Höhe des Produktes aus der relativen Veränderung und dem Kostenanteil hervorruft und damit die "Wettbewerbsfähigkeit" des Unternehmens oder des ganzen Wirtschaftszweiges verschlechtern oder verbessern würde.³⁾ Diese Hypothese läßt sich aber weder theoretisch noch empirisch belegen.

1) Vgl. z.B. GRAWE, J.: Chancengleichheit mit anderen Bundesländern, Entwicklungstendenzen in der Energieversorgung Baden-Württembergs, in: *Wirtschaft und Standort*, Juni 1970, S. 7, und: HEINEMANN, W.R.: Zusammenhänge zwischen Elektrizitätswirtschaft und Raumordnung, in: *Raum und Siedlung*, 5. Jg. 1969, S. 100.

2) Vgl. z.B. GUTENBERG, E.: *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre*, Band 2, *Der Absatz*; 11. Auflage, Berlin-Heidelberg-New York 1968.

3) WENZEL, H.; SCHAEFER, H.: *Bestimmung des Energiekostenanteils am Listenpreis ausgewählter Walzstahlerzeugnisse als Maß für den Einfluß der Energiepreise auf die Wettbewerbsfähigkeit der Eisenschaffenden Industrie*; *Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen*, hrsg. von BRAND, L., Nr. 1706, Köln und Opladen 1966.

Ausgehend von der Darstellung des Zusammenhangs zwischen regionalen Energieimpulsen und regionalem Wirtschaftswachstum, als dessen wichtigste Grundlage die Art und Höhe der regionalen Investitionen angesehen werden, wird hier die Definition der Wettbewerbsfähigkeit einer Unternehmung oder eines Wirtschaftszweiges darauf abgestellt, inwieweit die Energieimpulse das Investitionsvolumen dieser Unternehmung bzw. des Wirtschaftszweiges beeinflussen. Wichtigste Determinante der Investitionen ist die Gewinnerwartung der Unternehmer, die einerseits von der zu erwartenden mittel- bis langfristigen Kostenentwicklung und andererseits von der zu erwartenden Nachfrageentwicklung abhängt. Die Frage nach der Wettbewerbsfähigkeit hat dann von den Gewinnen einer Unternehmung auszugehen. Im Markt wettbewerbsfähig ist demnach jedes Unternehmen, das einen ausreichenden Gewinn erzielt. Der Einfluß von Faktorpreisänderungen auf die Wettbewerbsfähigkeit ist danach zu definieren als das Ausmaß, mit dem der Gewinn der Unternehmung als Folge der Faktorpreisvariation verändert wird. Die hierher wichtigsten Zusammenhänge lassen sich der Wirtschaftstheorie entnehmen und sollen hier im einzelnen nicht erläutert werden.¹⁾

Die in der Literatur genannten Einflußfaktoren auf die Gewinnhöhe bzw. Rentabilität und damit auf die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens neben den Faktorpreisänderungen sind in folgender Abb. 22 dargestellt:

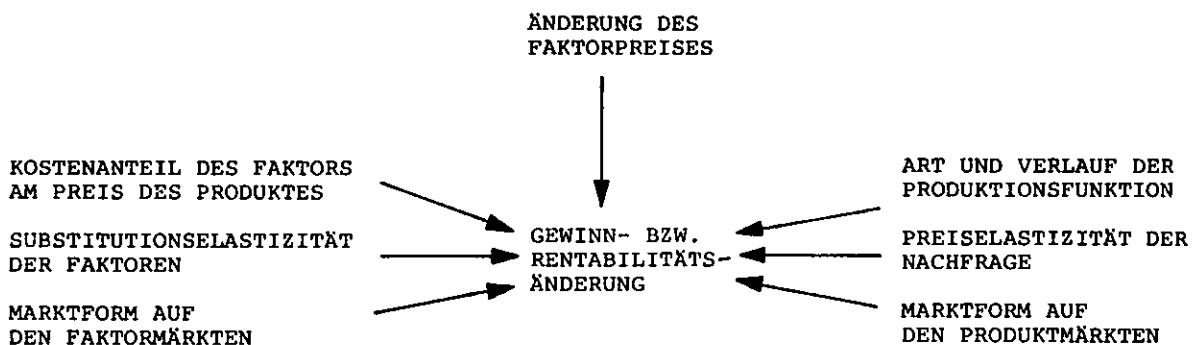


Abb. 22: Einflußfaktoren auf den Gewinn und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen

¹⁾ Vgl. WOLL, A.: Allgemeine Volkswirtschaftslehre, 3. Auflage, München 1971, S. 74 und 206 ff, und LIPSEY, R.G.: Einführung in die positive Ökonomie, Köln 1971, S. 97 f und 403 f.

4.3.1.1.2 Einfluß von Energiepreisänderungen auf die Investitionsentscheidung

Aus den Überlegungen zu den Bestimmungsgrößen der sektoralen Gewinnentwicklung und damit Entwicklung der sektoralen Investitionstätigkeit lassen sich zur Beantwortung der Frage nach dem Einfluß von Energiepreisänderungen auf die sektorale Investitionstätigkeit folgende Hypothesen ableiten:

1. Es ist zu vermuten, daß nachhaltige Energiepreisänderungen die Investitionstätigkeit nur derjenigen Wirtschaftszweige verändert, die einen hohen kumulierten Energiekostenanteil am Preis ihrer Produkte haben. In diesem Fall würden die langfristigen Gewinnaussichten bei Preissenkungen gebessert und bei Preissteigerungen gemindert. Die Wirtschaftszweige mit einem kumulierten Energiekostenanteil am Bruttoproduktionswert von über 10 % wurden in Abschnitt 3.2.1 angegeben.
2. Hohe Energiekostenanteile sind, wie oben ausgeführt, nur eine von mehreren Bedingungen für die Gewinnänderung als Folge von Energiepreisänderungen. Denn es ist auch bei hohen Energiekostenanteilen anzunehmen, daß die Gewinne sich nicht oder kaum verändern, wenn der Faktor Energie leicht gegen andere Produktionsfaktoren substituiert werden kann und sich damit die Kostensumme kaum verändert. Die empirisch ermittelten Preiselastizitäten der Nachfrage nach Energie insgesamt bzw. einzelner Energieträger beweisen jedoch, daß Energie nicht oder kaum gegen andere Faktoren austauschbar ist.¹⁾

¹⁾ Vgl. zur Preiselastizitäts der Nachfrage nach Energieträgern: HOFFMANN, F. und GABEL, R.: Die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs der Bundesrepublik Deutschland unter dem Einfluß von Konjunktur-, Temperatur- und Spareffekten, in: Glückauf Nr. 10, 1975, S. 486/493; SUDING, P.H. und WOHLGEMUTH, R.: Möglichkeiten und Grenzen der Elastizitätsbetrachtung in der Energiewirtschaft, in: Elektrizitätsverwertung Nr. 2, Zürich 1975, S. 33 ff, ZEHLERT, B. u.a.: Untersuchungen der kurz- und langfristigen Elastizitäten der Energienachfrage in bezug auf die Energiepreise, Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, an das Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, Zwischenbericht, nicht veröffentlicht, Kiel, Januar 1976, und: MOUNT, T.D.; CHAPMAN, L.D.; TY, T.J.: Electricity Demand in the United States: An Econometric Analysis; Work Supported by the National Science Foundation under Interagency Agreement No. AEC 40-237-70 (NSF AG 398), Oak Ridge National Laboratories, Oak Ridge, Juni 1973.

3. Da die Substitutionselastizität des Faktors Energie bei fast allen Produktionsprozessen auch langfristig gering ist, werden die Unternehmen versuchen, eine Energiepreiserhöhung im Preis ihrer Produkte weiterzugeben, um keine Gewinnschmälerung erfahren zu müssen. Energiepreissenkungen werden dann weitergegeben, wenn die Wettbewerbsintensität auf dem Absatzmarkt sie erzwingen. Die Wirkung der Energiepreisänderung auf die Gewinne hängt dann von der Preiselastizität der Nachfrage nach den energieintensiven Produkten ab. Ist die Preiselastizität gering, d.h. unter 1, dann steigt der Erlös im Falle von Preissenkungen unter den Prozentsatz der Kostensenkung und die frühere Gewinnquote wird nicht erreicht. Im Falle von Preissteigerungen wird, cet. par., ein höherer Gewinn als vorher erzielt werden. Bei einer hohen Elastizität zeigen sich umgekehrte Erscheinungen. Lediglich bei einer Preiselastizität der Nachfrage von 1 verändert sich die Erlössumme nicht und Energiepreissenkungen führen zu Gewinnsteigerungen, bzw. Energiepreiserhöhungen zu Gewinnschmälerungen.

Aus diesen Sätzen lassen sich nun folgende weitere Hypothesen formulieren:

- a) Energiepreisänderungen führen nur bei Industriezweigen, deren Produkte eine Preiselastizität der Nachfrage bei 1 oder darüber besitzen, zu einer Investitionsentwicklung in der erwarteten Änderungsrichtung. Die Gewinn- und Investitionsentwicklung ist umso stärker, je höher der Elastizitätskoeffizient ist.
- b) Bei Wirtschaftszweigen, deren Produkte eine geringe Preiselastizität der Nachfrage aufweisen, zeigt sich ein von den Energiepreisänderungen fast unabhängiges Investitionsverhalten: energiekostenbedingte Preiserhöhungen lassen sich ohne

erhebliche Erlösminderung auf dem Absatzmarkt durchsetzen und haben daher kaum einen Einfluß auf die Gewinnhöhe und die Investitionsentscheidung. Energiekostenbedingte Preissenkungen führen zu keiner bzw. zu geringen Erlössteigerungen und beeinflussen die Gewinn- und Investitionssituation kaum.

Eine langfristig geringe Preiselastizität der Nachfrage soll z.B. die Eisen- und Stahlindustrie haben.¹⁾ Globale Energiepreissteigerungen werden die Wettbewerbsfähigkeit dieses Wirtschaftszweiges aus diesem Grunde weniger beeinträchtigen können als die Wettbewerbsfähigkeit chemischer Produkte, bei denen man annehmen kann, daß sie teilweise hohe Preiselastizitäten der Nachfrage besitzen.²⁾

4. Der Verlauf der Produktions- und Kostenfunktion kann die Gewinnentwicklung als Folge von Energiepreisveränderungen verstärken oder abschwächen. Es ist daher zu vermuten, daß z.B. Industriezweige mit hohen Skalenerträgen bei Energiepreissenkungen und daraus folgender Betriebserweiterung eine stärkere Investitionstätigkeit entfalten als Industriezweige mit linear verlaufender Produktions- und Kostenfunktion.

Energieintensive Wirtschaftszweige mit hohen Skalenerträgen ihrer Produktionsfunktion (hohe interne Ersparnisse) sind (vgl. Abschnitt 4.3.3.1):³⁾

-
- 1) Vgl. der Hinweis bei SCHRÖDER, D.: *Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, Bestimmungsgründe der regionalen Wachstumsunterschiede der Beschäftigung und Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 1950 - 1980, Prognos-Studie Nr. 3, Stuttgart 1968, S. 59.*
 - 2) Vgl. KÖLBEL, H. und SCHULZE, J.: *Ertragsschätzungen für neue chemische Anlagen, in: Chemische Zeitung für Chemische Apparatur/Verfahrenstechnik, 93. Jg. Nr. 3, S. 103 ff.*
 - 3) Vgl. SCHRÖDER, D.: *Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, a.a.O., S. 154 f.*

- die Eisen- und Stahlindustrie
- die NE-Metallindustrie
- die organische und anorganische Grundchemie und
- die Zellstoff-, Holz-, Papier- und Pappeindustrie.

5. Unternehmen mit hohen Gewinnen aufgrund unvollkommener Marktverhältnisse auf den Beschaffungs- und Absatzmärkten werden außerdem auf Energiepreisänderungen ein anderes Investitionsverhalten zeigen als Unternehmen, die einem intensiven Wettbewerb ausgesetzt sind. Die Investitionsentscheidung ist hier weniger von Kostenfaktoren als von Faktoren auf der Nachfrageseite bestimmt, da ein bestimmter Gewinn immer erzielt werden kann. Für diese Unternehmen kann gelten, daß Energiepreisänderungen das Investitionsverhalten nicht oder kaum beeinflussen werden.

4.3.1.1.3 Energiekostenanteil als Maßgröße und dessen Voraussetzungen

Abb. 22 zeigt, daß die einfache Relation: Faktorpreisänderung - Kostenanteil des Faktors - Preisveränderung - Veränderung der Wettbewerbslage zur Beschreibung der Problemstellung nicht ausreicht, da die anderen Faktoren ein großes Gewicht besitzen können, so daß die Gewinnhöhe bzw. Rentabilität nicht oder nur wenig verändert wird. Die aufgestellte Relation baut demnach im wesentlichen auf folgenden Annahmen auf:

1. Es herrscht keinerlei Substitutionsbeziehung zwischen den Produktionsfaktoren, da der Kostenanteil nach einer Faktorpreisänderung konstant gehalten wird.
2. Es bestehen nicht nur Produktionsfunktionen mit limitationalen Faktoreinsatzverhältnissen, sondern auch mit konstanten Skalenerträgen. Eine Kuppelproduktion ist ausgeschlossen, da die Preisentwicklung der Kuppelprodukte der Faktorpreisänderung entgegenlaufen könnte.
3. Die Produktnachfrage ist durch eine hohe Preiselastizität gekennzeichnet, so daß jede Preisänderung zu starken Reaktionen auf dem Absatzmarkt führt.

4. Es herrscht intensiver Wettbewerb auf den Faktor- und Gütermärkten, so daß unmittelbare Reaktionen des betroffenen Unternehmens und anderer Unternehmen auf die Faktorpreisänderung zu erwarten sind.

Diese Annahmen liegen auch den folgenden Ausführungen über die einzelwirtschaftlichen Konsequenzen von Energiepreissenkungen in den relevanten Wirtschaftsbereichen des Landes Nordrhein-Westfalen zugrunde, die auf der Hypothese der Preiswirkungen als Ergebnis des Produktes von Energiekostenanteil und Energiepreisveränderung aufbaut.

4.3.1.2 Einfluß regionaler Energiepreisenivellierungen auf die Standortwahl energieintensiver Wirtschaftszweige

Geht man davon aus, daß bei einer rationalen Entscheidung über den Standort eines neu zu errichtenden Produktionsbetriebes zuerst die Anforderungen des Betriebes an den Standort und das Gewicht der einzelnen Standortkriterien bestimmt werden und anschließend verschiedene infrage kommende Regionen im Hinblick auf die Erfüllung der Standortanforderungen untersucht werden,¹⁾ dann läßt sich - in Ableitung dieser zwei Phasen des Standortentscheidungsprozesses - die Wirkung des Faktors Energie auf die Standortwahl unter zwei Aspekten betrachten:²⁾ einmal entscheidet das Gewicht, das der Faktor Energie im technischen und wirtschaftlichen Standortkalkül im Vergleich zu anderen Standortfaktoren besitzt darüber, in welchem Ausmaß regional unterschiedliche Angebotsbedingungen des Energiefaktors bei der Standortwahl berücksichtigt werden müssen. Zum anderen kann man von einem Standorteinfluß nur dann sprechen, wenn wirklich regionale Unterschiede in den Energieangebotsbedingungen, wie

1) Vgl. auch die allgemeine Standortliteratur: BREDE, H.: *Bestimmungsfaktoren industrieller Standorte*, Schriftenreihe des ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung, Nr. 75, Berlin-München 1971, und BEHRENS, K.Ch.: *Allgemeine Standortbestimmungslehre*, Köln-Opladen 1961; MEYER, W.: *Die Theorie der Standortwahl, Entwicklung, Inhalt und wirtschaftstheoretische Behandlung des Standortproblems*, Volkswirtschaftliche Schriften, Heft 54, Berlin 1960; TÖPFER, K.: *Regionalpolitik und Standortentscheidung*, Band 6 der Beiträge zur Raumplanung, hrsg. vom Zentralinstitut für Raumplanung an der Universität Münster, Bielefeld 1969.

2) LINDENLAUB, J., a.a.O., S. 194 f.

- regionale Unterschiede in der Verfügbarkeit der benötigten Energieträgerarten zur Deckung des Nutzenergiebedarfs,
- nicht unerhebliche Unterschiede in den Preisen der Energieträger

bestehen. Bei isolierter Betrachtung kommt beiden Einflußgrößen keine Bedeutung zu; sie können lediglich komplementär standortentscheidend sein.

Die Messung der Bedeutung des Faktors Energie für die Standortentscheidung gegenüber anderen Faktoren kann - in Abhängigkeit von technischen Entscheidungskriterien (z.B. Produkterstellung gemäß den quantitativen, qualitativen und zeitlichen Anforderungen) - mit Hilfe des spezifischen Energieverbrauchs im Vergleich zu den spezifischen Werten anderer Einsatzfaktoren erfolgen und - in Abhängigkeit von wirtschaftlichen Entscheidungskriterien (z.B. Produkterstellung zu minimalen Kosten) - mit Hilfe des Anteils der Energiekosten an den Gesamterstellungskosten im Vergleich zu den Anteilen anderer Kostenarten. Maßzahlen für das räumliche Angebot des Faktors Energie können sein: die aktuelle oder potentielle Verfügbarkeit der Energieträgerarten in Mengen und Qualitäten, wie sie von energieintensiven Wirtschaftsbereichen benötigt werden und die aktuelle oder potentielle Höhe des Großabnehmerpreises für diese Energieträger, jeweils in den relevanten Teilräumen der Volkswirtschaft.

Da die Nutzenergiebedarfsdeckung in der Regel auf der Sekundärenergieträger- oder Primärenergieträgerebene durch verschiedene Energieträger erfolgen kann und die Energieverbraucher nicht an eine bestimmte Art und Qualität eines Energieträgers gebunden sind, wie es z.B. bei den Einsatzfaktoren Arbeitskraft und Bodenschätze der Fall sein kann, und man außerdem annehmen kann, daß die Energieträger überall angeboten werden, wenn die Preise entsprechend hoch sind, sind im allgemeinen nicht technische

Kriterien, sondern ökonomische Kriterien entscheidend für die Standortwahl. Die folgenden Überlegungen können sich daher auf die Kosten bzw. die Rentabilität als Standortentscheidungskriterium beschränken.

Energiebezogene Aspekte spielen daher bei der Standortentscheidung keine Rolle, wenn

1. die Deckung des Nutzenergiebedarfs für den Produktionsprozeß weder in technischer noch in wirtschaftlicher Hinsicht als Standortproblem angesehen wird, entweder weil andere Faktoren ein größeres Gewicht haben und/oder weil der Entscheidungsträger annimmt, daß die Anforderungen an den Faktor Energie von allen relevanten Regionen erfüllt werden;
2. die aktuellen oder potentiellen Energieangebotsbedingungen, wie sie von den standortsuchenden Unternehmen benötigt werden, in allen relevanten Teilräumen annähernd gleich sind, auch wenn der Produktionsfaktor Energie unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten eine große Bedeutung besitzt.

Über ihren Einfluß auf die Standortentscheidung eines Produktionsbetriebes lassen sich nun, in Ableitung der Standortwirkungen in der Vergangenheit, verschiedene Hypothesen aufstellen, die einmal von gegebenen oder sich verändernden Anforderungen seitens des Produktionsprozesses ausgehen und zum anderen von den Gesichtspunkten, die die regionalen Angebotsbedingungen beschreiben.

4.3.1.2.1 Gewicht des Faktors Energie bei der Standortwahl

- (1) Bestehen unterschiedliche aktuelle oder fiktive Ortspreise für die zur Nutzenergiebedarfsdeckung infrage kommenden Energieträger, dann kann man vermuten, daß die Preisunterschiede die Standortwahl nur derjenigen Produktionsprozesse beeinflusst, die - relativ zu anderen Produktionen - einen hohen spezifischen Energieverbrauch haben, und deren direkter Energiekostenanteil im Vergleich zum Anteil ande-

rer Kostenfaktoren an den Gesamtkosten hoch ist. Die Schwelle zu einer möglichen Standortbeeinflussung wird von Lindenlaub und anderen Autoren¹⁾ mit 5 % angegeben. Folgende Übersicht zeigt die Wirtschaftszweige, die diesem Kriterium genügen:

Wirtschaftszweig ¹⁾	%
1 Eisenerzbergbau	18,3
2 Eisenschaffende Industrie	10,9
3 Industrie der Steine und Erden	7,9
4 Glasindustrie	6,8
5 Kali- und Salzbergbau	6,6
6 Chemische Industrie	6,2
7 Feinkeramische Industrie	5,8
8 Eisen-, Stahl- und Tempergießereien	5,6
9 ZHPP-Industrie	5,3
10 Land- und Forstwirtschaft	5,3
11 NE-Metallerzeugung	5,2

¹⁾ nicht berücksichtigt wurden der Verkehrssektor und der Sektor Wohnungsvermietung

Quelle

o.V.: Direkter und indirekter Einsatz von Energie in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1972; in: DIW-Wochenbericht 1-2/74

Tab. 16: Wirtschaftszweige mit einem direkten Energiekostenanteil am Bruttoproduktionswert von über 5 %

¹⁾ Vgl. Lindenlaub, J., a.a.O., S. 201 und: Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (Hrsg.): Der wirtschaftliche Einfluß des Energiepreises, Bericht einer unabhängigen Sachverständigen-Gruppe, Kollektion Studien, Reihe Wirtschaft und Finanzen, Nr. 4, Brüssel 1966, S. 61 f, und auch: Arens, H.J.: Zur Theorie und Technik räumlicher Verteilung von Energieversorgungsanlagen, Gräfelfing-München 1975, S. 30

- (2) Im allgemeinen werden Standorte aufgrund von mehreren Standortbedingungen gewählt. Entscheidend sind aber nur einige wenige Faktoren, wie es eine Standortfaktorenanalyse für die oben genannten Wirtschaftszweige zeigt:¹⁾

Standort- ¹⁾ Wirt- ²⁾ faktoren- schaftszweige	Technische Faktoren				Ökonomische Faktoren				
	Rohtstoff- lager	Wasser	Verbund	Arbeits- kräfte	Rohtstoff- transport	Energie- preise	Wasser- preise	Produkt- Transport	Arbeits- kosten
1 Eisenerzbergb.	*								
2 Eisen-schaff. Industrie					*	+		*	-
3 Ind. d. Steine und Erden	*				*	-		*	
4 Glasindustrie				+	*	+		+	-
5 Kali- und Salzbergbau	*								
6 Chemische Ind.			+		*	*		*	
7 Feinkeramische Industrie				+	*	+			+
8 Gießereien				+	+	-		*	-
9 ZHPT-Industrie		+			+	-	+		-
10 Land- u. Forst- wirtsch. Fischerei	*								
11 NE-Metallerg.					*	*			

¹⁾ die Zeichen bedeuten: * große Bedeutung
+ mittlere Bedeutung
- geringe Bedeutung

²⁾ vergleiche Tab.

Tab. 17: Standortfaktoren der Wirtschaftszweige mit hohem direkten Energiekostenanteil

Es läßt sich vermuten, daß der Faktor Energie bei keiner der Produktionen allein standortbestimmend ist. Für die genannten Produktionen muß ein Bündel von Standortanforderungen erfüllt sein. Das schränkt die Menge der möglichen Standortregionen ein, da anzunehmen ist, daß alle notwendigen Standortanforderungen in weniger Regionen erfüllt sind als bei einem Standortaspekt.

¹⁾ Vgl. Lindenlaub, J., a.a.O., S. 207 ff und Schilling, H.: Standortfaktoren für die Industrieansiedlung, Veröffentlichung des Österreichischen Instituts für Raumplanung, Nr. 27, Wien 1968, und Schröder, D. u.a.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, Prognos-Studie, Band 3, Stuttgart 1968, S. 149 f

Nach der Aufstellung ist außerdem anzunehmen, daß nur bei wenigen dieser Produktionszweige der Energiepreis in das Standortkalkül einbezogen wird, entweder weil natürliche Bestimmungsgründe den Standort festlegen (z.B. beim Eisenerzbergbau, dem Kali- und Salzbergbau, bei Land- und Forstwirtschaft) oder weil andere Faktoren ein größeres Gewicht bei der Standortwahl haben (z.B. bei den Industriezweigen Steine, Erden, den Gießereien und der ZHPP-Industrie). Eine Gliederung der oben genannten Wirtschaftszweige nach ihrer Standortabhängigkeit zeigt folgende Aufstellung¹⁾ (Abb. 23):

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Standortabhängige Industrien <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Industrien mit fester Standortbindung <ol style="list-style-type: none"> 1.1.1 mit wenigen vorgegebenen Standorten <ul style="list-style-type: none"> - (See-) Schiffbau - Bergbau 1.1.2 mit vielen vorgegebenen Standorten <ul style="list-style-type: none"> - Steine und Erden - Sägewerke und Holzbearbeitung 1.2 Industrien mit hoher Transportkostenempfindlichkeit <ul style="list-style-type: none"> - Eisenschaffende Industrie - NE-Metallindustrie (teilweise) - Chemie (teilweise) - Mineralölverarbeitung - Zellstoff- und Papiererzeugung - Eisen-, Stahl- und Tempergießereien - Ziehereien und Kaltwalzwerke - Feinkeramik - Glasindustrie - Nahrungs- und Genußmittelindustrie 2. Standortunabhängige Industrien. <ul style="list-style-type: none"> - Kautschukverarbeitung - Investitionsgüterindustrie (ohne Schiffbau) - Verbrauchsgüterindustrie (ohne Feinkeramik und Glas) |
|---|

Abb. 23: Gliederung der Wirtschaftszweige mit hohen direkten Energiekosten nach ihrer Standortabhängigkeit

¹⁾ Vgl. Schröder, D., u.a.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, Prognos-Studie, Band 3, Stuttgart 1968, S. 149 f

In Verbindung mit den Überlegungen zum Gewicht des Faktors Energie bei der Standortwahl lassen sich lediglich die in Tab. 18 aufgeführten Wirtschaftszweige als "energieorientiert" im Hinblick auf ihren Standort bezeichnen.

		Beschäftigte 1972		Umsatz 1972	
		1000 Pers.	%	10 ⁹ DM	%
energie-orientiert	NE-Metallindustrie	99		13,3	
	Eisen- und Stahlindustrie	332		37,7	
	Primärchemie	150		18,0	
bedingt energie-orientiert	Summe	581	7	69,0	10
	Zementindustrie	17		2,6	
	Glasindustrie	92		5,9	
	Papier- und Pappeerzeugung	65		6,0	
	energieorientierte Wirtschaftszweige	755	9	83,5	12
	Industrie insgesamt	8511	100	660,0	100

Erläuterung:

energieorientiert: Energiepreis ist wichtiger Bestandteil der Standortwahl

bedingt Andere Standortfaktoren haben ein größeres Gewicht bei
energieorientiert: der Standortwahl als der Energiepreis

Literatur und Quellen der Zahlen:

Lindenlaub, J.: Energieimpulse und regionale Wachstumsdifferenzierung, in: Schriftenreihe des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln, Band 14, München 1968. Übersicht 6, S. 253 und Schilling, H.: Standortfaktoren für die Industrieansiedlung, Veröffentlichung des Österreichischen Instituts für Raumplanung, Nr. 27, Wien 1968, und: Schröder, D. u.a.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, Prognos-Studie, Band 3, Stuttgart 1968, S. 149 f, Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1975: Chemiewirtschaft in Zahlen, hrsg. vom Verband der Chemischen Industrie e.V. 1976

Tab. 18: Anteil der energieorientierten Industriezweige an der gesamten Industrie der Bundesrepublik Deutschland

- (3) Wirtschaftlich-technische Veränderungen im Energiebereich beeinflussen die Standortanforderungen der Energieverbraucher nur in dem Maße, wie veränderte Energiepreise neue Produktionsverfahren zum Einsatz bringen, die andersartige Standortanforderungen besitzen. Die Energiepreisänderungen müssen aber erheblich und langfristig sein, um räumliche Umstellungen ganzer Produktionsbereiche oder Industriesparten

zu bewirken. Als Beispiel für die sich abzeichnenden Standortwirkungen aufgrund energiewirtschaftlicher Veränderungen kann die Umstellung der Eisenschaffenden Industrie auf Direktreduktionsverfahren bei niedrigen Wasserstoff- bzw. Erdgaspreisen sein und ihre Orientierung auf Entwicklungsländer mit günstigem Erdgasangebot.

4.3.1.2.2 Entstehung regionaler Energiepreisunterschiede

Unter der Annahme, daß in großräumiger Hinsicht die Unterschiede in den Wärmepreisen¹⁾ eines einzelnen oder mehrerer substituierbarer Energieträger im wesentlichen bestimmt werden durch:

- den Verlauf der regional differierenden Grenzkosten der Gewinnung der zur Nutzenergiebedarfsdeckung verwendeten Primärenergieträger und
- dem Verlauf der Grenzkosten für den Transport der verwendeten Primär- oder Sekundärenergieträger und
- der Höhe des regionalen Bedarfs der Nutzenergieart,

und unter der weiteren Annahme, daß sich weder die Grenzkosten für die Umwandlung der Energieträger noch ihre Wettbewerbssituation großräumig wesentlich unterscheiden, lassen sich für die Entstehung und Veränderung großräumiger Energiepreisunterschiede folgende Hypothesen aufstellen:

- (1) Je geringer der Anteil der Energieträger mit guten Transporteigenschaften (flüssiger oder gasförmiger Aggregatzustand; hoher spezifischer Energieinhalt pro Volumen- oder Gewichtseinheit und dadurch geringe Transportkostenbelastung) an der Versorgung des Gesamttraumes ist, desto höher sind - auch bei regional gleicher Nachfrage - die regionalen Energiepreisunterschiede.

¹⁾ Der Wärmepreis ist der auf DM/Kcal umgerechnete Preis pro Volumen- oder Gewichtseinheit

- (2) Je mehr sich die großräumige Nachfrage nach den zur Nutzenergiebedarfsdeckung geeigneten Energieträger unterscheidet, desto höher sind - auch bei regional verfügbaren Energiequellen mit gleichen Kostenstrukturen oder bei gleichen Entfernungen von ausländischen Energiequellen - die regionalen Energiepreisunterschiede.

Dies läßt sich anhand folgender Graphik zeigen, die auch den Einfluß der regionalen Wettbewerbssituation auf die Höhe des regionalen Energiepreises zeigt. Sie geht von der für die Energiewirtschaft geltenden geringen Preiselastizität der Nachfrage und degressiven Grenzkosten bei Erweiterung der Gewinnungs-, Umwandlungs- und Transportkapazität aus.

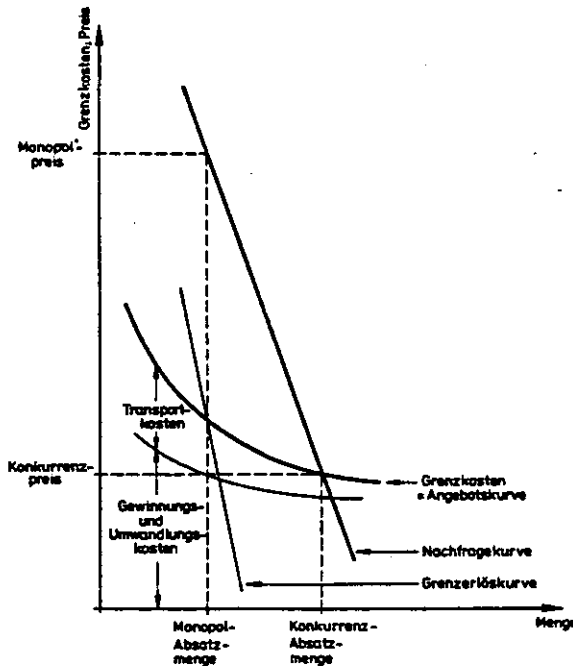


Abb. 25: Höhe des regionalen Preises bei geringer Preiselastizität und degressiven Grenzkosten

Wie die Abbildung auch zeigt, ist die Hypothese nur für regionale Nachfragedifferenzen gültig, die noch im Bereich der degressiven Grenzkosten wirksam sind. Bei höheren Nachfragemengen sind keine oder nur geringe Preisunterschiede zu erwarten.

Da mit der Kernenergie ein Energieversorgungssystem mit guten Transporteigenschaften eingeführt wird und auch die übrigen Standortanforderungen¹⁾ von Kernkraftwerken an relativ gleichmäßig gestreuten Orten in der Bundesrepublik Deutschland erfüllt sind,²⁾ wird eine großtechnische Einführung dieses Energieträgers zum Abbau noch bestehender Energiepreisunterschiede bei großräumiger Betrachtung beitragen können.

4.3.1.2.3 Standortbezogene Kosten bzw. Rentabilität als Maßgröße

Kriterium für den unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten optimalen Standort kann demnach das Kostenminimum oder Rentabilitätsmaximum sein. Kostenrechnungen lassen sich im Rahmen komparativer Kostenanalysen³⁾ leichter anstellen als Rentabilitätsberechnungen, da hier noch die standortabhängigen Einflüsse auf den Produkterlös erfaßt werden müssen. Komparative Kostenanalysen gehen aus diesem Grund davon aus, daß an den alternativen Standorten die gleichen Analysen erzielt werden können.

Da Standortentscheidungen die Leistungsfähigkeit des Unternehmens für seine gesamte Lebensdauer wesentlich mitbestimmen, ist aus theoretischer Sicht die langfristige Gewinnmaximierung Entscheidungskriterium der Standortwahl. Sie läßt sich in Form einer Kapitalwertrechnung durch Abdiskontierung der erwarteten langfristigen Kosten an den alternativen Standorten ermitteln. Maßgröße zur Bestimmung des Einflusses einer langfristigen Änderung der regionale Energiepreise auf die Standort-

1) Vgl. zu den Standortkriterien bei Kernkraftwerken: MANDEL, H.: Standortfragen bei Kernkraftwerken, in: atw, Januar 1971, S. 22 ff; GUCK, K.: Standorte für Kernkraftwerke, in: atw, August/September 1973, S. 386 ff; Bundesministerium des Innern: Bewertungsdaten für Kernkraftwerksstandorte, Sonderdruck aus "Umwelt", Nr. 43, September 1975, S. 6 ff.

2) HENSEL, W.: Beitrag zur Standardisierung der Standortbestimmung von Kernkraftwerken, Dissertation Essen 1977.

3) Vgl. z.B. KLEMMER, P.: Die komparative Kostenanalyse, in: Informationen (Institut für Raumordnung), 19. Jahrgang, 1969, S. 457 ff.

wahl kann auch ein so berechneter "Eigenkapitalertragswert" als Entscheidungskriterium der dynamischen Investitionsrechnung sein. Auf ihn wird in Kap. 6.1.3.3 zurückgegriffen.

4.3.2 Messung der regionalwirtschaftlichen Wirkungen

4.3.2.1 Kapazitäts- und Einkommenseffekte der Investitionen in energieintensiven Wirtschaftszweigen

Waren die regionalen Energieangebotsbedingungen und die Veränderungen globaler Energiepreise bestimmend oder mitbestimmend für die Standortwahl und Investitionsentscheidung eines Produktionsbetriebes, dann entscheidet der Umfang der induzierten regionalen Investition und ihres Kapazitätseffektes, die Entwicklung der regionalen Kapazität und ihr regionaler Einkommenseffekt über den regionalen Wachstumsbeitrag der Investition.¹⁾

4.3.2.1.1 Umfang der regionalen Investition und Kapazität

Eine allgemeine Antwort auf die Frage nach der Größe eines in der Standortregion zu errichtenden Betriebes oder einer Gruppe von Betrieben kann, betrachtet man nur einzelwirtschaftliche und hier nur ökonomische Aspekte, auch dadurch erfolgen, daß nach der Verteilung der Produktionskapazität eines Wirtschaftszweiges im Raum und ihren Bestimmungsgründen gefragt wird.

¹⁾ Die Folgen regionaler Investitionen in der Privatwirtschaft sind gleichzusetzen mit der Frage der Konsequenzen von Industrieansiedlungen bzw. Industrieerweiterungen. Vgl. hierzu: HOLDT, W.: Industrieansiedlungsförderung als Instrument der Regionalpolitik, Beiträge zum Siedlungs- und Wohnungswesen und zur Raumplanung, hrsg. von ERNST, W. und THOSS, R., Münster 1974, insbesondere S. 86 ff; STOCKMANN, W.: Beschäftigtenrückgang und Regionalpolitik in monoindustriellen Problemgebieten, Beiträge zur Raumplanung, Band 10, Düsseldorf 1972, S. 51 ff, GORRISON, Ch.B.: The impact of a new industry, in: Land Economics (Madison/Wis.) 48, 1972, Heft 4, S. 329 ff.

Konzentriert sich die Gesamtkapazität einer Branche nämlich auf wenige, gleich große Teilräume, dann besitzen diese Räume größere Produktionskapazitäten als wenn sich die Gesamtkapazität auf viele bzw. alle Teilräume verteilen würde. Im Hinblick auf die Bedeutung der Branche für das regionale Wachstum ist darüberhinaus die absolute Größe der Branche, gemessen mit Hilfe volkswirtschaftlich bedeutsamer Kennziffern wie z.B. Bruttoinlandsprodukt-Beitrag, Beschäftigte, Bruttoanlagevermögen u.a., und die Größe der Region von Bedeutung: bei großräumiger Gliederung des zu versorgenden Gebietes, d.h. Räume mit hohen Bruttoinlandsprodukt-Werten, Beschäftigtenzahlen u.a., können nur Branchen mit einem hohen Anteil an den volkswirtschaftlichen Kennziffern regionale Bedeutung erlangen, während bei kleinräumiger Gliederung auch Branchen mit geringeren Anteilen an den volkswirtschaftlichen Kennziffern im Falle räumlicher Konzentration ihrer Kapazitäten einen großen Einfluß auf die regionale Wirtschaft haben können.

Die Erklärung der räumlichen Verteilung der Produktionskapazität einer transportkostenempfindlichen Industrie, die außerdem durch interne Ersparnisse (= Senkung der Durchschnittskosten bei Kapazitätserweiterung) gekennzeichnet ist, worunter die genannten energieorientierten Wirtschaftszweige zu zählen sind, kann mit Hilfe des Ansatzes von Schröder erfolgen:¹⁾

Werden von den möglichen raumdifferenzierenden Faktoren zuerst nur die Absatzverhältnisse und die internen Ersparnisse betrachtet, dann bestimmt sich die kostenminimale Unternehmensgröße innerhalb einer Branche als Funktion von:

¹⁾ Vgl. SCHRÖDER, D. u.a.: *Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, Bestimmungsgründe der regionalen Wachstumsunterschiede der Beschäftigung und Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 1950 bis 1980, Prognos-Studie Nr. 3, Stuttgart-Main 1968, S. 54 ff.*

1. dem Verlauf der durchschnittlichen Transportkosten bei steigender Kapazität, die beeinflußt werden von:
 - der Absatzdichte (D)
 - den Transportkosten je Entfernungseinheit (t_1)
2. dem Verlauf der durchschnittlichen Produktionskosten bei steigender Kapazität, die bestimmt werden von:
 - dem Anteil der degressiven Produktionskosten an den gesamten spezifischen Jahreskosten bei der Produktion von einer Einheit (a_1) und
 - dem Degressionsfaktor der Kostenkurve (d)
3. der Marktform, die mit Hilfe des durchschnittlichen Marktanteils der Unternehmen der Branche (c) gekennzeichnet wurde.

Nach Schröder ergibt sich die optimale Kapazität X_{opt} eines Unternehmens unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Verteilung des Absatzes im Raum, konstanter Transportkosten pro Entfernungseinheit und eines Degressionsexponenten von $d=1$ nach der Formel

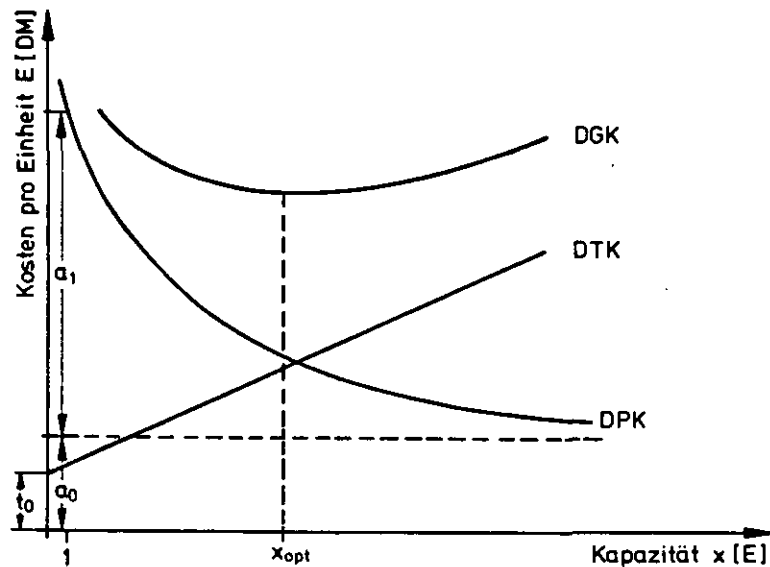
$$(1) \quad X_{opt} = (c \cdot D \cdot \pi)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(3 \frac{a_1}{t_1}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Die Ermittlung der optimalen Kapazität läßt sich auch für einen bestimmten Raum (= bestimmter Wert der Absatzdichte D) und ein bestimmtes Unternehmen graphisch darstellen, wie es in der Abb. 26 geschehen ist.

Wie die Abb. 26 und die Formel (1) zeigen, ist die kostenminimale Kapazität für ein Unternehmen um so höher:

- je größer die Absatzdichte D,
- je kleiner die Transportkosten t_1 ,
- je größer der Marktanteil c und
- je größer der Anteil der degressiven Produktionskosten a_1

ist. Wesentlich ist das Verhältnis zwischen a_1 und t_1 , d.h. die Beziehung zwischen dem Ausmaß der internen Ersparnisse bei Kapazitätserweiterung zu den spezifischen Transportkosten. Bei großem a_1 und geringem t_1 weitet sich der Absatzradius sehr aus; innerhalb des Gesamttraumes sind wenige Unternehmen mit hoher



DGK = durchschnittliche Gesamtkosten [DM/E]

DTK = durchschnittliche Absatz-Transport-Kosten
bei einer bestimmten Absatzdichte [DM/E]

DPK = durchschnittliche Produktionskosten [DM/E]

x = Kapazität bei Vollauslastung [E]

x_{opt} = optimale Kapazität beim Stückkostenminimum

a_1 = degressive Produktionskosten bei $x = 1$

a_0 = konstante Produktionskosten

t_0 = konstante Transportkosten

Abb. 26 : Optimale Kapazität bei Degression der Produktionskosten und Absatz-Transportkosten

Kapazität zu erwarten. Energiebezogene Faktoren können dann nur großräumige Standortwirkungen hervorrufen. Bei kleinem a_1 im Verhältnis zu t_1 ist der optimale Absatzradius klein; innerhalb des Gesamttraumes gibt es viele Betriebe mit - bezogen auf die Gesamtkapazität der Branche - relativ kleiner Kapazität. Der Energiefaktor kann dann auch kleinräumige Standortwirkungen haben.

Die Betriebe sind gleichmäßig im Raum verteilt, wenn sie keine weiteren technischen oder wirtschaftlichen Standortanforderungen besitzen. Eine Transportkostenempfindlichkeit auf der Einsatzseite dagegen bewirkt eine Variation der Standortverteilung im Hinblick auf ein Optimum zwischen Input- und Output-Trans-

portkosten. Bei Wirtschaftszweigen mit großem Absatzradius verschiebt sich der Standort von der Mitte des Absatzkreises zu diesem Optimal-Punkt. Bei Wirtschaftszweigen mit geringem Absatzradius kann es sein, daß sich Betriebe mit größeren Kapazitäten und Absatzradien als die aus der Formel (1) errechneten in den Regionen mit günstigem Rohstoff- bzw. Energiebezug konzentrieren.

Mit Hilfe der Kenntnis der optimalen Unternehmensgröße einer Branche und der räumlichen Verteilung ihrer Gesamtkapazität läßt sich über den Umfang energieorientierter Investitionen und Kapazitätseffekte folgende Hypothese aufstellen:

- (1) Besitzt der standortbeeinflusste Wirtschaftszweig eine hohe Degression der Stückkosten bei Anlage- oder Betriebserweiterungen, dann ist - gemessen am Verhältnis der regionalen zur gesamtwirtschaftlichen Produktionskapazität - mit großen Betriebseinheiten zu rechnen.

Von den Wirtschaftszweigen, bei denen der regionale Energiepreis eine Bedeutung für die Standortwahl haben kann, weisen folgende Industrien eine hohe Transportkostenempfindlichkeit auf der Input-und/oder Output-Seite und hohe interne Ersparnisse auf:¹⁾

- die Eisenschaffende Industrie,
- die NE-Metallindustrie,
- die organische und anorganische Großchemie,
- die Zellstoff-, Holz-, Papier- und Pappe-Industrie,
- der Energiewirtschaftszweig Mineralölverarbeitung.

- (2) Besitzt der standortbeeinflusste Wirtschaftszweig eine hohe Transportkostenbelastung seiner Produkte bei geringen internen Ersparnissen, dann sind kleine Betriebseinheiten zu erwarten. Hierzu zählen:

- die Eisen-, Stahl- und Tempergießereien.

¹⁾ Vgl. SCHRÖDER, D., a.a.O., S. 154 ff.

- (3) Besitzt der standortbeeinflusste Wirtschaftszweig eine hohe Transportkostenbelastung der Einsatzgüter bei geringen internen Ersparnissen, dann bestehen Tendenzen zur Errichtung mehrerer kleinerer Betriebe an den Standorten des Bezugs der Einsatzgüter, wie bei der:
- Feinkeramischen Industrie und
 - Glasindustrie.

4.3.2.1.2 Umfang des regionalen Einkommenseffektes¹⁾

Die Änderung der regionalen Nachfrage aufgrund des Investitionsvorganges und der anschließenden Produktion kann in der Region eine einmalige und dauerhafte Einkommenssteigerung hervorrufen (Abb. 27).

Hier steht zuerst der einmalige Einkommenseffekt zur Diskussion, der in der Regel keine Komplementäreffekte auslöst. Je nachdem, auf welchem Abstraktionsgrad die Einkommensbestimmung vorgenommen wird, können viele oder wenige Determinanten den Umfang des Einkommenseffektes beeinflussen. Eine differenzierte Einkommensgleichung mit vielen Parametern ist z.B. notwendig

- bei der Berücksichtigung interregionaler Rückwirkungen durch Importe und Exporte
- bei der Berücksichtigung regionaler Akzelerationseffekte, d.h. induzierte Investitionen als Folge der Nachfrage- und Einkommenssteigerung
- bei der Berücksichtigung interregionaler Einkommensumverteilungen durch Steuern, Subventionen, Renten, Finanzausgleichszahlungen u.a.

¹⁾ Vgl. zum regionalen Multiplikator: ISARD, W.: *Regional Cycle and Multiplier Analysis*, in: ISARD, W.: *Methods of Regional Analysis, an Introduction to Regional Science*, 6. Auflage, Cambridge, Mass. 1969, S. 182 ff; JANSEN, P.G.: *Infrastrukturinvestitionen als Mittel der Regionalpolitik*, Beiträge zur Raumplanung, hrsg. vom Zentralinstitut für Raumplanung an der Universität Münster, Band 3, Gütersloh 1967, S. 49 ff; KLIMESCH, H.: *Beiträge zu einer regionalen Wachstumstheorie*, Diss. Tübingen 1966, S. 20 ff; ORTMANN, F.: *Überlegungen zur regionalpolitischen Anwendbarkeit des Multiplikatorbegriffes*, Kieler Studien Nr. 122, Tübingen 1973.

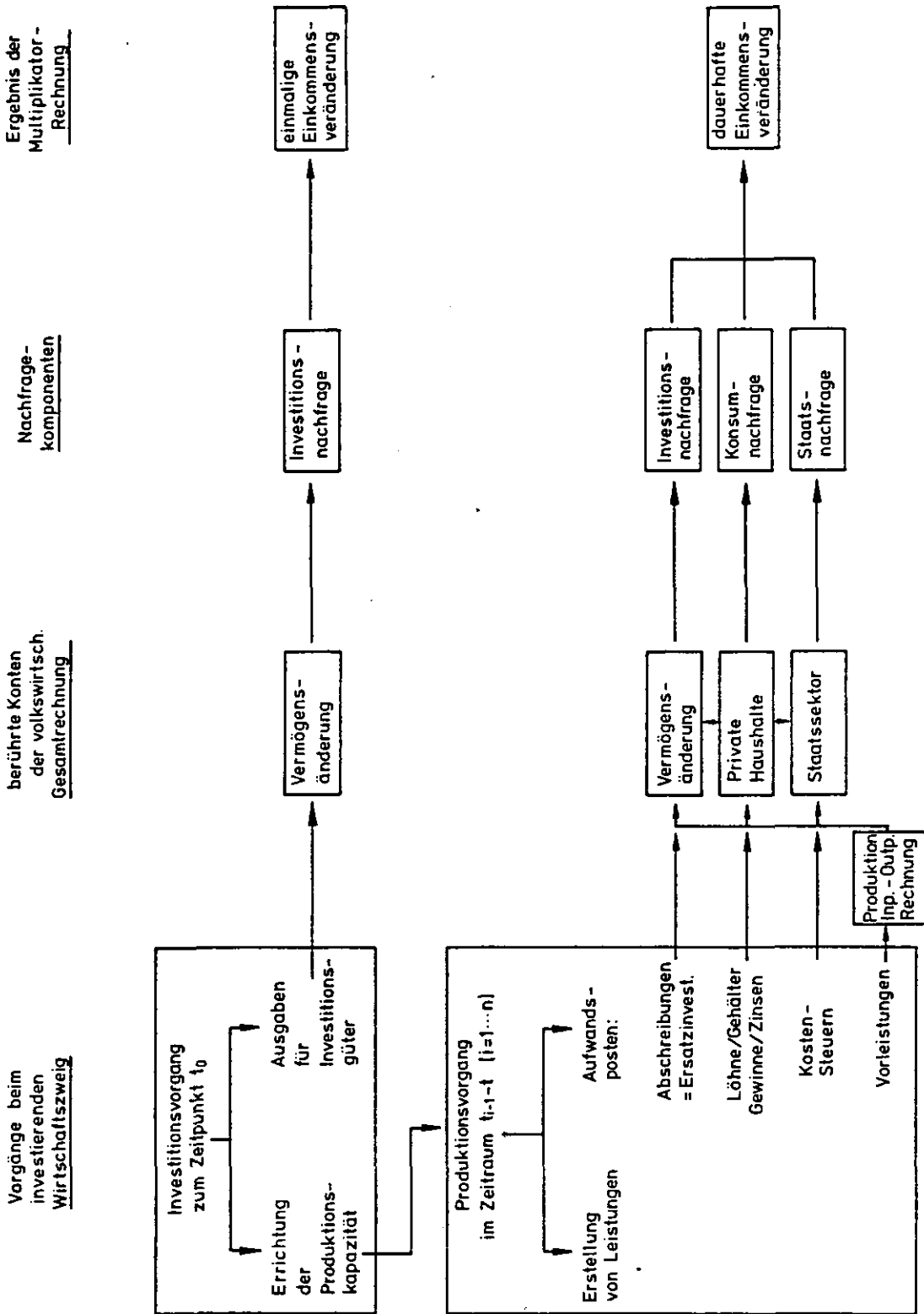


Abb. 27: Einmalige und dauerhafte Einkommenseffekte aus einer Investition

Sie ist angebracht, wenn die Parameter, die die entsprechenden regionalen Strukturen widerspiegeln, einen großen Einfluß auf die Einkommenshöhe ausüben. Im allgemeinen ist aber - besonders bei großräumiger Betrachtung - davon auszugehen, daß die interregionalen Rückwirkungen gering sind und sich die interregionalen Einkommensverteilungen ausgleichen. Regionale Akzelerationseffekte dagegen zählen schon zu den sekundären Standorteffekten und werden im nächsten Abschnitt behandelt.

Die Bestimmungsgrößen für das Ausmaß der Einkommenssteigerung sind bei Verwendung der einfachen Einkommensgleichung:¹⁾

$$Y = C(Y) + I + X - M(Y)$$

mit: $C(Y) = C_0 + c_Y$

und: $M(Y) = M_0 + m_Y$

und der sich daraus ergebenden und vereinfacht auf die autonome Nachfrageänderung ΔN bezogene Multiplikatorformel:

$$\Delta Y = \frac{1}{(1-c) + m} \cdot \Delta N$$

mit: $\Delta N = \Delta C_0 + \Delta M_0 + \Delta I + \Delta X$

im wesentlichen die Parameter:

- die marginale oder - für langfristige Zeiträume - durchschnittliche regionale Konsumquote c und
- die marginale oder - für langfristige Zeiträume - durchschnittliche regionale Importquote m .

¹⁾ Vgl. zur Ableitung und den Grenzen des Multiplikators, z.B.: DERNBURG, Th.F., und McDOUGALL, D.M.: Lehrbuch der makroökonomischen Theorie, 2. Auflage, Stuttgart 1974, S. 67 ff, und: GIERSCH, H. und RICHTER, R.: Beiträge zur Multiplikatortheorie, Schriften des Vereins für Sozialpolitik, N.F., Band 9, Berlin 1954; MARTELL, H.: Theoretische Grundlagen und empirische Grenzen der Multiplikatoranalyse, in: Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, Berlin 1950, Heft 3, S. 214 ff. Da hier die in der Literatur allgemein verwendeten Symbole wiedergegeben werden, werden sie hier nicht definiert.

Diese Parameter sind Größen, die von den Strukturen und der Größe der Standortregion abhängen. So wird im allgemeinen angenommen, daß die durchschnittliche Konsumquote für Haushalte mit niedrigem Einkommen höher ist als die der Haushalte mit hohem Einkommen.¹⁾ Diese Hypothese läßt den Schluß zu, daß Regionen mit einem im Vergleich zum gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt geringeren Pro-Kopf-Einkommen eine höhere Konsumquote aufweisen als Regionen mit einem überdurchschnittlichen Pro-Kopf-Einkommen. Außerdem wird angenommen, daß - im Hinblick auf ihre geographische Ausdehnung und der damit verbundenen Wirtschaftstätigkeit - "große" Regionen eine geringere Importquote besitzen als "kleine" Regionen.

Die regionalen Einkommenseffekte energiepreisbezogener Standortwirkungen unterscheiden sich demnach bei großräumiger und kleinräumiger Betrachtung, da hier die Importquoten differieren können. Bei kleinräumiger Betrachtung spielt auch die regionale Haushaltsstruktur eine größere Rolle, da für kleine Regionen in der Regel größere Strukturunterschiede existieren als bei großen Wirtschaftsgebieten.

Die Größe der Region und die Höhe des regionalen Pro-Kopf-Einkommens bestimmen dennoch die Parameter des regionalen Einkommensmultiplikators. Die Standortwirkungen differieren mit diesen regionsspezifischen Bedingungen. Als Extreme sind acht Fälle möglich, die als Hypothesen für den Umfang des Einkommenseffektes formuliert werden können.

¹⁾ Vgl. DERNBURG, Th.F., und McDOUGALL, D.M.: *Lehrbuch der Makroökonomischen Theorie*, 2. Auflage Stuttgart 1974, S. 64, und WOLL, A.: *Allgemeine Volkswirtschaftslehre*, 3. Auflage München 1971, S. 319.

4.3.2.2 Erfassung möglicher Komplementäreffekte der energieintensiven Wirtschaftszweige

Unter der Bezeichnung Komplementäreffekte regionaler Investitionen werden die Wachstumsbeiträge all der regionalen Investitionen bezeichnet, die in Abhängigkeit von primären Investitionen in der betrachteten Standortregion getätigt werden. Solche komplementären Investitionen können sein:

- die Ansiedlung von weiterverarbeitenden Industrien
- die Ansiedlung von Zulieferindustrien
- die Errichtung von Infrastrukturanlagen und öffentlichen Einrichtungen für die angesiedelten Betriebe und die zugewanderten Arbeitskräfte
- der Aufbau von Konsumgüter- und Investitionsgüterindustrien und privaten Dienstleistungssektoren, die durch die zusätzliche Nachfrage nach ihren Gütern und die errichtete Infrastruktur Standortvorteile genießen.

Instrumente zu ihrer Erklärung und Prognose können die Exportbasistheorie und Theorie der Wachstumspole sein.

Die auf diesen regionalen Wachstumstheorien aufbauenden Hypothesen zur Bildung komplementärer Investitionen müssen ebenfalls von sektorspezifischen und regionsspezifischen Eigenschaften ansgehen. Die zu betrachtenden Industriezweige können nämlich die Anforderungen an eine motorische oder Basis-Industrie in hohem Maße erfüllen, doch können die regionalen Entwicklungsbedingungen fehlen, um die Polarisierungseffekte wirksam werden zu lassen, z.B. weil die Region zu klein ist, um Agglomerationsvorteile entstehen zu lassen, oder weil wichtige Standortanforderungen für einzelne Industriezweige nicht erfüllt sind. Andererseits kann das Wirtschaftsgebiet ein hohes "Entwicklungspotential" aufweisen, die energieorientierte Industriebetriebe besitzen, aber zu wenig Antriebs- und Attraktionskräfte, um einen regionalen Entwicklungsprozeß in Gang zu bringen.

4.3.2.2.1 Basis-Eigenschaft der Wirtschaftszweige

Ein Wirtschaftszweig kann dann die wirtschaftliche Basis einer Region bilden, wenn er nicht nur für den regionalen Bedarf, sondern überwiegend für den überregionalen Bedarf produziert. Er gehört dann zu denjenigen Sektoren, die durch Nutzung der komparativen Produktionsvorteile der Region zur Produktivitätssteigerung des gesamtwirtschaftlichen Faktorbestandes beitragen und der Region durch ihren Spezialisierungsgrad zu einem höheren Einkommen verhelfen, als wenn alle Teilgebiete die von ihrer Bevölkerung nachgefragten Güter selbst produzieren würden.¹⁾

Wesentliches Kriterium zur Kennzeichnung einer Basis-Industrie ist die regionale Exportquote. Ihre exakte Bestimmung bereitet große Schwierigkeiten, da die über Regionsgrenzen fließenden Güter- und Dienstleistungsströme statistisch nicht erfaßt werden. Die nationale Exportquote bietet, wenn überhaupt, nur für große Wirtschaftsräume einen Anhaltspunkt für den regionalen Exportanteil. Als Hilfsmittel für mittlere und kleinere Gebiete bietet sich die Bestimmung des regionalen "Deckungsgrades" an. Der Deckungsgrad gibt an, in welchem Ausmaß die Produktion eines regionalen Sektors ausreicht, die Nachfrage zu decken, die maximal von den potentiellen Nachfragern der Region nach seinen Gütern ausgeübt werden kann.²⁾ Da für die in dieser Arbeit untersuchten Regionen aktuelle Input-Output-Tabellen fehlen, wird der regionale Deckungsgrad als Maßgröße für die regionale Exportquote verwendet, wie es in Kap. 7.1.2 geschehen ist.

¹⁾ Dieser Gedanke findet sich bei MARX, D.: *Wachstumsorientierte Regionalpolitik*, Wirtschaftliche Studien 3, hrsg. Institut für Europäische Wirtschaftspolitik der Universität Hamburg, Göttingen 1966, S. 31.

²⁾ LÖBBE, K.; KRUCK, R.: *Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet*, Schriftenreihe des RWI, N.F., Heft 37, Berlin 1967, S. 22 ff.

4.3.2.2.2 Motorische Eigenschaften eines Wirtschaftszweiges

Je mehr ein Wirtschaftszweig die von der Polarisierungstheorie¹⁾ genannten Eigenschaften eines motorischen Sektors erfüllt, desto eher ist zu vermuten, daß von ihm komplementäre regionale Investitionseffekte ausgehen.

Die Kriterien

- Betriebsgröße
- Produktivitätsentwicklung
- Wachstumsintensität und
- Absatzradius

wurden für die energieintensiven Wirtschaftsbereiche in anderen Abschnitten untersucht.

Hier stehen weitere Eigenschaften zur Diskussion:

- der Verflechtungsgrad mit vorgelagerten und nachgelagerten Produktionszweigen als Indikator für die intersektorale Antriebswirkung
- der Grad räumlicher Anziehung auf die verbundenen Produktionszweige.

Intersektorale Antriebswirkung

Mit den Anteilen der gekauften und verkauften Vorleistungen am Bruttoproduktionswert, errechnet aus einer Input-Output-Tabelle, läßt sich die Intensität der Verflechtung eines Wirtschaftszweiges mit anderen Wirtschaftszweigen der Volkswirtschaft messen.²⁾

Es läßt sich vermuten, daß im Hinblick auf eine räumliche Attraktion und Antriebswirkung die größten Impulse von denjenigen Wirtschaftsbereichen ausgehen,

¹⁾ Vgl. zu den Eigenschaften eines motorischen Sektors: KLEMMER, D.: Die Theorie der Entwicklungspole - strategisches Konzept für die regionale Wirtschaftspolitik. In: R.u.R., 30. Jg. Heft 3, S. 102 ff.

²⁾ Vgl. zu den Komplementäreffekten aufgrund der intersektoralen Verflechtung: HIRSCHMANN: Die Strategie der wirtschaftlichen Entwicklung, 21. Ausgabe, Stuttgart 1967, S. 92 ff.

- (1) bei denen die intermediären Inputs und die intermediären Outputs einen hohen Anteil am Bruttoproduktionswert annehmen (über 50 %),¹⁾
- (2) bei denen sich die Käufe und Verkäufe auf wenige Industriezweige erstrecken.
- Je höher nämlich der Wert der intersektoralen Lieferung ist, desto stärker ist der Impuls auf die Produktion und Investition des ungebundenen Sektors.

Folgende Übersicht weist den Verflechtungsgrad und die Anzahl der wichtigsten verflochtenen Produktionsbereiche auf der Input- und Output-Seite für die energieorientierten Wirtschaftszweige aus.

Wirtschaftszweig	Rückwärts-Verflechtung		Vorwärts-Verflechtung	
	(1)	(2)	(3)	(4)
1. hoher (1) und hoher (3):				
Steinkohlenverkokung	92	85	62	90
Eisen- u. Stahlerz.	59	34	74	38
ZHPP-Herstellung	64	55	89	43
Chem. Erzeugung	56	35	58	43
NE-Metallerzeugung	69	65	83	54
Mineralölverarb.	55	70	65	30
2. niedriger (1) hoher (3):				
Gießereierzeugnisse	51	75	85	35
Kohlebergbau	41	31	81	75
Steine und Erden	39	53	92	63
Elektrizitätserzeug. und -verteilung	56	71	73	31
Glas- u. Feinkeramik	35	35	55	25
Erdölgewinnung	14	36	97	85

- (1) Anteil des intermediären Inputs am Bruttoproduktionswert (hoch = über 50 %) in %
- (2) Anteil der drei wichtigsten Vorleistungssektoren am gesamten intermediären Input in %
- (3) Anteil des intermediären Outputs am Bruttoproduktionswert (hoch = über 50 %) in %
- (4) Anzahl der drei wichtigsten belieferten Sektoren am gesamten intermediären Output in %

Quelle: Statistisches Bundesamt, Input-Output-Tabelle 1970 der Bundesrepublik Deutschland, in: WiSta, 1974, S. 164 ff.

Tab. 19: Intersektoraler Verflechtungsgrad ausgewählter Wirtschaftszweige der Bundesrepublik Deutschland 1970

¹⁾ Vgl. LINDENLAUB, a.a.O., S. 264.

Räumliche Anziehungskraft¹⁾

Wie schon erwähnt, ist die Ansiedlung eines Betriebes bzw. die Betriebserweiterung an einem Standort in den seltensten Fällen das Ergebnis der Vorteilhaftigkeit eines einzigen Standortfaktors, sondern es sind im allgemeinen mehrere Faktoren entscheidend. Der technische Verbund wird daher zur Ansiedlung vorgelagerter und/oder nachgelagerter Industriezweige nicht ausreichen, wenn das betrachtete Wirtschaftsgebiet nicht auch ihre anderen wesentlichen Standortanforderungen erfüllt. Das ist bei Großräumen eher zu erwarten als bei kleinen Wirtschaftsräumen.

Eine räumliche Anziehung der verbundenen Wirtschaftszweige untereinander ist zu vermuten, wenn sie häufig in den gleichen Räumen anzutreffen sind. Eine Maßgröße für die räumliche Assoziation kann die Korrelation der interregionalen Verteilung der einzelnen Branchen sein.²⁾ Eine andere Maßgröße kann ein Beschäftigungsquotient sein, der angibt, ob ein Wirtschaftszweig in einem Gebiet gegenüber dem Gesamtraum proportional oder unterproportional vertreten ist.³⁾ Der Beschäftigungsquotient ist definiert als die Anzahl der Beschäftigten des Wirtschaftszweiges pro Kopf der Bevölkerung des jeweiligen Gebietes. Hohe Beschäftigungsquotienten zweier oder dreier verbundener Wirtschaftszweige für einen Raum lassen vermuten, daß sie in diesem Raum regionale Produktionskomplexe bilden.

Auf der Grundlage der Annahme, daß hohe Korrelationskoeffizienten der interregionalen Verteilung oder hohe Beschäftigungsquotienten in einer Region auch räumliche Anziehungskräfte zwischen den verbundenen Wirtschaftszweigen anzeigen, weisen die energieorientierten Wirtschaftszweige eine Anziehungskraft auf die folgenden Wirtschaftszweige auf:

1) *Allgemeine Aspekte zur räumlichen Anziehungskraft finden sich in: WICKEREN, von, A.G.: Interindustry Relations: Some Attraction Models, Diss. Rotterdam 1971, und STREIT, M.: Über die Bedeutung des räumlichen Verbundes im Bereich der Industrie, Köln, Berlin, Bonn, München 1967.*

2) *SCHRÖDER, D., a.a.O., S. 307.*

3) *BORRIES, H.W.: Ökonomische Grundlagen der westdeutschen Siedlungsstruktur, Hannover 1969, S. 10 und 108 ff.*

1. Eisen- und Stahlerzeugung:
 - Eisen-, Stahl- und Tempergießereien
 - Stahl- und Leichtmetallbau
 - Ziehereien und Kaltwalzwerke
2. NE-Metallerzeugung:
 - NE-Metallgießerei
 - EBM-Warenherstellung
3. Chemische Industrie:
 - Kunststoffverarbeitung
4. ZHPP-Industrie
 - Papier- und Pappeverarbeitung
 - Druckereien

Diese hier allgemein beschriebenen Assoziationen werden verwendet, um die räumlichen Wachstumswirkungen ausgewählter energieintensiver Wirtschaftszweige in Nordrhein-Westfalen feststellen zu können.

5 Einsatzpotential der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen insgesamt und Einsparung regionaler Produktionsverfahren

In diesem Kapitel soll das Einsatzpotential der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen insgesamt ermittelt werden. Es dient einmal dazu, die alternativen Energieversorgungsmöglichkeiten für Nordrhein-Westfalen aufzuzeigen und mögliche, nach dem heutigen Informationsstand abschätzbare Größenordnungen der Kernenergienutzung in Nordrhein-Westfalen anzugeben. Zum anderen soll dieses Kapitel die globale Energiekosteneinsparung und damit die Einsparung an Produktionsfaktoren in Nordrhein-Westfalen insgesamt ausrechnen.

5.1 Einsatzpotential

Eine Abschätzung des Energiebedarfs und der Bedarfsdeckung für Nordrhein-Westfalen war im Rahmen dieser Arbeit notwendig, da aktuelle energiewirtschaftliche Untersuchungen für Nordrhein-Westfalen fehlen. Die letzten Untersuchungen über die Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft in diesem Land wurden 1971 bzw. 1974 angefertigt.¹⁾ Sie zeigten sich aber aufgrund der veränderten Lage auf dem Energiemarkt und der heute niedriger anzusetzenden langfristigen wirtschaftlichen Wachstumsrate²⁾ als nicht mehr aktuell. Eine energiewirtschaftliche Analyse und Prognose für das Ruhrgebiet konnte nicht durchgeführt werden, da für diese Gebietseinheit weder die notwendigen energiestatistischen noch die wirtschaftsstatistischen Daten vorliegen.

1) Vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: *Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980, Untersuchung im Auftrag des Wirtschaftsministeriums von Nordrhein-Westfalen, Berlin, Dezember 1971*, und SCHULTEN, R. u.a.: *Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie zur Deckung des Wärmebedarfs einer hochindustrialisierten Region und die sich daraus ergebenden Strukturänderungen, dargestellt am Beispiel Nordrhein-Westfalen, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2493, Opladen 1975*.

2) Vgl. MICHAELIS, H.: *Perspektiven der Energieversorgung, Beitrag zum Energiewissenschaftlichen Seminar "Die Zukunft der Energie-Trends und alternativer Lösungen", veranstaltet vom Zentrum für Zukunftsforschung e.V., am 23./24. September 1976, Berlin, als Manuskript erhalten, S. 5*, und: derselbe: *Die Energiepolitik der Europäischen Gemeinschaft, in: Probleme der Energiewirtschaft, Institut für Unternehmensführung und Unternehmensforschung, Ruhruniversität Bochum, Arbeitsbericht Nr. 9, April 1976, hrsg. von BESTERS, H., S. 12 ff.*

Als Betrachtungszeitraum der Arbeit wurden 25 bis 30 Jahre gewählt (1970/75 bis 2000). Einerseits war die Wahl des Zeitraumes bis zum Jahre 2000 notwendig, da eine der in die Untersuchung einbezogene Reaktorlinie ab 1995 erst ihre Marktreife erlangen wird. Andererseits fehlen Energie- und Wirtschaftsprognosen für darüber hinausgehende Zeiträume.

5.1.1 Möglichkeiten einer langfristigen Energieversorgung

5.1.1.1 Gegenwärtige Energieversorgung des Landes

Der Bedarf an Endenergieträgern in Nordrhein-Westfalen beträgt gegenwärtig (1974/1975) ca. 75 Mio t SKE. Von diesem Betrag entfallen auf die Industrie 45 %, auf die Haushalte 39 % und auf den Verkehrssektor 16 %, wie Tab. 20 zeigt.

	Industrie		Haushalt und Kleinverbrauch		Verkehr		insgesamt	
	10 ⁶ tSKE	%	10 ⁶ tSKE	%	10 ⁶ tSKE	%	10 ⁶ tSKE	%
feste Brennstoffe	3,4	10	3,8	13	-		7,2	9
flüssige Brennstoffe	10,8	32	16,3	56	11,6	97	38,7	52
gasförmige Brennstoffe	12,2	36	4,4	15	-		16,6	22
Strom	7,4	22	4,7	16	0,4	3	12,5	17
insgesamt	33,8	100	29,2	100	12,0	100	75,0	100

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-westfalen bis 1980, Berlin 1971 und eigene Rechnungen

Tab. 20 : Energieverbrauch der Endenergiebereiche des Landes Nordrhein-Westfalen nach Energieträgern im Jahr 1975

Der Endenergiebedarf wird vorwiegend durch die flüssigen Brennstoffe Heizöl und Benzin gedeckt. Die festen Brennstoffe wurden in der Vergangenheit zurückgedrängt, die Gase nahmen an Bedeutung zu (Abb. 28).¹⁾

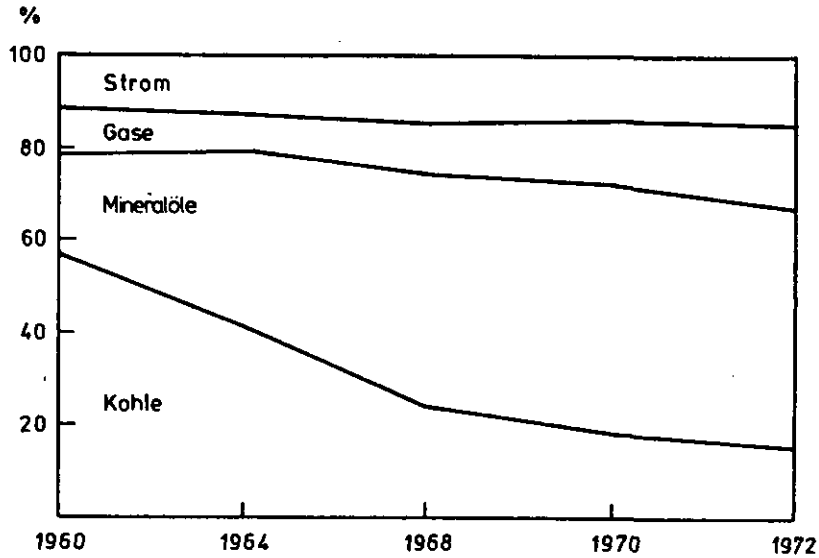


Abb. 28 : Entwicklung der Strukturanteile der einzelnen Energieträger im Endenergiebereich in Nordrhein-Westfalen

Wie die Tabelle zeigt, dominieren die flüssigen Brennstoffe bei den Haushalten und Kleinverbrauchern und auch beim gesamten Endenergieverbrauch. Im Bundesgebiet ist der Anteil der Mineralölprodukte am Endenergieverbrauch noch höher, er betrug 1975 59 %.²⁾ Da gerade die Mineralölprodukte als besonders kritische Energieträger anzusehen sind, ist ihre Substitution in allen genannten Bereichen von größter Wichtigkeit.

Gegenüber 1972 stagniert der Mineralölanteil am Endenergieverbrauch; der Anteil der gasförmigen Brennstoffe erhöht sich auf 22 %. Die Wachstumsrate des Gasverbrauchs im Endenergiebereich betrug von 1960 bis 1975 annähernd 5 % p.a..

¹⁾ Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980, Berlin 1970, Tab. 3-6.

²⁾ Vgl. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanz 1975, Düsseldorf 1976.

5.1.1.2 Entwicklung des Endenergiebedarfs bis zum Jahre 2000

In Abhängigkeit von der Entwicklung des realen Bruttosozialproduktes wurde der Endenergiebedarf für das Bundesland Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000 abgeschätzt (Abb. 29).¹⁾

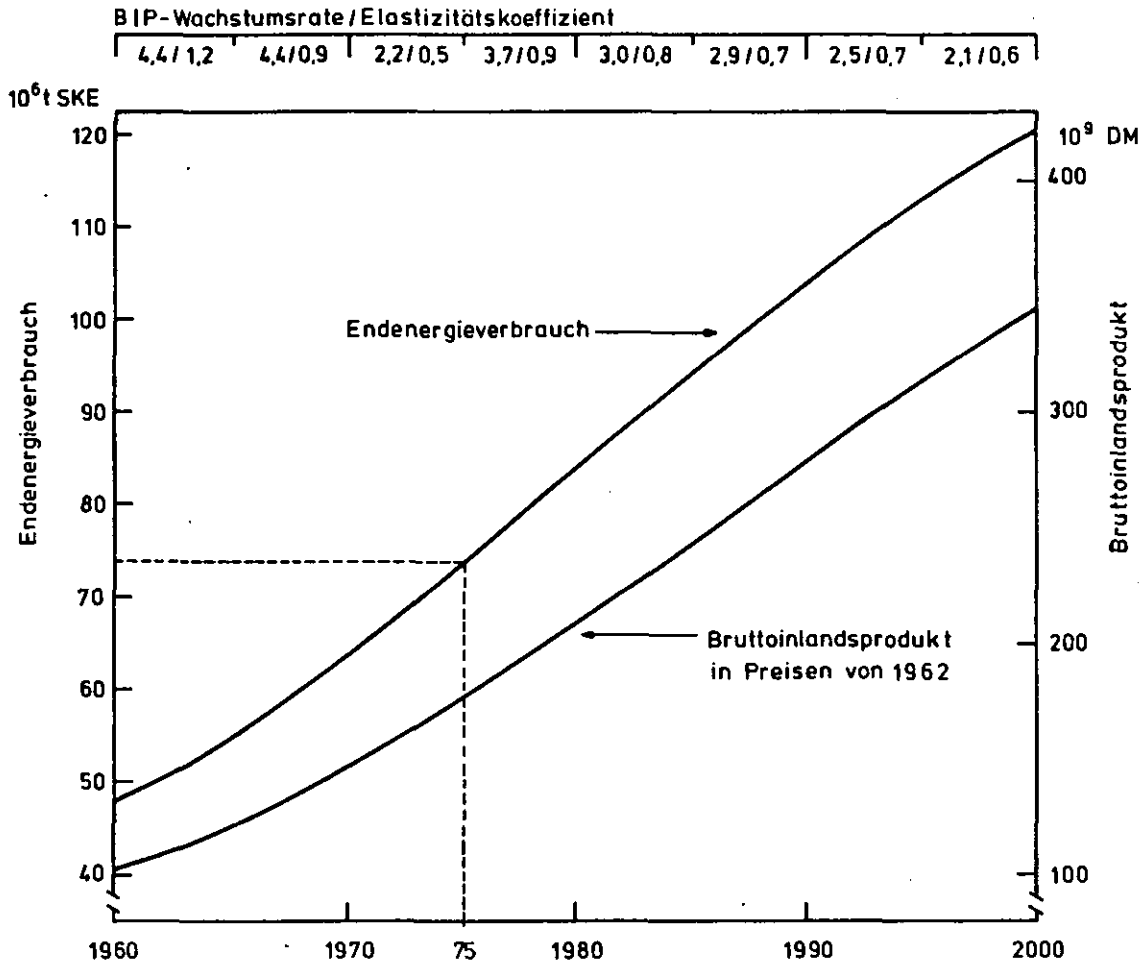


Abb. 29 : Entwicklung des Endenergiebedarfs Nordrhein-Westfalens bis zum Jahr 2000

¹⁾ Quellen: PROGNOSE Report Nr. 7: Die Bundesrepublik Deutschland 1985; Die Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland und den Bundesländern 1960 - 1985, PROGNOSE AG, Band 1975; Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1973/74/75/76; Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.): Grundlinien und Eckwerte für die Fortschreibung des Energieprogramms, Beschluß des Bundeskabinetts vom 23.3.1977, in: Bulletin Nr. 30, S. 265, Bonn, 25.3.1977, TZ 111, S. 270 ff; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980, Untersuchung im Auftrag des Wirtschaftsministeriums von Nordrhein-Westfalen, Berlin 1971.

Der Endenergiebedarf des Landes Nordrhein-Westfalen wird von gegenwärtig 75 Mio t SKE bis zum Jahre 2000 auf ca. 120 Mio t SKE ansteigen. Das entspricht einer Erhöhung um etwa 60 %. In der Größenordnung von ca. 45 Mio t SKE müssen demnach im Zeitraum von 1975 bis 2000 zusätzliche Energieträger für den Endenergiebedarf in Nordrhein-Westfalen bereitgestellt werden. Welcher Art diese Energieträger sein müssen, zeigt die Struktur der Nutzenergienachfrage.

Der Bedarf der Endenergiebereiche an Nutzenergie (Licht, Kraft, Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung und Wärme für industrielle Prozesse) ist für das Bundesgebiet in folgendem Flußbild dargestellt (Abb. 30):¹⁾

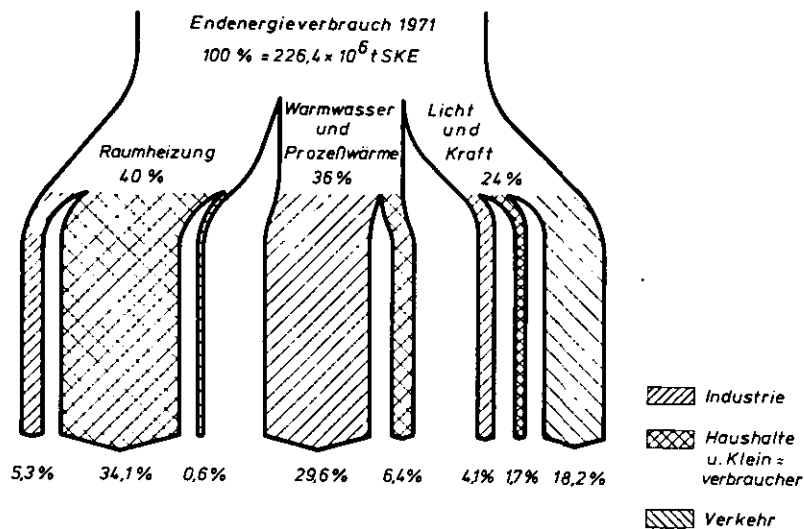


Abb. 30 : Auffächerung des Endenergieverbrauchs auf Verbrauchsart und Sektoren in der Bundesrepublik Deutschland

¹⁾ Quelle: Bundesministerium für Forschung und Technologie: Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, a.a.O., Teil IV, Fernenergie, S. 2.

Das Bild zeigt den hohen Energiebedarf zur Raumheizung der Haushalte (80 %) und den hohen Energiebedarf für Prozeßwärme der Industrie (75 %). Insgesamt beträgt der Wärmebedarf heute ca. 77 % des gesamten Nutzenergiebedarfs. Sein Anteil wird aber aufgrund der wachsenden Mechanisierung in allen Bereichen langfristig auf etwa 60 bis 65 % absinken.¹⁾ Der auch für die Zukunft noch hohe Bedarfsanteil an niedertemperaturiger und hochtemperaturiger Wärme, der heute vorwiegend mittels flüssiger und gasförmiger Brennstoffe gedeckt wird (Abb. 31)²⁾ ist weiterhin bestimmend für die Art des Energieträgereinsatzes.

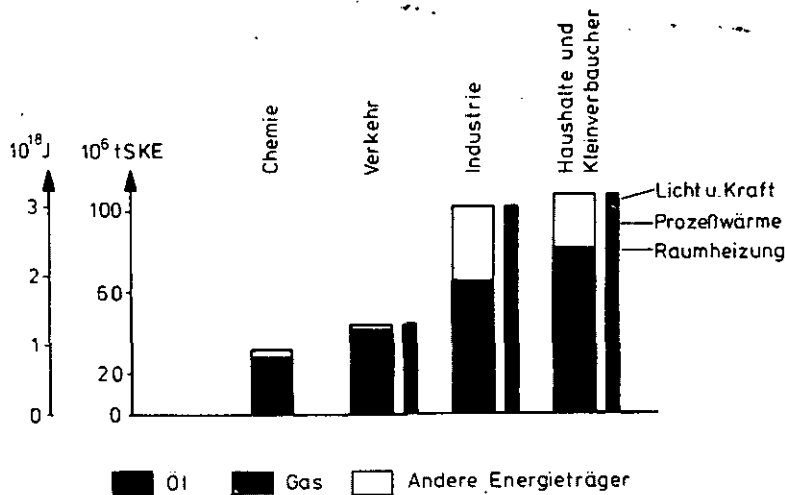


Abb. 31 : Verwendung der kritischen Energieträger in der Bundesrepublik Deutschland

1) Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): *Energiequellen für morgen? Nichtfossile-Nichtnukleare Primärenergiequellen, Programmstudie in VI Teilen, Teil I: Zukünftige Energiebedarfsdeckung und die Bedeutung der nichtfossilen und nichtnuklearen Primärenergieträger*, Bonn 1976, Abb. 13, S. 16.

2) Quelle: Bundesministerium für Forschung und Technologie: *Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, a.a.O., Teil IV, Fernenergie, S. 2.*

Künftige Energieversorgungskonzepte für Nordrhein-Westfalen haben einen sicherlich ähnlich hohen Wärmebedarfsanteil wie das Bundesgebiet zu berücksichtigen. Es sind Sekundärenergiesysteme zu installieren, die in der Lage sind, den differenzierten Wärmebedarf der einzelnen Sektoren und den verschiedenen betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Ansprüchen der Energieverbraucher zu genügen.

5.1.1.3 Deckungsmöglichkeiten des künftigen Energiebedarfs

Wie gezeigt wurde, wird der gegenwärtige Endenergiebedarf des Landes Nordrhein-Westfalen zu 52 % durch flüssige Brenn- und Kraftstoffe gedeckt, die aus Öl gewonnen werden und zu 22 % mittels Gasen aus Kokereien, Raffinerien oder Hochöfen, bzw. mittels Erdgas. Der Erdgasanteil am gesamten Gasverbrauch des Landes Nordrhein-Westfalen betrug 1974 nur ca. 40 % gegenüber einem Anteil von 62 % im Bundesgebiet. Er wird aber aufgrund des steigenden Gasbedarfs und des nur konstanten bzw. abnehmenden Angebots erzeugter Gase zunehmen.

Der Mineralöl- und Gaseinsatz in den Endenergiebereichen Industrie bzw. Haushalte und Kleinverbraucher dient fast ausschließlich der Deckung des Wärmebedarfs, wie aus Abb. 31 zu erkennen war. Die im Industriesektor verbrauchte Kohle umfaßt im wesentlichen den Kokseinsatz in der Eisen- und Stahlindustrie, der hier neben energetischen Funktionen auch Rohstoff- und Stützfunktionen übernimmt.

Die Deckung des bis zum Jahre 2000 um 60 % steigenden Endenergiebedarfs, insbesondere des Bedarfs an Wärme im Haushalts- und Industriebereich und des Bedarfs an mechanischer Arbeit im Verkehrsbereich kann aus den bekannten Gründen, der zu erwartenden Erschöpfung und Verteuerung der fossilen Energieträger und der Forderung nach einer Diversifizierung und damit Sicherung der ausländischen Energiebezüge, nicht mehr ausschließlich durch Mineralöl und Gas erfolgen. Es sind neue Sekundärenergieträger einzusetzen bzw. die gewünschten Sekundärenergieträger aus an-

deren Primärenergieträgern herzustellen. Hierbei kann zwischen den Energieträgern bzw. Energieversorgungssystemen unterschieden werden, die eine einfache Technik voraussetzen, einen geringen Forschungs- und Kapitalaufwand erfordern und dezentral einsetzbar sind (kleintechnische Systeme) und den Versorgungssystemen, die durch großtechnische Produktionsumwandlungs-, Verteilungs- und Speichereinrichtungen die Versorgungsstruktur auf lange Zeit festlegen und durch hohen technischen und finanziellen Aufwand und teilweise langjährige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gekennzeichnet sind. Sie seien großtechnische Energiesysteme genannt.

Auf die kleintechnischen Systeme, wie z.B. die Nutzung der solaren Strahlung zur Wärmeerzeugung, die Nutzung der Umgebungswärme mittels Wärmepumpen, der Wärme aus kleinen Heizkraftwerken ohne Verbundsystem, sei im folgenden nicht weiter eingegangen. Zur Substitution von Öl und Gas und Deckung des noch wachsenden Wärme- und Kraftbedarfs in großem Maße sollen hier nur großtechnische Systeme betrachtet werden. Solche Systeme, die in dem betrachteten Zeitraum zur Öl- und Erdgassubstitution beitragen können und den energiepolitischen Anforderungen genügen, sind:¹⁾

- (1) die Veredelung von Braun- und Steinkohle zu gasförmigen und flüssigen Brennstoffen auf konventioneller oder nuklearer Basis.
- (2) Die Nutzung der Wärme aus fossil befeuerten oder nuklearen Kraftwerken in Form regionaler Fernwärme - Verbundnetze insbesondere zur Versorgung von Ballungsgebieten.
- (3) Die Installation eines Systems zum Transport chemisch gebundener Energie, das die durch Kernspaltung freigewordene Wärme an weit entfernt liegende Verbrauchsstellen bringen kann (nukleare Fernenergie).

¹⁾ Vgl. hierzu: Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): *Einsatz neuer Energiesysteme*, a.a.O., alle Teile, und: Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): *Auf dem Wege zu neuen Energiesystemen*, a.a.O., alle Teile.

Der Einsatz dieser Versorgungssysteme kann aus verschiedenen Gründen nicht kurzfristig vor sich gehen, sondern benötigt einen Zeitraum von 10 bis 20 Jahren. Wesentliche Aspekte hierbei sind:

- die gegenwärtig installierten Einrichtungen der Energieversorgung (z.B. Heizsysteme von Wohnungen), die erst nach einer gewissen Abschreibungszeit ersetzt werden können;
- der noch relativ preiswerte Bezug ausländischer Energieträger, der die Nutzung heimischer Energieträger für Unternehmen unrentabel macht (z.B. die konventionelle Kohlevergasung gegenüber dem Import-Erdgas);
- die noch notwendigen Entwicklungsarbeiten für die konventionelle und nukleare Kohleveredelung;
- die für großtechnische Systeme charakteristischen langen Installationszeiten.

Für das Bundesland Nordrhein-Westfalen hat gerade die Nutzung der vorhandenen Kohlevorkommen, insbesondere der Steinkohlevorkommen, eine große Bedeutung.

Es ist daher zu erwarten, daß die Energieversorgung des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen auf den Energieträger Kohle einen Schwerpunkt setzen wird. Das gilt einerseits für die Deckung des Strombedarfs, wo das Bestreben eines verstärkten Einsatzes von Steinkohlekraftwerken heute schon als regionalwirtschaftliches Ziel ersichtlich ist¹⁾ und andererseits zur Deckung des Wärmebedarfs, wie die speziell in Nordrhein-Westfalen geförderten Forschungsvorhaben zur konventionellen Kohlevergasung und -verflüssigung beweisen.²⁾ Mit flüssigen und gasförmigen Brennstoffen aus Kohle würden gleichzeitig auch Kraftstoffe für den Verkehrsbereich zur Verfügung gestellt.

¹⁾ Vgl. z.B. RIEMER, H.L., Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Memorandum, Energiepolitik in Nordrhein-Westfalen/Kernenergie-Steinkohle, als Manuskript gedruckt, Düsseldorf, März 1977.

²⁾ Vgl. insbesondere: Der Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Technologie-Programm Energie, Nordrhein-Westfalen, Schriftenreihe des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr, Band 5, Köln 1974, S. 34 ff.

Bis zum Jahre 2000, dem Zeithorizont dieser Arbeit, werden von den infrage kommenden nuklearen Systemen in Nordrhein-Westfalen installiert sein können:

- Nukleare Stromerzeugung (LWR, evtl. HTR)
- Nukleare Fernwärmeversorgung (LWR, evtl. HTR)
- Nukleare Braunkohlevergasung (HTR)
- Nukleare Steinkohlevergasung (HTR)
- evtl. Nukleare Fernenergie (HTR)

Die Installation des Fernenergie-Systems erfordert neben der technischen Reife und Wirtschaftlichkeit des Hochtemperaturreaktors beim geschlossenen System noch die Errichtung mindestens eines zweiten Rohrleitungsnetzes (vgl. auch Abb. 37).

Fernwärmeversorgungssysteme benötigen eine bestimmte Dichte des Wärmeverbrauchs (ca. 30 Gcal/km²/h), um überhaupt wirtschaftlich zu sein. Aus diesem Grunde wird für Nordrhein-Westfalen gerechnet, daß im Jahre 2000 lediglich ca. 5 Mio t SKE des Wärmebedarfs aller Sektoren mittels Fernwärmeversorgung gedeckt werden kann.¹⁾ Am Gesamt-Energiebedarf von 120 Mio t SKE beträgt der Anteil weniger als 5 % (Tab. 21).

	Spezifischer Wärmebedarf ¹⁾ pro Einwohner ²⁾	Bevölkerung in Städten über 25000Ew	Gesamter Wärme- bedarf	Fernwärmepotential Anteil 20 %	Anteil
	Gcal/E.a.	10 ⁶ Einw.	10 ⁶ Gcal/a	10 ⁶ Gcal/a	10 ⁶ Gcal/a
1972	6,8	11,8	80,3	16,0	24,1
1990	8,0	12,0	96,0	19,2	28,8
2000	8,1	12,0	97,2	19,4	29,2

1) Raumheizung und Warmwasser

2) nur Haushalte, kein Kleinverbrauch

Quelle: Buch, A.: Stand und Entwicklungsaussichten der Fernwärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 1262, Dezember 1975, Abb. 5, S. 17, Tab. 24, S. 83, Tab. 27, S. 97

1) BUCH, A.: Stand und Entwicklungsaussichten der Fernwärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 1262, Dezember 1975, Abb. 5, S. 17, Tab. 24, S. 83, Tab. 27, S. 97.

Die folgenden Betrachtungen über die Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen beschränken sich auf die Nutzung zur Stromerzeugung und zur Kohlevergasung.

5.1.2 Einsatzpotential der Kernenergie zur Deckung des Strom- und Wärmebedarfs

5.1.2.1 Strombedarf

Die vergangene Entwicklung des Strombedarfs in Nordrhein-Westfalen nach Verbrauchergruppen ist in der Tab. 22 dargestellt. Sie verlief ähnlich wie in der Bundesrepublik Deutschland. Der größte Bedarfsanteil entfiel auf die Industrie. Der Anteil nahm aber ständig ab, da andere Verbrauchsbereiche, insbesondere die Haushalte, überproportionale Zuwachsraten aufwiesen.

	1950	1955	1960	1965	1970	1975
Industrie						
Eigenanlagen	9,44	15,10	18,59	18,35	21,14	17,14
Öff. Netz	6,47	12,98	22,13	31,82	41,48	52,04
Verkehr	0,39	0,53	0,77	1,13	1,98	2,12
Öff. Einrichtungen	0,42	0,56	1,06	1,89	3,08	4,79
Landwirtschaft	0,16	0,25	0,39	0,70	1,10	1,28
Haushalt	0,88	1,98	4,18	7,69	14,96	23,37
Handel/Gewerbe	0,83	1,53	2,46	3,74	5,76	7,53
Verluste	1,45	2,11	3,00	4,39	5,41	5,89
insgesamt	20,05	35,06	52,57	69,70	84,90	114,24

Quelle: Statistische Jahresberichte des Referates Elektrizitätswirtschaft im BMWI, Berichte von 1950 bis 1976, in: Elektrizitätswirtschaft 49. bis 75. Jg.

Tab. 22 : Stromverbrauch in Nordrhein-Westfalen nach Verbrauchergruppen (TWh)

Aufgrund seiner Braunkohleförderung mit den besonders kostengünstigen Abbaumöglichkeiten einerseits und den besonders in Nordrhein-Westfalen wirksamen Maßnahmen zur Stützung der Steinkohlenverstromung andererseits, weist Nordrhein-Westfalen einen besonders hohen Kohleeinsatz bei der Stromerzeugung auf. Der Anteil des aus Braun- und Steinkohle erzeugten Stromes betrug für Nordrhein-Westfalen im Jahre 1975 74 %, der Anteil für das Bundesgebiet war 53 % (Tab. 23).

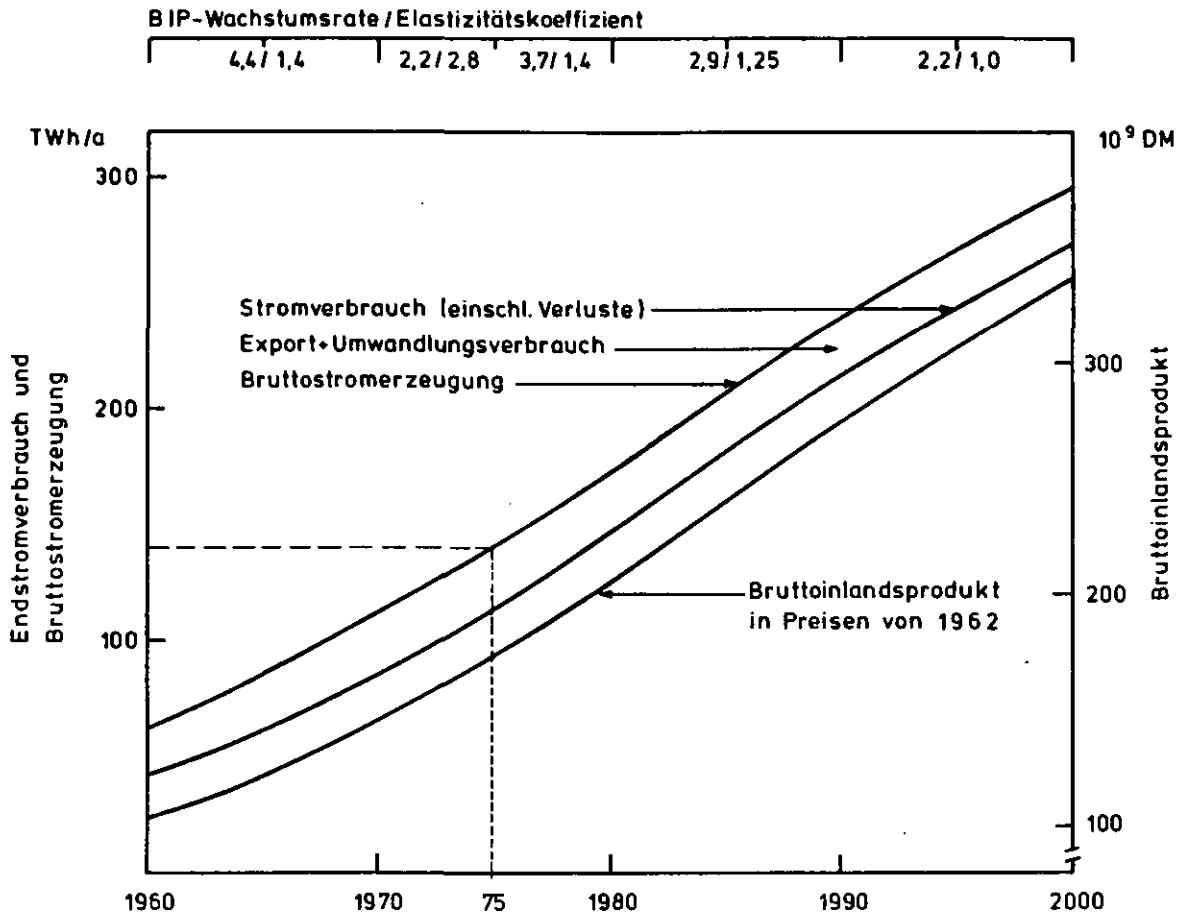
	1970		1975	
	NRW	BRD	NRW	BRD
Steinkohle	42	40	26	25
Braunkohle	37	24	48	28
Gas	14	10	16	23
Heizöl	6	16	8	10
Kernenergie	0	2	1	7
Sonstige	1	8	1	7
insgesamt:	100	100	100	100

Quelle: VIK (Hrsg.): Statistik der Energiewirtschaft
1971 / 1976

Stat. Jahrbücher NRW, 1971 / 1975.

Tab. 23 : Anteile der Energieträger an der Bruttostromerzeugung
in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland (in %)

Die Wachstumsrate des Stromverbrauchs in Nordrhein-Westfalen betrug in der Vergangenheit 6,2 % (1960 bis 1970) und 3,8 % (1970 bis 1975). Sie lag immer unter der Zuwachsrate des Bundesgebietes und wies auch geringere Elastizitätskoeffizienten im Hinblick auf das Wachstum des Bruttosozialproduktes auf. Für die Schätzung des Strombedarfszuwachses bis zum Jahre 2000 wurde von einem gleichbleibendem Abstand des Elastizitätskoeffizienten zwischen Nordrhein-Westfalen und dem Bundesgebiet ausgegangen. Danach ergibt sich für das Jahr 2000 ein Stromverbrauch von 268,1 TWh und unter der Voraussetzung abnehmender Exporte eine Bruttostromerzeugung von annähernd 300 TWh (Abb. 32).



Quellen:

Die Elektrizitätswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975, Statistischer Jahresbericht des Referates Elektrizitätswirtschaft im Bundesministerium für Wirtschaft, 27. Bericht, in: Elektrizitätswirtschaft, 75 Jahrgang, Heft 25, November 1976: Bruttostromerzeugung 1975, Tafel 40, S. 903, Jahresstromverbrauch 1975, Tafel 44, S. 904, Nettoexport 1975, Bild 10, S. 870; Statistik der Energiewirtschaft 1975/76, Hrsg. Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft (VIK): Brennstoffverbrauch der industriellen Stromerzeugungsanlagen in Nordrhein-Westfalen 1975; Tafel 106, S. 81, S. 78, Nordrhein-Westfalen 1975; Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke - VDEW (Hrsg.): Statistik für das Jahr 1975, Frankfurt 1976: Engpaßleistung öffentlicher Versorgung 1975, Bild S. 11 Nordrhein-Westfalen; Statistisches Jahrbuch des Landes Nordrhein-Westfalen 1975, Stromerzeugung öffentlicher Werke aus Steinkohle, Tab. 20, S. 350

Abb. 32 : Entwicklung des Stromverbrauchs und der Bruttostromerzeugung in Nordrhein-Westfalen

Der Stromverbrauch im Endenergiebereich der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2000 wird auf 670 bis 760 TWh geschätzt.¹⁾ Nordrhein-Westfalen hätte daran einen Anteil von 40 bis 35 %. Wegen der hier eher pessimistischen Strombedarfsschätzung für Nordrhein-Westfalen liegt er unter dem Anteil von 1970 (44 %) bzw. von 1975 (45 %).

Der Einsatz von Energieträgern zur Bereitstellung der bis zum Jahre 2000 auf das Doppelte ansteigenden Bruttostromerzeugung wird anhand zweier Alternativen dargestellt.

Strategie I (hoher Kernenergieanteil) geht von den Intentionen des gegenwärtigen Energieprogramms²⁾ aus. Sie unterstellt eine konstante Steinkohlenförderung von 94 Mio t, einen Verstromungsanteil in der Bundesrepublik Deutschland mittel- bis langfristig von 40 Mio t. Von diesen 40 Mio t sollen entsprechend dem heutigen Anteil 50 % in Nordrhein-Westfalen eingesetzt werden. Der darüber hinausgehende Primärenergiebedarf zur Stromerzeugung in Nordrhein-Westfalen soll mit Kernkraftwerken gedeckt werden. Für das Jahr 2000 errechnet sich aus dieser Strategie ein Kernenergie-Anteil zur Stromerzeugung von 48 %, d.h. nahezu 50 %.

Strategie II (geringer Kernenergieanteil) geht von einer verstärkten Steinkohleförderung aus und einem wachsenden Anteil der Steinkohlenverstromung in Nordrhein-Westfalen. Diese Strategie kommt den Intentionen der Landesregierung Nordrhein-

1) Vgl. FICHTNER, Beratende Ingenieure GmbH: Technologien zur Einsparung von Energie, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Kurzfassung und Erläuterung, Stuttgart, September 1976, Tab. 4.2.4-1, S. 257.

2) Vgl. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.): Grundlinien und Eckwerte für die Fortschreibung des Energieprogramms, in: Bulletin Nr. 30, Bonn, 25. März 1977, S. 265 ff.

Westfalen entgegen.¹⁾ Die Förderung soll von gegenwärtig 94 Mio t auf 106 Mio t im Jahre 1985 und auf 112 Mio t im Jahre 2000 angehoben werden. Alle zusätzlichen Steinkohlemengen, die über den heute in der Elektrizitätswirtschaft eingesetzten Mengen von rund 30 Mio t zur Verfügung stehen, sollen in Nordrhein-Westfalen zum Einsatz gelangen. Der Anteil Nordrhein-Westfalens an der Steinkohleverstromung der Bundesrepublik Deutschland (ohne Importkohleverstromung) würde dann von gegenwärtig 50 % auf 67 % im Jahre 1980 und auf 71 % im Jahre 2000 ansteigen. Für das Jahr 2000 errechnet sich als Folge der Strategie II ein Kernenergieanteil in Nordrhein-Westfalen von 29 %, d.h. annähernd 30 % (Abb. 33).

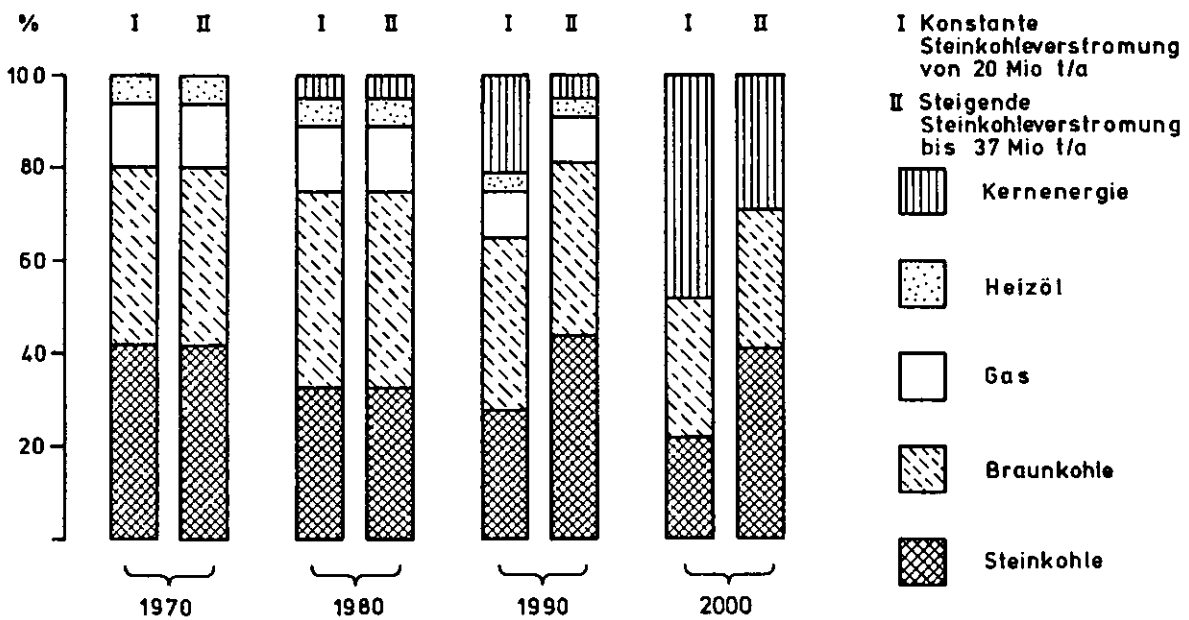


Abb. 33 : Anteile der Energieträger an der Bruttoerzeugung in Nordrhein-Westfalen unter alternativen Annahmen

¹⁾ Vgl. RIEMER, H.L., Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Memorandum, Energiepolitik in Nordrhein-Westfalen/Kernenergie-Steinkohle, als Manuskript gedruckt, Düsseldorf, März 1977, und: Ministerpräsident KÜHN, H., und Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr, RIEMER, H.L.: Vorrang für die Kohle, Regierungserklärung zur Energiepolitik vom 12. Mai 1977, Dokumente und Meinungen 2/77, hrsg. vom Presse- und Informationsamt der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1977.

Die Strategien wurden mit Hilfe der Tabellen 24 und 25 auf den folgenden Seiten errechnet.

Daraus folgt, daß selbst unter optimistischen Annahmen für die Steinkohlenförderung und -verwendung die Kernenergienutzung für Nordrhein-Westfalen unumgänglich ist.

5.1.2.2 Wärmebedarf

Da davon ausgegangen wird, daß die Kohleverflüssigung erst ab dem Jahr 2000 zum Einsatz kommen wird, soll im folgenden lediglich auf nuklear erzeugtes Gas zur Wärmebedarfsdeckung eingegangen werden.¹⁾

Wie Tab. 20 zeigt, tragen die gasförmigen Brennstoffe (Kokereigas, Gichtgas, Raffineriegas und Erdgas) zu ca. 22 % zur Deckung des Endenergiebedarfs des Landes bei. Im Bundesgebiet betrug der Anteil 1975 lediglich 17 % (Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland). Der Gasverbrauch wies in der Vergangenheit Zuwachsraten auf, die weit über den Zuwachsraten des gesamten Endenergiebedarfs und sogar über den Zuwachsraten des Stromes lagen. Aufgrund seiner relativ guten Transportierbarkeit, Handhabbarkeit, Speicherbarkeit und Umweltfreundlichkeit wird das Gas auch in Zukunft stärker nachgefragt werden als andere Energieträger. Für die Bundesrepublik Deutschland wird mit einer Wachstumsrate des Gasverbrauchs im Endenergiebereich für die Zeit von 1975 bis zum Jahre 2000 von 3,6 bis 4,5 % p.a. gerechnet. Es deckt den Endenergiebedarf dann zu 28 %. Aufgrund

¹⁾ Vgl. zur Entwicklung der Gaswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland und der Einführung nuklear erzeugten synthetischen Naturgases: LIESEN, K.: Erdgas in Westeuropa, Vortrag vor der Delegiertenversammlung des Verbandes der Schweizerischen Gasindustrie, Zürich, 25.5.1977, als Fotokopie von der Firma Ruhrgas AG erhalten; SCHILLING, K. u.a.: Kostenabschätzung über zukünftige Versorgungsmöglichkeiten der Bundesrepublik Deutschland mit Importerdgas, interner Bericht des Steinkohlebergbauvereins, Nr. KV-3-1970, Essen, Juni 1976, nicht veröffentlicht; Programm Angewandte Systemanalyse (Hrsg.): "Wird künstlich erzeugtes Gas einschließlich Wasserstoff der wichtigste Sekundärenergieträger im nächsten Jahrhundert?" ASA-Arbeitsseminar, durchgeführt am 30.11.1976 bei der DFVLR e.V., Stuttgart, ASA-Seminarbericht IG/03, Köln, März 1977.

	1970		1975		1980		1985		1990		1995		2000		Anmerkung
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
Steinkohle															
Kapazität in 10 ³ MW	12,7				16,2	1,7	16,2	1,7	16,2	1,7	16,2	2,3	16,2	2,3	langfristig
Auslastung in h/a	4000	2980			3400	7000	3400	7000	3400	7000	3400	7000	3400	7000	Gesamt 94 Mio t
Erzeugung in Mrd. kWh	50,8	37,8			55,0	12,0	55,0	12,0	55,0	12,0	55,0	17,0	55,0	17,0	Strom 40 Mio t
spez. Brennstoffverbr. (g SKE/kWh)	344	330			300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	davon in NRW 50 %
Brennstoffeinsatz in Mill. t SKE	17,5	12,4			16,5	3,5	16,5	3,5	16,5	3,5	16,5	3,5	16,5	3,5	
Braunkohle															
Kapazität in 10 ³ MW	6,9	11,5			11,4		11,4		13,0		13,0		13,0		langfristig
Auslastung in h/a	6470	6250			6700		6700		6700		6700		6700		ca. 30 Mio t
Erzeugung in Mrd. kWh	44,6	72,0			76,3		76,5		88,0		88,0		340		geplant, keine
spez. Brennstoffverbr. (g SKE/kWh)	365	354			340		340		340		340		30,0		Vergasung
Brennstoffeinsatz in Mill. t SKE	16,3	25,5			26,0		26,0		30,0		30,0		88,0		
Gas															
Kapazität in 10 ³ MW	3,9	5,7			6,0		6,0		6,0		2,0				Außerbetriebnahme
Auslastung in h/a	4500	4200			4500		4500		4500		4500				der Kraftwerke
Erzeugung in Mrd. kWh	17,5	24,1			25,0		25,0		25,0		11,0				ab 1990
spez. Brennstoffverbr. (g SKE/kWh)	291	287			280		280		280		280				
Brennstoffeinsatz in Mill. t SKE	5,1	6,9			7,0		7,0		7,0		3,2				
Heizöl															
Kapazität in 10 ³ MW	1,8	3,2			3,0		3,0		3,0		1,0				Außerbetriebnahme
Auslastung in h/a	4000	3500			3300		3300		3300		3300				der Kraftwerke
Erzeugung in Mrd. kWh	7,2	11,2			10,0		10,0		10,0		3,0				ab 1990
spez. Brennstoffverbr. (g SKE/kWh)	291	287			280		280		280		280				
Brennstoffeinsatz in Mill. t SKE	2,1	3,2			2,8		2,8		2,8		0,8				
Kernenergie															
Kapazität in 10 ³ MW		0,7			1,0		4,6		5,2		5,2		5,2		Kapazitätszuba
Auslastung in h/a		3300			6700		6700		6700		6700		6700		wie geplant
Erzeugung in Mrd. kWh		2,3			7,0		30,6		12,3		34,8		34,8		
(geplante Kapazität in 10 ³ MW)		(1,0)			(5,2)		(5,2)								
Insgesamt (sonstige)															
Kapazität in 10 ³ MW	25,7	33,8			36,0		39,7		48,3		49,3		53,5		
Durchschn. Auslastung in h/a	4700	4370			4840		5230		4930		5470		5560		
Erzeugung in Mrd. kWh	120,9	147,7			174,3		207,6		238,1		269,9		297,4		

(1) Invarianter Bestandteil der Strombilanz
 (2) Strategieabhängiger Bestandteil der Strombilanz

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980, Berlin 1971 und eigene Berechnungen

Tab. 24 : Bilanz der Stromversorgung des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000 bei konstantem Steinkohleeinsatz von 20 Mio t/a (Strategie I)

	1970		1975		1980		1985		1990		1995		2000		Anmerkung
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
Steinkohle															
Kapazität in 10 ³ MW	12,7				16,2		16,2		16,2	7,0	16,2	9,7	16,2	9,7	jede zusätzliche verfügbare Fördermenge wird in NRW verstrahlt 50 % von 33 Mio t und 116-94 = 22 Mio t
Auslastung in h/a	4000				3400		3400		3400	7000	3400	7000	3400	7000	
Erzeugung in Mrd. kWh	50,8				55,0		55,0		55,0	48,3	55,0	68,3	55,0	68,3	
spez. Brennstoffverbr. (g SKE/kWh)	344				300		300		300	300	300	300	300	300	
Brennstoffeinsatz in Mill. t SKE	17,5				16,5		16,5		16,5	14,5	16,5	20,5	16,5	20,5	
Braunkohle															
Kapazität in 10 ³ MW	6,9				11,0		11,4		13,0		13,0		13,0		
Auslastung in h/a	6470				6700		6700		6700		6700		6700		
Erzeugung in Mrd. kWh	44,6				76,0		76,5		88,0		88,0		88,0		
spez. Brennstoffverbr. (g SKE/kWh)	365				350		340		340		340		340		
Brennstoffeinsatz in Mill. t SKE	16,3				26,0		26,0		26,0		30,0		30,0		
Gas															
Kapazität in 10 ³ MW	3,9				6,0		6,0		6,0		2,0				
Auslastung in h/a	4500				4500		4500		4500		4500				
Erzeugung in Mrd. kWh	17,5				25,0		25,0		25,0		11,0				
spez. Brennstoffverbr. (g SKE/kWh)	291				280		280		280		280				
Brennstoffeinsatz in Mill. t SKE	5,1				7,0		7,0		7,0		3,2				
Heizöl															
Kapazität in 10 ³ MW	1,8				3,0		3,0		3,0		1,0				
Auslastung in h/a	4000				3300		3300		3300		3300				
Erzeugung in Mrd. kWh	7,2				10,0		10,0		10,0		3,0				
spez. Brennstoffverbr. (g SKE/kWh)	291				280		280		280		280				
Brennstoffeinsatz in Mill. t SKE	2,1				2,8		2,8		2,8		0,8				
Kernenergie															
Kapazität in 10 ³ MW					1,0		1,0		1,6		5,2		5,2		zusätzliche Kapazität notwendig ab 1990
Auslastung in h/a					6700		6700		6700		6700		6700		
Erzeugung in Mrd. kWh					7,0		7,0		10,8		34,8		34,8		
(gepl. Kapazität in 10 ³ MW)					(5,2)		(5,2)		(5,2)		(5,2)		(5,2)		
Insgesamt															
Kapazität in 10 ³ MW	25,3				34,7		41,9		45,8		46,8		51,0		
Durchschn. Auslastung in h/a	4780				5050		4950		5200		5770		5830		
Erzeugung in Mrd. kWh	120,9				174,3		207,6		238,1		269,9		297,4		

(1) Invarianter Bestandteil der Strombilanz

(2) Strategieabhängiger Bestandteil der Strombilanz

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980, Berlin 1971 und eigene Berechnungen

Tab. 25: Bilanz der Stromversorgung des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000 bei steigendem Steinkohleeinsatz bis 37 Mio t/a (StrategieII)

des schon hohen Gasanteils in Nordrhein-Westfalen und des unter dem Bundesdurchschnitt liegenden Endenergie-Verbrauchszuwachses liegt die langfristige Gasverbrauchszuwachsrates Nordrhein-Westfalens unter derjenigen des Bundesgebietes. Es wurde mit einer Rate von 2 bis 3,5 % p.a. in den verschiedenen Verbrauchssektoren gerechnet. Sie liegt etwas über der langfristigen Entwicklung des Endenergieverbrauchs des Landes und beruht auf der Annahme, daß der Anteil des Gasverbrauchs am Endenergieverbrauch ähnlich wie im Bundesgebiet zunimmt (Abb. 34).¹⁾

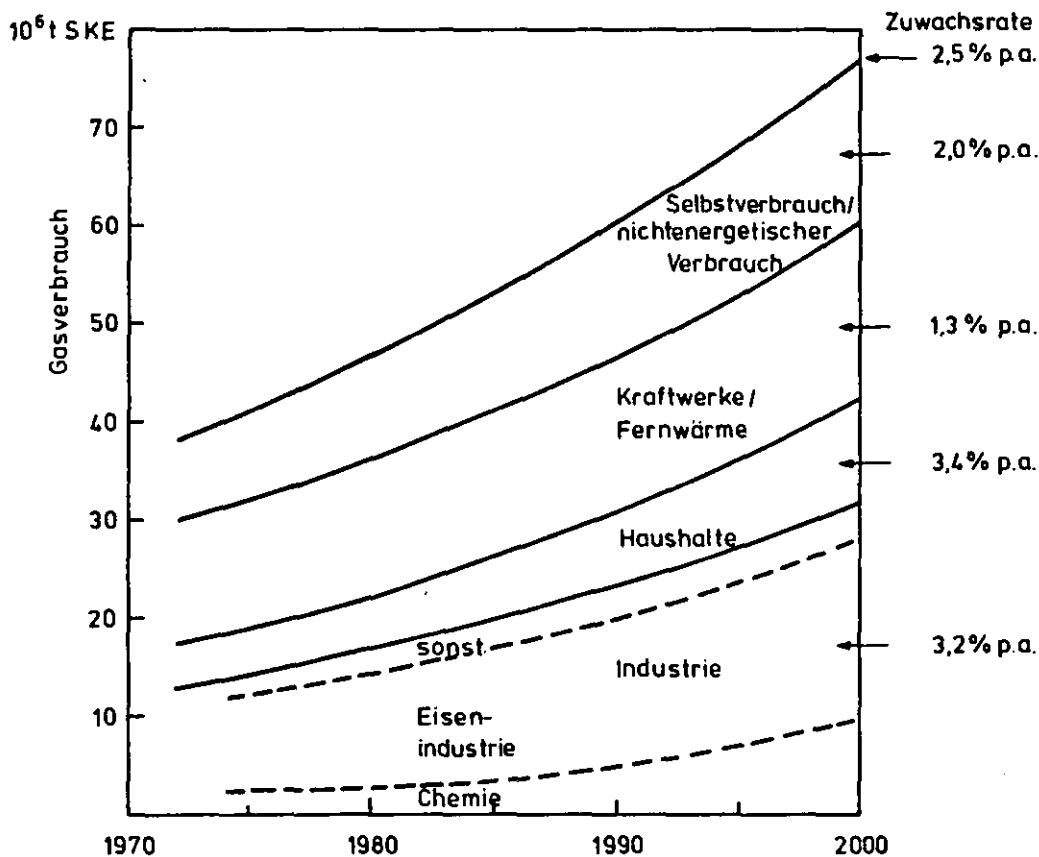


Abb. 34 : Entwicklung des Gasverbrauchs in Nordrhein-Westfalen

¹⁾ Quellen: PLESSER, N., und GÖPNER, W.: Die Entwicklung der Gaswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1974, in: gwf (Gas- und Wasserfach), Gas, ERdgas, 11.6 Jahrgang, Heft 8, 1975, 1) Tab. 20 + 24, 2) Tab. 14, 3) Tab. 9; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Energiebilanz 1974, Düsseldorf 1975, DIW: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980, Berlin 1971, Tab. 26; Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1975 und DÜRING, K.: Vorarbeiten zum Projekt: Prototyp Nukleare Prozeßwärme, Manuskript, unveröffentlicht, Jülich 1976.

Die Abschätzung der Gasaufkommen dient dazu, Größenordnungen für das gesamte von der Angebotsseite her notwendige bzw. mögliche Substitutionspotential von Erdgas durch synthetisches Naturgas (SNG) zu ermitteln (Abb. 35).¹⁾

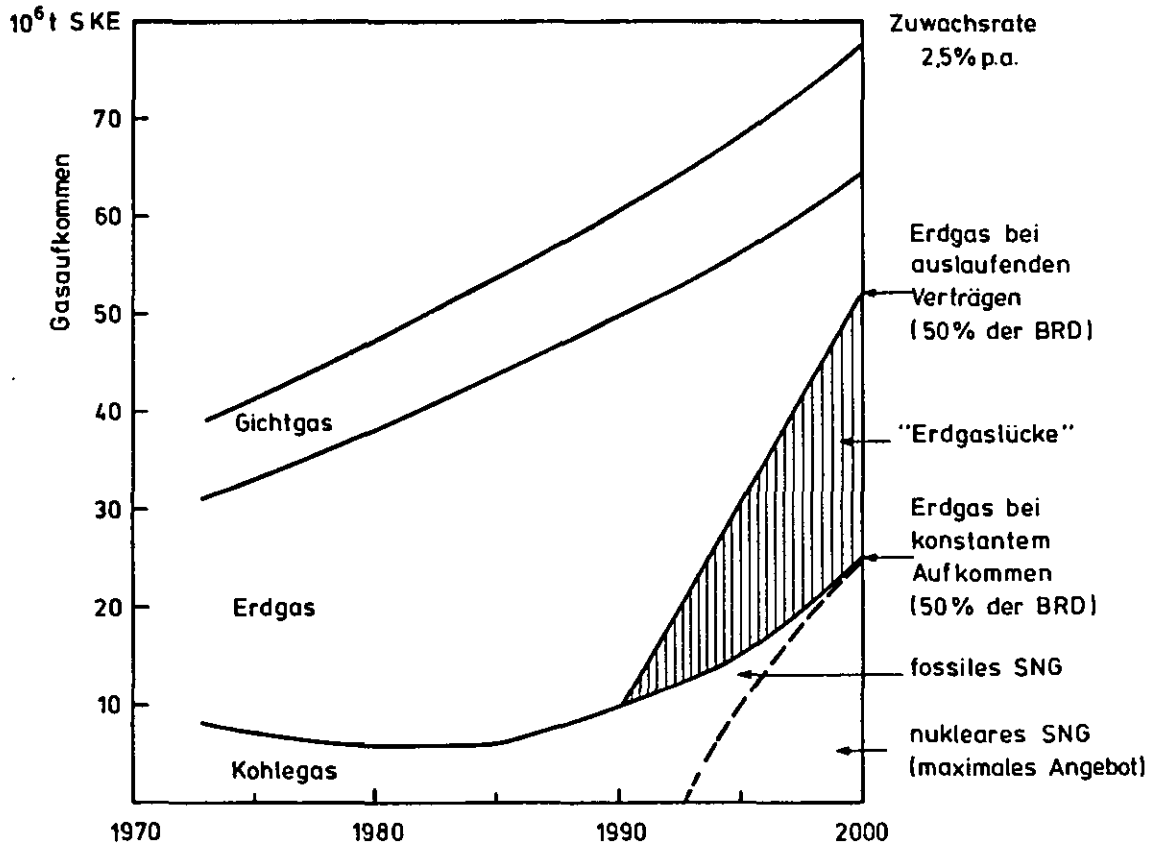


Abb.35 : Entwicklung des Gasaufkommens in Nordrhein-Westfalen

¹⁾ Quellen: PLESSER, N., und GÖPNER, W.: Die Entwicklung der Gaswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1974, in: gwf (Gas- und Wasserfach), Gas, Erdgas, 11.6 Jahrgang, Heft 8, 1975, 1) Tab. 20 + 24, 2) Tab. 14, 3) Tab. 9; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Energiebilanz 1974, Düsseldorf 1975, DIW: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980, Berlin 1971, Tab. 26; Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1975 und DÜRING, K.: Vorarbeiten zum Projekt: Prototyp Nukleare Prozeßwärme, Manuskript, unveröffentlicht, Jülich 1976.

Als notwendiges Substitutionspotential kann die Menge an Gas angesehen werden, die aufgrund einer wahrscheinlichen Angebotsverknappung an ausländischem Erdgas für die Bundesrepublik Deutschland zu erwarten ist. In Abb. 35 entspricht es der gesamten fossilen und nuklearen SNG-Kurve (vgl. auch Abb 36).

	1970	1974	1975	1980	1985	1990	1995	2000	Zuw. % p. a. 74/00	Bemerkung/ Quelle
Verbrauch:										
Industrie	12,1	14,2	14,6	17,9	20,0	23,4	27,4	32,0	3,2	
Haush./Kleinv.	2,1	4,4	4,6	5,4	6,4	7,6	9,0	10,4	3,4	
Endverbrauch	14,2	18,6	19,2	22,5	26,5	31,0	36,4	42,4	3,2	
Exporte	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nichtenerget. V.	0,4	1,4	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	4,0	4,0	
Kraftwerke/Fernw.	5,3	12,8	13,0	13,9	14,8	15,8	16,8	18,0	1,3	
Selbstverbrauch	4,3	7,8	8,0	8,8	9,8	10,8	11,9	13,0	2,0	
Gesamtbedarf*	27,2	40,6	41,7	47,2	53,4	60,4	68,3	77,4	2,5	
Aufkommen:										
Gichtgas/Raff. Gas	6,6	7,8	8,0	8,8	9,8	10,8	11,9	13,0	2,0	
Erdgas (1)	11,3	25,8	26,7	32,4	37,6	40,0	40,0	40,0		(1)
Erdgas (2)							25,3	12,6		(2)
Kohlegas (konv.) (1)	9,3	7,6	7,0	6,0	6,0	9,6	21,1	26,8		
Kohlegas (konv.) (2)							6,4	24,4		
Kohlegas (nuklear)							10,0	25,0		maximales Angebot
Gesamtaufkommen*	27,2	40,6	41,7	47,2	53,4	60,4	68,3	77,4	2,5	

* (1970 ca. 55 % der Bundesrepublik Deutschland)

(1) bei konstanten Aufkommen und : 50 % Erdgasanteil am BRD-Aufkommen von 80 Mrd Nm³

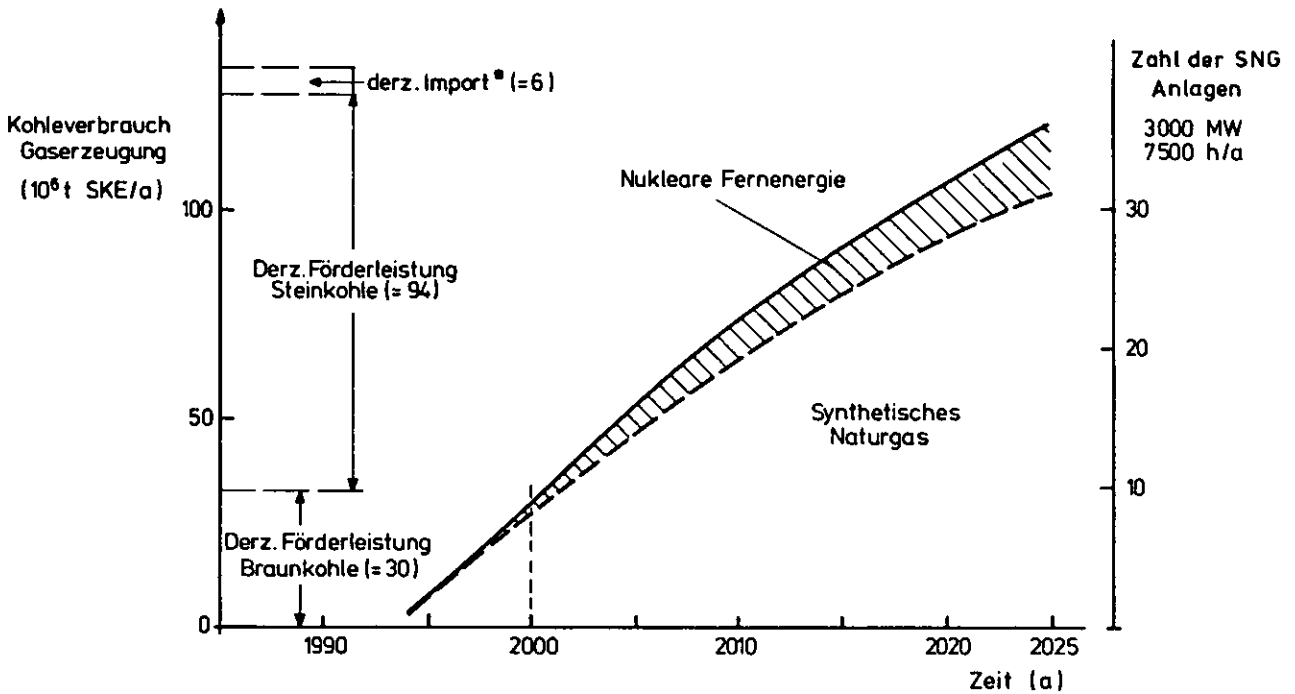
(2) bei auslaufenden Verträgen und : 50 % Erdgasanteil am BRD-Aufkommen von 80 Mrd Nm³

Abb. 36 : Gasbilanz des Landes Nordrhein-Westfalen

Als mögliches Substitutionspotential wird der Betrag betrachtet, der einerseits von der Vorratslage und den Fördermöglichkeiten an Kohle (bzw. vom Bezug von Importkohle) her, und zum anderen aus der Sicht der Entwicklung und Einführung neuer Vergasungstechniken in Zukunft angeboten werden kann. Die wichtigsten Gesichtspunkte des Angebotspotentials von synthetischem Naturgas aus Kohle wurden im Rahmen einer Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie zur nuklearen Kohlevergasung untersucht.¹⁾ Die

¹⁾ Bergbau Forschung GmbH u.a.: PNP - Projekt Nukleare Prozeßwärme, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie, a.a.O., Jülich 1976.

Ergebnisse sind in Abb. 37 ¹⁾ wiedergegeben, die auch das mögliche Angebot an nuklearer Fernenergie aufzeigt.



* max. Import bis 2000 : 40 Mio t

Abb. 37 : Angebot des nuklear erzeugten Synthetischen Naturgases

Bis zum Jahre 2000 können danach ca. 25 Mio t SKE synthetisches Naturgas aus Kohle mittels nuklearer Wärme gewonnen werden. Da anzunehmen ist, daß nicht die gesamte Braunkohlen-Förderleistung zur Vergasung verwendet wird, muß ebenfalls Steinkohle als Vergasungsrohstoff eingesetzt werden. Für die folgenden Rechnungen wird ein Braun- und Steinkohleanteil an der nuklearen Gaserzeugung von 50 % angesetzt. Diese 25 Mio t SKE wurden auch in Abb. 35 als "maximales Angebot" eingetragen. Dabei wird angenommen, daß das gesamte nuklear erzeugte synthetische Erdgas in Nordrhein-Westfalen eingesetzt wird. Als Alternativen der Versorgung Nordrhein-Westfalens mit nuklear erzeugtem Gas aus Kohle lassen sich entweder diese 100 % ansetzen oder mindestens

¹⁾ Quelle: Bergbau Forschung GmbH. u.a.: PNP - Projekt Nukleare Prozeßwärme, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie, a.a.O., Abb. 7-1, S. 77.

50 %, dem Anteil Nordrhein-Westfalens am gegenwärtigen gesamten Gasverbrauch der Bundesrepublik Deutschland.

5.2 Globale Faktoreinsparung durch den Kernenergieeinsatz

Die wirtschaftliche Anwendung der Kernspaltung ist, da sie in bestimmten Verwendungsbereichen eine kostengünstigere Energieerzeugung ermöglicht, als produktivitätssteigernde Komponente des technischen Fortschritts anzusehen.¹⁾ Ihr Produktivitätseffekt wird durch die zu erwartende Verteuerung der konventionellen Energieerzeugungsverfahren noch erhöht.

Allgemein kann man bei der Einführung von produktivitätssteigernden Verfahren zur Erzeugung irgend eines Produktes zwei Effekte unterscheiden:²⁾

1. den - realen - Effekt der Freisetzung von Produktivkräften in der Volkswirtschaft,
2. den - monetären - Effekt der Entstehung von zusätzlicher Kaufkraft, entweder infolge steigender Gewinne oder sinkender Preise.

Mit der Freisetzung stehen der Volkswirtschaft mehr Produktionsfaktoren zur Verfügung; sie erhöhen das potentielle Sozialprodukt. Die Entstehung zusätzlicher Kaufkraft bei Unternehmen und/oder Konsumenten kann zu zusätzlicher Nachfrage führen und damit das Sozialprodukt von der Nachfrageseite her erhöhen.

1) Vgl. GROSSE, N.: *Ökonomik der Kernenergie*, Veröffentlichungen der List-Gesellschaft, Band 29, Basel-Tübingen 1963, S. 201 ff; und zum Begriff der Produktivitätssteigernden Komponente des technischen Fortschritts; EDER, R.: *Volkswirtschaftliche Theorie des technischen Fortschritts*, Volkswirtschaftliche Schriften, Nr. 111, Berlin 1967, S. 29 ff.

2) Vgl. OTT, A.E.: Artikel "Technischer Fortschritt", in: *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften*, Band 10, Stuttgart 1965, S. 302 ff; vgl. auch: OTT, A.E.: *Technischer Fortschritt in einem stationären Zwei-Sektorenmodell*, in: *IBM-Nachrichten*, 18. Jahrgang, 1968, Nr. 192, S. 402 ff.

Bei regionaler Betrachtung der Einführung des technischen Fortschritts ist darüberhinaus zu beachten,

- ob die freigesetzten Faktoren innerhalb oder außerhalb der Region eingesetzt werden,
- ob die zusätzliche Kaufkraft innerhalb oder außerhalb der Region verbleibt und ob eine regionale oder außerregionale Nachfragesteigerung induziert wird.

Wie jede Senkung der Durchschnittskosten eines Gutes aufgrund technischen Fortschritts mit der Freisetzung von Produktionsfaktoren verbunden ist, bedeutet auch eine Energiekostensenkung durch die Kernenergie eine Freisetzung der originären Produktionsfaktoren Arbeit und/oder Sachkapital.¹⁾ Da sich der volkswirtschaftliche Energieerzeugungsprozeß in Abhängigkeit von der räumlichen Verteilung der Teilprozesse auf einen eng begrenzten Raum oder auf die ganze Welt erstrecken kann, kann die Faktorfreisetzung innerhalb oder außerhalb einer betrachteten Region erfolgen. Eine außerregionale Freisetzung bedeutet eine Senkung des Importwertes für die gleiche bezogene Gütermenge und damit eine Verbesserung der Austauschrelationen. Geht man von einer gleichgewichtigen Wirtschaft und damit ausgeglichener Zahlungsbilanz aus, dann stehen hierdurch der Region entweder durch verringerte Ausfuhren oder erhöhte Einfuhren zusätzliche Produktionsfaktoren zur Verfügung, und zwar als Komplement zu den regional freigesetzten Faktoren (indirekte Freisetzung).

Die Art der regionalen Faktorfreisetzung (direkt oder indirekt bzw. arbeitssparend oder kapitalsparend) hängt bei der Energiekostensenkung durch die Kernenergie in erster Linie davon ab, welcher Energieträger substituiert wird. Die Aufteilung der außerregionalen Ersparnis in indirekter Arbeits- oder Kapital-

¹⁾ Vgl. zum Freisetzungseffekt auch: HÄUSLER, A.: *Ökonomische Folgeerscheinungen des technischen Fortschritts*, Dissertation Berlin 1960, insbesondere S. 131 ff.

freisetzung wird außerdem von der Bedürfnisstruktur der regionalen Wirtschaftssubjekte bestimmt. Erfolgt ein Zahlungsbilanzausgleich z.B. durch eine Steigerung der Importe, dann wird der Ausgleich davon bestimmt, ob die zusätzliche Nachfrage auf ein arbeitsintensives oder auf ein kapitalintensives Gut gerichtet ist und damit langfristig eine arbeitsintensive oder kapitalintensive Inlandsproduktion verdrängt wird.

Da die zur Kernenergienutzung alternative Energieversorgung in der Regel aus importierten fossilen Energieträgern bestehen würde, ist die Art und der Umfang der realen Faktorfreisetzung nicht bestimmbar.

Es kann daher nur mit dem Wertausdruck der Faktorfreisetzung, den gesamten regionalen Kosteneinsparungen gerechnet werden. Sie sind für die zwei Strategien des Kernenergieeinsatzes zur Stromerzeugung und für alternative Einsätze des nuklear erzeugten synthetischen Naturgases in Nordrhein-Westfalen in Tab. 26 aufgeführt.

Einsatzbereich	Einsatzvarianten	Energienmenge in 10^9 kWh	Einsparung 2000 in 10^9 DM/a	
			min.	max.
Kernenergie zur Stromerzeugung	I : 29 %	85	2,12	3,40
	II: 48 %	141	3,52	5,64
Kernenergie zur Wärmebedarfsdeckung durch synth. Naturgas		in 10^6 t SKE	bei 100 DM/t ¹⁾	bei 175 DM/t ²⁾
	I : 50 %	12,5	1,25	2,19
	II: 100 %	25,0	2,50	4,37
insgesamt:	I : min.		3,37	5,59
	II: max.		6,02	10,01

1) SNG-Erzeugung zu 50 % mittels Braunkohle, Kostendifferenz bei nuklearer hydrierender Kohlevergasung und autothermer Vergasung.

2) SNG-ERzeugung zu 100 % mittels Steinkohle, Kostendifferenz bei nuklearer Wasserdampfvergasung und autothermer Vergasung.

Quellen: Abb. 33 und Abb. 35.

Tab. 26 : Globale Energiekosteneinsparung durch den Kernenergie-Einsatz in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2000

Die für das Jahr 2000 errechneten Einsparungen müssen auf ein Basisjahr abdiskontiert werden, damit sie in ihrer Bedeutung bewertet werden können. Die gesamten aus einzelwirtschaftlichen Kostenunterschieden sich ergebenden regionalwirtschaftlichen Einsparungen berechnen sich mit Hilfe des für jedes Jahr bis zum Ende der Betrachtungszeitraumes (hier 2000) anfallenden Substitutionsmenge fossiler Energie durch Kernenergie und den hier für jedes Jahr als konstant angenommenen alternativen Differenz der Strom- bzw. Wärmekosten. Sie sind in der folgenden Tabelle 26a ausgewiesen.

Die spezifischen Einsparungen beruhen auf Kostenberechnungen für das Jahr 1975/76. Preissteigerungen im Betrachtungszeitraum wurden nicht berücksichtigt, so daß die errechneten Beiträge als reale Einsparungen im Verhältnis zum Jahre 1975 angesehen werden können und mit einem Realzins auf das Basisjahr abgezinst werden müssen. Es wird mit einem Zinssatz von 3 % p.a. gerechnet.

Würden die Einsatzverhältnisse der Kernenergie des Jahres 2000 in 1975 schon bestehen, dann würden jährlich 0,5 - 2 % des nom. Sozialproduktes des Landes Nordrhein-Westfalen (in Höhe von 300 Mrd DM) eingespart werden können; das sind 1,7 - 4,8 Mrd DM/a. Insgesamt können für den gesamten Betrachtungszeitraum 10 - 40 Mrd DM Barwert, bezogen auf das Jahr 1975, eingespart werden. Dies ist eine Größenordnung dafür, in welcher Höhe Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen in Nordrhein-Westfalen für den Einsatz der Kernenergie erbracht werden können, ohne daß sie zu volkswirtschaftlichen Verlusten führen.

Bei diesen Rechnungen ist zu berücksichtigen, daß lediglich die Erzeugungskosten von Strom aus Kernenergie und Kohle gegenübergestellt werden und nicht die Kosten beim Verbraucher, die die Verteilungskosten einschließen.

Auch wurde nicht berücksichtigt, in welchem Maße die Verwendung des einen oder anderen Energieträgers zur Erfüllung anderer energie- und volkswirtschaftlicher Ziele neben dem Wachstumsziel beitragen, wie z.B. der Erhöhung der Versorgungssicherheit oder der Verringerung der Umweltbelastung.

Einsatzbereich und -jahr	Einsatz- varianten	Barwert der jährlichen Einsparungen ¹⁾ 10 ⁹ DM	
		min	max
Stromerzeugung 1980 - 2000	min	7,70	12,27
	max	18,62	29,77
Wärmeerzeugung 1993 - 2000	min	2,76	5,00
	max	5,67	9,94
insgesamt	min	10,46	17,27
	max	24,29	39,71

1) *abdiskontiert mit einem volkswirtschaftlichen Realzins von 3 % p.a.
auf das Jahr 1975*

Tab. 26a: Barwert der bis 2000 kumulierten Energiekosteneinsparungen
in Nordrhein-Westfalen, bezogen auf das Jahr 1975

6. Wirkung des Kernenergieeinsatzes in relevanten Wirtschaftszweigen

Während im vorigen Abschnitt das Einsatzpotential der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen insgesamt dargestellt wurde und anhand einer globalen Betrachtung die Kosteneinsparung der gesamten Region aufgezeigt wurde, ist es Aufgabe dieses Abschnittes, anhand detaillierter einzelwirtschaftlicher Betrachtungen das Einsatzpotential, die zu erwartende Kostensenkung und die Standorteinflüsse des Kernenergieeinsatzes in Nordrhein-Westfalen darzustellen. Dabei wurde ein Schwerpunkt auf die energieintensiven Wirtschaftsbereiche Chemische Industrie, Eisen- und Stahlindustrie sowie Steinkohlenbergbau gelegt.

6.1 Chemische Industrie

6.1.1 Darstellung der Energieversorgungssituation

Die Chemische Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen hat im Jahre 1974 12,1 Mio t SKE an Energieträgern zu Energie- und Rohstoffzwecken verbraucht. Am Endenergieverbrauch der Industrie ist die Chemische Industrie mit ca. 16 % beteiligt (vgl. Tab. 27). Der Anteil am Energieverbrauch der gesamten deutschen Chemie beträgt ca. 44 %.

	Kohle 10 ⁶ t SKE	Heizöl 10 ⁶ t SKE	Gas 10 ⁶ t SKE	Strom 10 ⁶ t SKE	insgesamt 10 ⁶ t SKE
NRW	2,9	3,2	3,4	2,6	12,1
BRD	4,1	7,2	11,0	4,9	27,2
NRW in %	71	44	31	53	44

Quellen: Statistisches Jahrbuch des Landes Nordrhein-Westfalen 1974
Statistisches Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland 1975

Tab. 27 : Verbrauch an Energieträgern der Chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen (NRW) und der Bundesrepublik Deutschland (BRD) im Jahre 1973

Energieträger als Betriebsmittel und Rohstoff

Die Chemische Industrie benötigt fossile Energieträger einerseits als Rohstoff für die organische Synthese und andererseits als Betriebsstoff für die Nutzenergieerzeugung (Wärme, Licht, Kraft). Es ist im Rahmen der Frage nach der Substitution fossiler Energieträger durch die Kernenergie bzw. der Substitution herkömmlicher Rohstoffe durch nuklear erzeugte Rohstoffe von Interesse, nicht nur den gesamten Energieverbrauch dieses Wirtschaftssektors zu erfassen, sondern eine quantitative Aufschlüsselung nach Rohstoff- und Betriebsmittel-Einsatz durchzuführen. Der Energieträgereinsatz in der Chemischen Industrie ist in der Abb. 38 dargestellt.

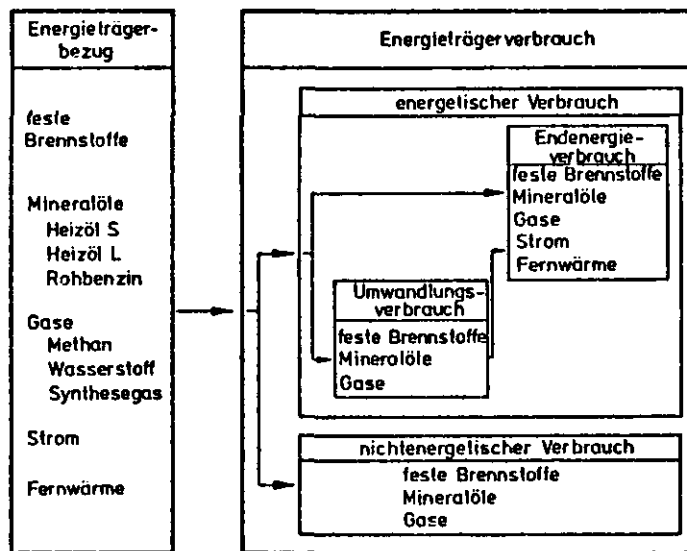


Abb. 38 : Energieträgereinsatz in der Chemischen Industrie

Der energetische Verbrauch ist nicht mit dem gesamten Energieträgerbezug der Chemischen Industrie gleichzusetzen. Letzterer umfasst den rohstoffbestimmten Verbrauch an Primär- und Sekundärenergieträgern, den Umwandlungsverbrauch der industrie eigenen Energieumwandler und den Endenergieverbrauch. Der Endenergieverbrauch ergibt sich als Verbrauch von Energieträgern nach Abzug des Eigenbedarfs der Kraftwerke, aller Umwandlungs- und

Fortleitungsverluste sowie des nichtenergetischen Bedarfs. Da die oben genannten Unterscheidungen des Energieverbrauchs in der Regionalstatistik nicht gemacht werden, kann in der Abb. 39 nur die Entwicklung des Energieträgerbezuges der Chemischen Industrie Nordrhein-Westfalens aufgezeigt werden.¹⁾

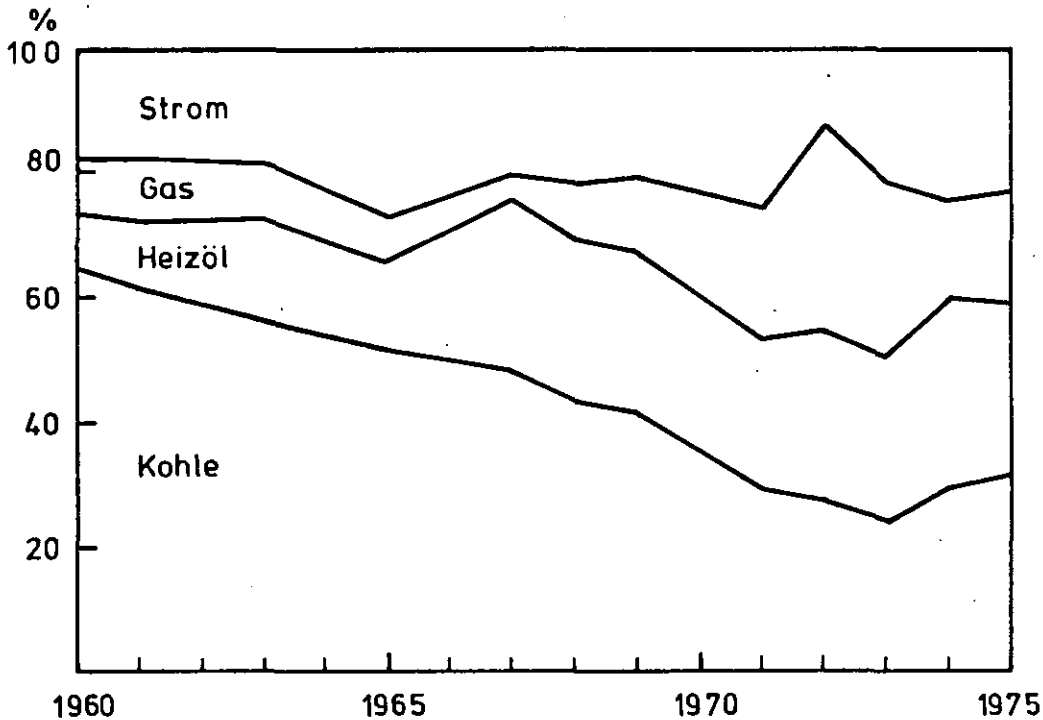


Abb. 39 : Die Entwicklung des Energieträgereinsatzes in der Chemie Nordrhein-Westfalens

Nutzung der Wärme/Kraft-Kopplung

Energie wird in der Chemischen Industrie benötigt als Reaktionswärme bei endothermen Prozessen, als elektrischer Strom bei den Elektrolysen oder in den verschiedensten Formen für physikalische Prozesse, wie insbesondere Destillieren und Eindampfen, aber auch Zerkleinern, Lösen, Schmelzen, Komprimieren, Fördern usw., von denen in der Technik alle chemischen Umsetzungen begleitet sind.²⁾ Aus thermodynamischen Gründen wird für

¹⁾ Quelle: Statistische Jahrbücher Nordrhein-Westfalens 1960-1976

²⁾ Winnacker, K.: Rohstoffe und Vorprodukte für die Chemische Industrie, in: Chem. Ind., XIX, August 1967, S. 490-495

Chemische Prozesse, deren Reaktionen bei bis zu 320°C stattfinden, leicht überhitzter Wasserdampf als Wärmeträger bevorzugt. Zur näheren Erläuterung vgl. Engelhardt.¹⁾ Dieser im Kraftwerksbereich eines Chemiewerkes zentral erzeugte sogenannte Prozeßdampf wird normalerweise in zwei oder drei Rohrleitungsnetzen mit unterschiedlichem Druck zu den Verbrauchspunkten transportiert. Die benötigten Wärmemengen auf hohem Temperaturniveau ($t < 320^{\circ}\text{C}$) dagegen werden gegenwärtig direkt an den einzelnen, dezentral verteilten Verbrauchspunkten durch die Verbrennung flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe erzeugt.

Der viele Verfahren kennzeichnende simultane Bedarf an Prozeßdampf und Strom hat zur industriell erprobten Entwicklung konventioneller Kraftwerksanlagen geführt, die die benötigte elektrische und Wärmeenergie im Kuppelprozeß erzeugen. 1973 waren ca. 72 % aller an Industriebetriebe gelieferten Dampfturbinen ($> 3 \text{ MW}$) Typen, die für den Kraft-Wärme-Verbund vorgesehen sind.²⁾ Dieses auch den Energiebereich der Chemischen Industrie bestimmende "Prinzip der Wärme-Kraft-Kopplung" könnte auch den Einsatz von kleineren Kernreaktoren wirtschaftlich rechtfertigen, d.h. in kleineren Einheiten als sie heute für die Stromerzeugung verwendet werden.

6.1.2 Ableitung des Einsatzpotentials und der Kosteneinsparung

Von den in Abschnitt 3 aufgezeigten Verwendungsmöglichkeiten der nuklearen Prozeßwärme der Kernenergie lassen sich für die Chemische Industrie anführen:

¹⁾ Engelhardt, H.R.: Einsatzmöglichkeiten und Einsatzpotential von Hochtemperaturreaktoren in der Industriegruppe Chemie unter Berücksichtigung von technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-966-RG, Jülich, Juni 1973

²⁾ Vgl. Vereinigung industrieller Kraftwirtschaft (Hrsg.): Tätigkeitsbericht 1974/75, Essen, o.J., Tafel 86, S. 123, Annahme der Wärme-Kraft-Kopplung bei Gegendruckturbinen und 50 % der Entnahme-Kondensationsturbinen

1. eine kombinierte Strom- und Prozeßdampferzeugung als Eigenanlage größerer chemischer Komplexe;
2. die direkte Einkopplung hochtemperaturiger Wärme in den Naphtha-Spaltprozeß zur Äthylenerzeugung;
3. die Nutzung hochtemperaturiger Wärme zur Synthesegas- (H_2+CO) und Wasserstoffherstellung (H_2), die die Grundlage für die Stoffe Ammoniak und Methanol bilden. Der Anteil der Gase an den Oxoalkoholen kann vernachlässigt werden;
4. die Naphtha-Herstellung aus nuklear erzeugtem Synthesegas oder mittels nuklearer Kohleverflüssigung.

Gleichzeitig wird auch der generelle Einsatz der Kernenergie im Bereich der öffentlichen Energieversorgung für die Chemische Industrie von Nutzen sein. Hierzu zählen:

5. die Öffentliche Stromversorgung aus Kernkraftwerken und
6. die nukleare Erzeugung von synthetischem Erdgas.

6.1.2.1 Strom- und Prozeßwärmeversorgung chemischer Großkomplexe

Einsatzpotential

Die Nutzung der Kernenergie für den Prozeßwärmebedarf chemischer Betriebe kann in der Form erfolgen, daß kombinierte Wärme/Kraft-Anlagen inmitten oder in unmittelbarer Nähe der chemischen Anlagen stehen, da ein Transport des Prozeßdampfes über mehrere Kilometer nicht wirtschaftlich ist. Der Installation von Kernkraftwerken in Industriebetrieben und inmitten von Bevölkerungsbildungen stehen heute primär Sicherheitsüberlegungen entgegen. Unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten scheint ihre Errichtung für die chemische Industrie geeignet zu sein. Gründe, die für ihren Einsatz in der chemischen Industrie sprechen, sind:¹⁾

¹⁾ Engelhardt, H.: Einsatzmöglichkeiten und Einsatzpotential von Hochtemperaturreaktoren in der Industriegruppe Chemie unter Berücksichtigung von technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten, Jül-966-RG, Juni 1973, S. 5 f.

1. hoher Prozeßwärmebedarf
2. hohe Auslastung der industrieeigenen Kraftwerke (über 6000 h/a)
3. starke räumliche Konzentration chemischer Betriebe
4. gegenüber der Gesamtindustrie überdurchschnittliche Wachstumsraten.

Ein petrochemisches Unternehmen in der Größe der Chemischen Werke Hüls benötigt an Prozeßdampf 8 Mio t/a und an Strom 3 Mrd kWh/a.¹⁾ Den Bedarf der Chemischen Werke Hüls könnten ein Kernkraftwerk (2300 MW_{th}) oder drei bis vier kleinere Reaktoren - auch in Form von Hochtemperaturreaktoren - mit einer installierten Leistung von 500 MW_{th} und verbrauchsadäquater Fahrweise decken.²⁾

Eine vollständige Deckung des Dampf- und Strombedarfs chemischer Betriebe mittels Kernenergieanlagen ist aus verschiedenen Gründen nicht möglich:

1. 40 % des in der Chemischen Industrie benötigten Prozeßdampfes können aus der Abhitze von exothermen Reaktionen und durch Verbrennung von Fabrikationsrückständen gewonnen werden.³⁾
2. Zur Abdeckung des Dampf- und Stromspitzenbedarfs und zur Sicherstellung der Dampf- und Stromversorgung bei Ausfall von Kraftwerken mit großen Leistungseinheiten wie den Kernreaktoren sind zusätzliche Spitzenlast- und Reserveaggregate installiert.

¹⁾ Vgl. Schneider, A.: Die Energieversorgung eines Grundstoffwerkes der Chemie, in: Energie und Technik, Nr. 26, 1974, Heft 1, Bild 10, S. 11

²⁾ Vgl. Hörner, G.: Strukturwandel des Energieträgereinsatzes und des Energieverbrauchs in einem großen Werk der chemischen Industrie, in: VDI-Berichte Nr. 222, 1974, Bild 2; S. 41, Bild 6, S. 44, und o.V.: Zustimmung zum Sicherheitskonzept der BASF, in: F.A.Z. Nr. 106 vom 18.5.1976, S. 13

³⁾ Vgl. Adelfinger, D.: Stellungnahme zu vorgelegten Fragen des Adhoc-Ausschusses "Nukleare Prozeßwärme" betreffs der Nuklearen Prozeßwärme - Anwendung in der Chemie, Anlage 10 zum Protokoll des Adhoc-Ausschusses "Nukleare Prozeßwärme", 16.10.1974, BMFT, Bonn-Bad Godesberg, nicht veröffentlicht

3. Falls der industrielle Verbraucher einen wesentlich höheren Stromverbrauch hat als durch seinen gegebenen Dampfbedarf in Wärme/Kraft-Anlagen wirtschaftlich erzeugt werden kann, muß Fremdstrom hinzugekauft werden.
4. Für Elektrizitätsversorgungsunternehmen war es in den vergangenen Jahren nicht wirtschaftlich, den Industriebetrieben mit Eigenanlagen die notwendige Reserveleistung bereitzustellen. Sie boten ihnen günstige Stromtarife an und veranlaßten sie, auf ihre eigenen Anlagen zu verzichten. Dadurch konnten die Elektrizitätsversorgungsunternehmen ihre Anlagen besser auslasten.
5. Dampfkessel mit einer Auslastung unter 40 % und Kessel kleiner Dampfleistung (unter 500 t/h), wie sie bei dezentraler Wärmeversorgung häufig vorkommen, sind für den Kernenergieeinsatz aus wirtschaftlichen Gründen nicht geeignet!¹⁾

Eine Abschätzung des Kernenergie-Einsatzpotentials in der chemischen Industrie hat daher solche Aspekte zu berücksichtigen.

Die folgende Schätzung des Einsatzpotentials für die Prozeßdampf- und Stromversorgung der chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen geht vom Stromverbrauch der chemischen Industrie bis zum Jahre 2000 aus (Tab. 28). Es werden der zu erwartende Eigenerzeugungsanteil in der gesamten chemischen Industrie der Bundesrepublik Deutschland von ca. 40 % im Jahre 1975 bis ca. 45 % im Jahre 2000 berücksichtigt. Außerdem werden der wachsende Anteil der Wärme/Kraft-Kopplung an der Eigen-Stromerzeugung von ca. 70 % im Jahre 1975 bis 85 % im Jahre 2000 und die Dampf- bzw. Stromerzeugung in Kesseln mit großer Leistung und hoher Auslastung zugeordnet.

¹⁾ Vgl. Engelhardt, H.: Einsatzmöglichkeiten und Einsatzpotential von Hochtemperaturreaktoren in der Industriegruppe Chemie, a.a.O., S. 108

Jahr	1		2		3		4		5		6	
	Netto-Produktion (Preise von 1962)		Spezifischer Stromverbrauch		absoluter Stromverbrauch		Eigenerzeugung als Wärme/Kraft-Kopplung		Erzeugung in großen Einheiten		Kernkraftwerksleistung	
	Zuwachs %/a	absolut 10 ⁹ DM/a	Index %	Wert 10 ³ tSKE/10 ⁹ DM	Wert in 10 ⁶ tSKE/a	Wert in 10 ⁹ kWh/a	Anteil %	Wert 10 ⁹ kWh/a	Anteil %	Wert 10 ⁹ kWh/a	bei 6500 h/a: 10 ³ MW _e	10 ³ MW _{th}
1970	7,4	11,2*	100	187,5*	2,10	17,1*	33,9	5,78	70*	4,05	0,62	1,63
1975	4,4	18,9	78	146,3	2,77	22,5	30,0	6,72	70	4,73	0,72	1,89
1980	4,6	23,5	67	125,6	2,95	23,9	34,5	8,27	70	5,79	0,89	2,34
1985	3,9	29,6	60	112,5	3,33	27,1	36,6	9,91	70	6,94	1,06	2,79
1990	4,2	35,9	53	99,4	3,57	29,0	37,7	10,94	70	7,65	1,17	3,08
1995	3,9	44,2	50	93,7	4,14	33,7	38,3	12,89	70	9,03	1,38	3,65
2000	3,1	55,4	45	84,4	4,67	38,0	37,5	14,25	70	9,98	1,53	4,03
Anmerkung Quelle:	a1) b) c) d)	* c) b) a2)	*Verhältnis Spalte (3) zu Spalte (1)	bezogen auf den Durchschnitt von (1) + d)	a3) a4)	*Annahme	Wirkungsgrad = 38 %					

a) Bergbau-Forschung GmbH u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Studie im Auftrag des BMFT, Essen, Stuttgart, Jülich 1976, Teil II, 2.1.3 - Energieanwendung Chemische Industrie, Teil Organische Chemie, a1) Tab. 5.1, S. 163; a2) Bild 5.5, S. 176; a3) S. 173/4; a4) S. 80+67.

b) Prognos report Nr. 5: "Die Bundesrepublik Deutschland 1985", Prognos AG, Basel 1975, S. 130* f.; ab 1985 lineare Extrapolation der Wachstumsraten bis zum Jahre 2000.

c) Fischer, J.: Struktur und Entwicklung der Wirtschaft bis 1985 im Bundesgebiet und in Nordrhein-Westfalen, in: Mitteilungen des RWI, Jg. 24, 1973, S. 166.

d) Stat. Landesamt des Landes NRW, Stat. Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1971, Düsseldorf 1972 (Angabe abzüglich 7 % Eigenverbrauch der Eigenerzeugung).

Tab. 28 : Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Prozessdampf- und Strombedarfsdeckung in der chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahr 2000

Der hier ausgewiesene Anteil von 26 % (37,5 % x 70 %) der Kernkraftwerksleistung am gesamten Stromverbrauch ist nicht unrealistisch, wenn man davon ausgeht, daß die Unternehmen in Nordrhein-Westfalen, die ein Kernkraftwerk einsetzen könnten, voraussichtlich einen höheren Anteil ihres gesamten Dampf- und Strombedarfs durch die Kernenergie decken würden, als er hier mit 26 % (Jahr 2000) für die gesamte chemische Industrie ausgewiesen ist. Das geplante Kernkraftwerk der BASF sollte z.B. je 60 % des gesamten Prozeßdampfbedarfs und Strombedarfs des Werkes Ludwigshafen liefern. Rechnet man mit einem Anteil von 50 % für die in Nordrhein-Westfalen infrage kommenden chemischen Betriebe, den BAYER-Werken Leverkusen, der Chemischen Werke Hüls, der Erdölchemie Köln-Worringen und den Rheinischen Olefinwerken Wesseling für das Jahr 2000, indem man die durchschnittlichen Zuwachsraten verwendet, dann ermittelt sich eine Kernkraftwerksleistung von 3500 - 4500 MW_{th} (Tab. 29). Diese Kraftwerksleistung ist durchführbar bei einem Prozeßwärmereaktor mit einer installierten Leistung von 500 MW_{th}, mit dem eine Versorgung von Industriebetrieben mit einem Dampfverbrauch von über 6 Mio t/a und einem Stromverbrauch von 1,6 Mrd kWh/a möglich ist.

Kosteneinsparung

Die Einsparung an Energiekosten bei der Eigenerzeugung von Strom und Dampf in der Chemischen Industrie begründet sich darauf, daß in Erwartung steigender Preise für fossile Energieträger die Nutzung der Kernenergie auch in kleineren Leistungseinheiten (500 MW) wirtschaftlich ist. Die Wirtschaftlichkeitsschwelle ist, wie die Rechnung in Abschnitt 3.1.2.3 zeigt, gegenwärtig nicht erreicht. Es können hier nur Annahmen gemacht werden, die in der Höhe der für große Stromerzeugungsanlagen möglichen Kostensenkungen liegen sollen. Es wird mit einer Mindesteinsparung von 2 Pfg/kWh und einer möglichen Einsparung von 4 Pfg/kWh gerechnet. Die gesamte Einsparung ergibt sich aus Tab. 30.

		Dampfbedarf		Strombedarf		Anmerkung
		Kraftwerks- leistung	bei 8000 h/a 10 ⁶ t/a	Kraftwerks- leistung	bei 8000 h/a 10 ⁹ kWh/a	
BAYER-Werke - Leverkusen - Uerdingen	1975		10,0		4,0	2/3 des Gesamt- bedarfs der BAYER AG (Quelle a)
	2000		17,0		6,8	
Chemische Werke Huls	1975		8,0		3,2	Quelle b)
	2000		13,0		5,4	
Erdölchemie	1975		4,0		0,9	Quelle c)
	2000		6,8		1,6	
Rheinische Olefin-Werke	1975		4,4		1,0	Quelle d)
	2000		7,5		1,7	
insgesamt	1975		26,4		9,1	
	2000		44,3		15,5	
Kraftwerks- leistung bei 50% Bedarfs- deckung	1975	2.000	13,2	2.500	4,5	HTR, PR500 mit Strom: 110 MWe Dampf: 400 t/h
	2000	3.500	22,2	4.300	7,6	

Quellen:

- a) Hörner, G.: Strukturwandel des Energieträgereinsatzes und des Energieverbrauchs in einem großen Werk der Chemischen Industrie, in: VDI-Berichte Nr. 222, 1974, S. 41-53. Der gesamte Strom- und Dampfbedarf der BAYER AG entspricht annähernd dem Verbrauch der BASF AG
- b) Schneider, A.: Die Energieversorgung eines Grundstoffwerkes der Chemie, in: Energie und Technik, 26, 1974, Heft 1, S. 7-14 und Schneider A.: Energieversorgung eines Chemiewerkes nach betrieblichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten, in: VDI-Berichte, Nr. 222, 1974, S. 89-99
- c) Wohlleben, G.: Nichtkonventionelle Energieträger für integrierte Energieversorgung in der Petrochemie, in: VDI-Berichte, Nr. 222, 1974, S. 61-72
- d) o.V.: ROW peilen 2 Mio t/a Äthylen an, in: Chem. Industrie XXI, Nov. 1969, S. 750

Tab. 29 : Dampf- und Strombedarf ausgewählter Chemiebetriebe in Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000

	Substitutive Kraftwerksleistung 10 ³ MW _e		Alternative Eigenerzeugung von Strom 10 ⁹ kWh/a		Kosteneinsparung 10 ⁶ DM/a			
					bei 2 Pfg/kWh		bei 4 Pfg/kWh	
	2000	1973	2000	1973	2000	1973	2000	1973
Minimum	1,5	0,4	9,7	2,6	190	50	380	100
Maximum	3,5	0,9	22,7	5,8	450	120	900	240
Anmerkung:	/u = 38 %		bei 6500 h/a					
Quelle	Tab. 28							

Tab. 30: Einsparung von Energiekosten durch die nukleare Eigenerzeugung von Strom und Dampf im Koppelprozeß

6.1.2.2 Wärmeversorgung von Äthylen-Anlagen

Ein weiteres Einsatzpotential für nukleare Wärme im Bereich der Chemie ist die Äthylen-Erzeugung. Die bisherige Methode der direkten Verfeuerung fossiler Energieträger soll durch Einkopplung nuklearer Prozeßwärme mittels entsprechender Wärmetauscher ersetzt werden.

Der Naphtha-Spaltungsprozeß zu Äthylen und seinen Nebenprodukten ist neben der Kohlevergasung und Wasserstofferzeugung der einzige endotherme chemische Prozeß, der eine Einkopplung nuklearer Prozeßwärme wirtschaftlich ermöglicht.¹⁾ Denn Voraussetzungen des wirtschaftlichen Einsatzes der hochtemperaturigen Wärme aus dem Hochtemperaturreaktor sind:

- a) daß die Produkte einen hohen spezifischen Wärmebedarf in den Temperaturbereichen von 750 - 1000 °C haben,
- b) daß sie ein großes Produktionsvolumen aufweisen bzw. erwarten lassen.

Der Verbrauch an hochtemperaturiger Wärme bei der Äthylenerzeugung beträgt ca. 3 Gcal/t Äthylen; der spezifische Gesamtwärmeverbrauch etwa 7,5 Gcal/t.²⁾ Bei einem Produktionsvolumen von 2,14 Mio t/a im Jahre 1975 ist der Gesamtbedarf an hochtemperaturiger Wärme $6,42 \cdot 10^6$ Gcal/a. Er könnte gerade von einem Hochtemperaturreaktor mit der Leistungsgröße von 3000 MW_{th} gedeckt werden. Da Industriereaktoren allerdings kleinere Leistungseinheiten aufweisen sollten, z.B. in der Größenordnung von 500 MW_{th},

1) Anhaltsszahlen über den Elektrizitäts-, Kraft- und Wärmebedarf der Industrie, hrsg. von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke - VDEW; Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft - VIK, Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung - HEA, Lose-Blatt-Sammlung, Frankfurt, o.J., Band II.

2) Vgl. ENGELHARDT, H.R.: Einsatzmöglichkeiten und Einsatzpotential von Hochtemperaturreaktoren in der Industriegruppe Chemie unter Berücksichtigung von technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 966, Jülich, Juni 1973, S. 78 f.

würde es theoretisch möglich sein, in einigen der bestehenden Äthylenbetriebe Hochtemperaturreaktoren zu verwenden (z.B. Caltex-Raffinerie, Raunheim; Erdölchemie, Köln; Rheinische Olefinwerke, Wesseling; VEBA-Chemie, Gelsenkirchen). Ein HTR PR 500 kann Äthylenanlagen in der Größe von 330.000 t/a versorgen.

Die hohen Zuwachsraten für Kunststoffe lassen auch einen steigenden Äthylenbedarf in der Bundesrepublik Deutschland und - bei konkurrenzfähiger Herstellung - eine ebenso wachsende Äthylenproduktion erwarten.¹⁾ Für Äthylen besteht außerdem heute schon ein Verbundnetz von mehreren hundert Kilometern Länge, das auch über die Grenzen der Bundesrepublik Deutschland hinausgeht. Dadurch ist die Möglichkeit zur Errichtung großer Erzeugereinheiten gegeben.²⁾ Heute besitzen neu errichtete Äthylenanlagen im Durchschnitt eine Kapazität von 400 bis 500.000 t/a Äthylen; vereinzelt werden auch Cracker mit einer Kapazität von 750.000 t/a gebaut.³⁾ Soweit diese Anlagen in chemischen Großkomplexen stehen, kann der Hochtemperaturreaktor zur hochtemperaturigen Wärme noch niedertemperaturige Wärme und Strom an den Komplex abgeben.

Unter Verwendung folgender Kriterien wurde die Einsatzmöglichkeit des Hochtemperaturreaktors zur Äthylenerzeugung geschätzt:

-
- 1) Vgl. o.V.: Petrochemieprognosen spiegeln nüchterne Erwartungen, in: Chemische Industrie, 29. Jahrgang, 1977, Heft 2, S. 77 f.
 - 2) Vgl. DITLEVSEN, R.: Standortwahl und räumliche Konzentration von Betrieben der Äthylenerzeugung und -verarbeitung in der Bundesrepublik Deutschland, Diplom-Arbeit, angefertigt am Lehrstuhl für Wirtschaftskunde der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Aachen 1971, und: MÜLLER VON BLUMENCRON, H., und STEINRÖTTER, H.: Der erste Schritt zu einem westeuropäischen Äthylenverbundnetz, in: Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie, 22. Jahrgang, Nr. 5, Mai 1969, S. 292 f.
 - 3) FREI, R.: Groß-Cracker verlangen eine andere Markteinschätzung, in: Chemische Industrie, XIII, 1970, S. 220 f.

- erwartete Äthylenkapazität für die Bundesrepublik Deutschland,
- Anteil des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen an der deutschen Äthylenkapazität, wobei angenommen wurde, daß dieser Anteil aufgrund begrenzter Industrieflächen und begrenzter Aufnahmefähigkeiten umweltgefährdender Industrien, wozu auch die petrochemische Industrie zu zählen ist, abnimmt.
- Installation nur in Großkomplexen, d.h. in Chemiebetrieben mit über 3000 Beschäftigten und einem jährlichen Energieverbrauch von über 4 Mio t Prozeßdampf und über 1 Mrd kWh Strom. Ein steigender Anteil der Äthylenerzeugung in Großkomplexen ist wegen der Existenz eines Äthylenverbundnetzes und der zu beobachtenden Anlagen-Konzentration in der Petrochemie anzunehmen.
- Leichte Reduktion des spezifischen Bedarfs an hochtemperaturiger Wärme für den Naphtha-Spaltprozeß aufgrund technischer Verbesserungen und stärkere Abnahme des spezifischen Gesamtwärmebedarfs, wie Tab. 31 zeigt:

	1974/75	1980	1985	1990	1995	2000	Anmerkung
Hochtemperatur-Wärme	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	Annahme
Niedertemperatur-Wärme	4,3	3,6	3,2	2,7	2,4	2,1	vgl. Quelle
Insgesamt	7,3	6,5	6,0	5,4	5,0	4,6	

Quelle: Bergbau-Forschung GmbH u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Studie im Auftrag des BMFT, Teil II, 2.1.3, Energieanwendung Chemische Industrie, Teil Organische Chemie, Tab. 6.9, S. 203

Tab. 31 : Entwicklung des spezifischen Wärmebedarfs bei der Naphtha-Spaltung (in Gcal/t)

Wie die Tab. 32 zeigt, kann im Jahre 2000 in Nordrhein-Westfalen mit einem Einsatzpotential nuklearer Wärme zur Äthylenerzeugung in der Höhe von ca. 5000 MW_{th} gerechnet werden. Mit dem angenommenen Strukturparameter des Jahres 2000 (Anteil der Äthylenkapazität in Nordrhein-Westfalen an der Kapazität im Bundesgebiet; Anteil der Kapazität in Großkomplexen; spezifischer Verbrauch an hochtemperaturiger Wärme) würde unter heutigen Bedingungen mit einem Einsatzpotential von 1200 MW_{th} zu rechnen sein.

Jahr	1			2		3		4			5	
	Äthylenkapazität in der BRD			Äthylenkapazität in NRW		Kapazität in Großkomplexen		Bedarf an Heizenergie ¹⁾ (Mittelwert)			Kernkraftwerksleistung (Abweichung)	
	Zuwachs %/a	absolut 10 ⁶ t/a	Abweichung 10 ⁶ t/a	Anteil an BRD %	Wert 10 ⁶ t/a	Anteil %	Wert 10 ⁶ t/a	spezifisch Gcal/tC ₂ H ₄	absolut 10 ¹² kcal/a	10 ³ MW _{th}	min. 10 ³ MW _{th}	max. 10 ³ MW _{th}
1970		2,0		65 [*]	1,3	30 [*]	0,4	7,3	2,9	0,21	0,74	
1975	7,9	3,5		70	2,5	30	0,7	7,3	5,1	0,37	1,31	
1980		5,0	(4,6- 5,3)	70	3,5	33	1,2	6,5	7,8	0,62	1,77	2,22
1985	6,3	7,0	(6,0- 8,0)	65	4,5	36	1,6	6,0	9,6	0,79	2,41	3,21
1990		9,5	(8,5-11,0)	60	5,7	39	2,2	5,4	11,8	1,06	3,29	4,25
1995	4,5	12,0	(10,0-14,1)	55	6,6	42	2,7	5,0	13,5	1,25	3,67	5,19
2000		14,8	(12,5-15,3)	50	7,4	45	3,3	4,6	8,2	1,47	4,41	5,39
(Quelle)	a)			b)		c)		d)e)	bei 6500 h/a			2/7 HT-Wärme ¹⁾ 5/7 NT-Wärme

1) HT-Wärme = hochtemperaturige Wärme (750- 1000 °C)
NT-Wärme = niedertemperaturige Wärme (250 - 750 °C)

- a) Bergbau-Forschung GmbH, Fichtner, A. u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Studie im Auftrag des BMFT, Essen, Stuttgart, Jülich, Teil II, 2.1.3 - Energieanwendung Chemische Industrie - Teil Organische Chemie, Bild 5.9, S. 188,
- b) Übersicht über die wichtigsten Erzeuger petrochemischer Vorprodukte in der Bundesrepublik, in: Oel, Zeitschrift für die Mineralölwirtschaft, Heft 2, 1974, Annahme einer sukzessiven Abnahme des regionalen Anteils auf 50 % im Jahr 2000.
- c) Ditlevsen, R.: Standortwahl und räumliche Konzentration von Betrieben der Äthylenerzeugung und -verarbeitung in der BRD, Dipl.-Arb. Lehrstuhl für Wirtschaftskunde der RWTH-Aachen, Aachen 1971; Annahme steigender Anteile der Äthylenerzeugung in Chemie-Groß-Komplexen.
- d) Vogel, H.: Anhaltszahlen über den Elektrizitäts-, Kraft- und Wärmebedarf der Industrie, Anhaltszahlen 20/71, VDEW. VIK. HEA; Annahme einer Verringerung des spezifischen Bedarfs an hochtemperaturiger Wärme zur Äthylenerzeugung von 3 Gcal/t C₂H₄ (1970/75) auf 2,5 Gcal/t C₂H₄ (2000).
- e) Kugeler, K., Kugeler, M., Nießen, H.F.: Über eine Möglichkeit der Äthylenerzeugung mit Hilfe von nuklearer Wärme, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich, Jül-704-RG, Okt. 1970 und Bergbau-Forschung, Fichtner, A., u.a., a.a.O., Teil II, 2.1.3, Teil Organische Chemie, Tab. 6.9, S. 203

Tab. 32: Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Äthylenerzeugung im Bundesland Nordrhein-Westfalen

Kosteneinsparung

Die Substitution fossiler Brennstoffe durch Kernwärme kann bei der Äthylenerzeugung im Bereich hochtemperaturiger Wärme (HT-Wärme) und niedertemperaturiger Wärme (NT-Wärme) vor sich gehen. Die hochtemperaturige Wärme wird heute durch direkte Befeuerung der Spaltanlagen, die niedertemperaturige Wärme durch Dampf aus naheliegenden Heizwerken oder kombinierten Wärme-Kraft-Anlagen zur Verfügung gestellt. Da die Kosten für die hochtemperaturige Wärme und niedertemperaturige Wärme aus dem Hochtemperaturreaktor nur aufgrund einer Kuppelkalkulation feststellbar sind,¹⁾ müssen die Energiekosteneinsparungen für diese Wärmequalitäten aufgrund von Annahmen berechnet werden (Tab. 33).

	Alternative Äthylen- erzeugung 10 ⁶ t/a		Bedarf an HT-Wärme 10 ⁶ Gcal/a		Bedarf an NT-Wärme 10 ⁹ Gcal/a		Spezifische Einsparung DM/Gcal		Gesamte Einsparung 10 ⁶ DM/a			
									bei 10 DM/Gcal		bei 15 DM/Gcal	
	2000	1973	2000	1973	2000	1973	Min.	Max.	2000	1973	2000	1973
Minimum	2,8	0,3	7,0	0,7	5,8	0,6			128	13	192	19
Maximum	3,4	0,4	8,5	1	7,2	0,8	10	15	157	18	235	27
Anmerkung	Anteil Groß- komplexe 45% Anteile BRD 50%		im Jahr 2000 2,5Gcal/t		im Jahr 2000 2,1Gcal/t		HT:Heizöl- Kernw NT:10DM/t bei 680 Mcal/t		HT- und NT-Wärme zusammen			
Quelle	Tab. 32		Tab. 31		Tab. 31		Tab. 9					

NT-Wärme = niedertemperaturige Wärme
HT-Wärme = hochtemperaturige Wärme

Tab. 33 : Einsparung von Energiekosten in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen durch den Einsatz nuklearer Wärme zur Äthylenerzeugung

¹⁾ Vgl. zu den möglichen Berechnungsarten: SCHWEGMANN, P.: Modellstudie über Kosten und Wirtschaftlichkeit möglicher Kombinationen von Industrieanlagen mit dem Hochtemperaturreaktor als Energiequelle, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-842-RG, Jülich, April 1972, S. 25 f.

6.1.2.3 Synthesegas-Herstellung zu Zwecken der Methanol- und Ammoniak-Synthese

Als weiteres und nicht nur auf die chemische Industrie beschränktes Einsatzgebiet für nukleare Hochtemperaturwärme bis zu 1000 °C bietet sich die Erzeugung von Wasserstoff (H_2) bzw. von Synthesegas ($H_2 + CO$) durch Umwandlung fossiler Energieträger (Heizöl, Methan, Kohle) mittels Wasserdampf an. Diese Prozesse sind durch einen hohen spezifischen Wärmebedarf auf hohem Temperaturniveau (3 - 4 Gcal/Nm³ Wasserstoff) und durch den hohen und wachsenden Bedarf der Produkte gekennzeichnet. Wasserstoff und Synthesegas werden in der Chemischen Industrie vorwiegend für die Methanol- und Ammoniak-Synthese verwendet.¹⁾

Methanol

Methanol ist eines der wichtigsten Rohprodukte der chemischen Industrie. Im Jahre 1974 wurden in der Bundesrepublik Deutschland rund 1,2 Mio t hergestellt.²⁾ Die Kapazität betrug 1,4 Mio t, wovon 1,1 Mio t auf das Bundesland Nordrhein-Westfalen fielen (ca. 80 %).³⁾ Methanol ist Ausgangsprodukt für die Herstellung von Formaldehyd (zu 55 %), das durch Kondensation zu Formaldehydharzen und Leimen verarbeitet wird. 10 % des Methanolverbrauchs dient über verschiedene Zwischenprodukte der Herstellung von Polyesterfasern. Neben der Verwendung für Kunststoffe ist es Ausgangssubstanz für eine Vielzahl weiterer chemischer Produkte und das meistverwandte Lösungsmittel der chemischen Industrie.

1) Die verschiedenen Anwendungsgebiete werden ausführlich beschrieben in: Bundesministerium für Forschung und Technologie: Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, a.a.O., Teil II, Kohlevergasung, und Teil III, Wasserstoff, Bonn 1975.

2) Verband der Chemischen Industrie (Hrsg.): Chemiewirtschaft in Zahlen, 18. Auflage, Frankfurt/Main, 1976.

3) o.V.: Übersicht über die wichtigsten Erzeuger petrochemischer Vorprodukte in der Bundesrepublik Deutschland, in: Oel, Zeitschrift für die Mineralölwirtschaft, Heft 2, 1974.

Die Herstellung von Synthesegas und die anschließende Methanolsynthese erfolgt heute innerhalb der chemischen Betriebe auf der Basis von Leichtbenzin, schwerem Heizöl oder Erdgas in sogenannten Einstrang- bzw. Einstraßen-Anlagen. Diese Methanolanlagen werden bei annähernd ausgeglichener Energiebilanz zwischen Gaserzeugung, Kompression, Synthese und Destillation autonom betrieben.¹⁾ Die Nutzung der Kernenergie zur Methanolerzeugung kann nun dazu führen, daß die Synthesegasherstellung von der eigentlichen Methanolsynthese räumlich getrennt werden muß. Dies ist wahrscheinlich bei der Verwendung der wirtschaftlich nicht transportierbaren Braunkohle als Vergasungsrohstoff, oder bei der Errichtung eines Fernenergie-Netzes in großem Maßstab, das ein Synthesegas-Netz beinhaltet. Bei der Trennung der Synthesegas- von der Methanolanlage werden allerdings die Vorteile aufgegeben, die eine vollständige Ausnutzung der Energie-Rückstandsfraktionen und die geringeren Investitionskosten für eine Einstrang-Anlage bieten. Aus diesem Grunde ist anzunehmen, daß die methanolerzeugenden Chemie-Unternehmen nur einen Teil des benötigten Synthesegases aus einem Verbund- oder Fernenergienetz beziehen werden. Empirische Untersuchungen haben ergeben, daß der Anteil des Synthesegas-Fremdbezuges sich auf ca. 40 % belaufen könne.²⁾ Sollten die Methanolanlagen an die Stätten der nuklearen Synthesegaserzeugung angegliedert werden, ist mit einer vollständigen Substitution konventionell erzeugten Synthesegases durch nuklear erzeugtes Synthesegas zu rechnen.

1) FOERST, W. (Hrsg.): *Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie*, 3. Auflage, *Ergänzungsband: Neue Verfahren, Neue Produkte, Wirtschaftliche Entwicklung*, München-Berlin, Wien 1970, S. 94.

2) Vgl. Bundesministerium für Forschung und Technologie (Auftraggeber): *Planstudie über eine halboffene Fernenergieversorgung, insbesondere für den Raum Frankfurt/Main mit Heißwasser-Fernwärmeversorgung für den Raum Köln*, bearbeitet von der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH u.a., in Vorbereitung.

Ammoniak

Ammoniak ist ein weiterer wichtiger organischer Grundstoff der Chemie. Er wird zu etwa 50 % für die Düngemittelherstellung und für die Herstellung von Salpetersäure, Sprengstoff, Farbstoffen, Kunststoffen und Reinigungsmitteln verwendet. Die hohen Wachstumsraten der Produktion von Ammoniak in den fünfziger Jahren sind durch die Stagnation des Kunstdüngerabsatzes in den Industrieländern zum Stillstand gekommen. Auch der zweite wichtige Anwendungsbereich, die großtechnische Herstellung von Salpetersäure, zeigt seit Jahren eine geringe Wachstumsrate. In der Bundesrepublik Deutschland beläuft sich die Kapazität von Syntheseammoniak gegenwärtig auf ca. 2,9 Mio t/a, in Nordrhein-Westfalen auf 1,5 Mio t.¹⁾

Wie bei der Methanolherstellung geht die Ammoniakherzeugung in Einstrang-Anlagen vor sich, d.h. die Synthesegaserzeugung und die eigentliche Ammoniaksynthese erfolgen in einer geschlossenen Betriebseinheit.²⁾ Eine vollständige Substitution des Synthesegases durch nuklear erzeugtes Gas wird auf mittlere Sicht nicht möglich sein. In einem solchen Fall kann für das Jahr 2000 ebenfalls nur mit einem Fremdbezug-Anteil von max. 40 % gerechnet werden. Sollte die Rohstoffbasis der Chemie aber verstärkt auf Kohle verlagert werden, dann ist auch eine 100 %ige Verwendung von nuklear erzeugtem Synthesegas möglich. In der folgenden Abschätzung des Substitutionspotentials der Kernenergie zur Synthesegaserzeugung werden wie für Methanol beide Fälle berücksichtigt (Tab. 34).

Während für den Methanolbedarf in der Bundesrepublik Deutschland aufgrund seines Anwendungsspektrums in der Kunststoffchemie weiterhin mit einer überdurchschnittlichen Verbrauchsentwicklung zu rechnen ist, ist der erwartete Verbrauchszuwachs für Ammoniak aufgrund der Sättigung im Düngemittel- und Salpetersäure-Bereich auch auf längere Sicht nahezu Null. Geht man da-

¹⁾ o.V.: Übersicht über die wichtigsten Erzeuger petrochemischer Vorprodukte in der Bundesrepublik Deutschland, in: Oel, Zeitschrift für Mineralölwirtschaft, Heft 2, 1974, S. 29

²⁾ Vgl. Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. Auflage, Ergänzungsband, München-Berlin-Wien 1970, Stichwort Ammoniak, S. 464

Jahr	Methanol- kapazität		Ammoniak- kapazität		Synthesegas- bedarf		Synthesegas- Fremdbezug	Kernkraftwerksleistung (Kohlevergasung)	
	Zuwachs	absolut	Zuwachs	absolut	Meth.	insges.		bei 100%	bei 40%
	% p.a.	10^6 t/a	% p.a.	10^6 t/a	10^9 Nm^3	10^9 Nm^3		$10^3 \text{ MW}_{\text{th}}$	
1975	} 8 } 5 }	1,1*		1,5	2,5	3,3	2,3	2,79	1,10
1985		2,5	0	1,5	5,7	3,3	3,6	4,33	1,73
2000		5,3	0	1,5	12,2	3,3	6,2	7,45	3,03
Anmerkung:	auf den Bedarf bezogen				2300 Nm^3 pro t CH_3OH	2200 Nm^3 pro t NH_3	40%	$277 \text{ Nm}^3/\text{h MW}_{\text{th}}$ bei 7500 h/a	
Quelle	a)	*b)	a)	b)	c)	c)	d)	e)	

a) Bülow, H. u.a.: Entwicklungstendenzen der für die Energienachfrage relevanten Strukturelemente von Wirtschaft und Gesellschaft, Studie der Prognos AG im Auftrag des BMFT, Basel, Mai 1975, S. 47-50, unveröffentlicht.

b) Übersicht über die wichtigsten Erzeuger petrochemischer Vorprodukte in der Bundesrepublik Deutschland, in: Oel-Zeitschrift für die Mineralölwirtschaft, Heft 2, 1976.

c) Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. Aufl., Bd. XX, München-Berlin-Wien 1955.

d) Wegen der üblichen Verwertung von Rückstandsfraktionen zur Synthesegaserzeugung in der Chemischen Industrie wurde ein Fremdbezug-Anteil von 40% angenommen.

e) BMFT: Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Teil II: Kohleveredelung, Bonn 1975, S. 44: Werte bei der hydrierenden Vergasung von Braunkohle; mündliche Mitteilung von Herrn Eickhoff, Programmgruppe STE der Kernforschungsanlage Jülich GmbH.

Tab. 34 : Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Methanol- und Ammoniakherzeugung im Bundesland Nordrhein-Westfalen

von aus - wie es in dieser Arbeit getan wird -, daß durch den Einsatz der Kernenergie zur Synthesegaserzeugung die chemische Grundstoffproduktion gegenüber den Ländern mit billigen Energievorräten konkurrenzfähig bleibt, dann kann man als maximale inländische Produktion die Kapazität annehmen, die dem erwarteten Bedarf entspricht.

Kosteneinsparung

Der Einsparungseffekt beim Bezug von Synthesegas durch nukleare Energie ergibt sich aus Tab. 35.

Substitutionsanteil %	Synthesegasmenge $10^9 \text{ Nm}^3/\text{a}$		Spezifische Einsparung DM/Nm^3		Gesamte Einsparung 10^9 DM/a			
					bei 11 Pfg/ Nm^3		bei 20 Pfg/ Nm^3	
	2000	1973	2000	1973	2000	1973	2000	1973
40	6,2	2,2			1,0	0,3	1,2	0,4
100	9,3	3,2	0,11	0,20	1,5	0,5	1,9	0,6
Anmerkung	mögliche Mengen	fiktive Mengen	vgl. Tab. 41					
Quelle	Tab. 34		Abb. 12					

Tab. 35 : Einsparung von Energiekosten durch Bezug nuklear erzeugtes Synthesegases zur Methanol- und Ammoniak-Erzeugung

Die Ermittlung der spezifischen Einsparung wird in Abschnitt 6.1.2.6 ausführlich diskutiert, da das synthetische Naturgas das primäre Vergasungsprodukt der nuklearen Vergasung darstellt.

Die Berechnung der Einsatzmenge an nuklear erzeugtem Synthesegas beruht auf folgenden Überlegungen:

1. Die Methanol- und Ammoniak-Erzeugung erfolgt aufgrund der abnehmenden Verfügbarkeit ausländischen Erdöl- oder Erdgases mit einem wachsenden Anteil auf der Grundlage von synthetisch hergestelltem Gas aus Kohle. Die Herstellungskosten für nuklear erzeugtes Synthesegas können daher mit den Herstellungskosten einer konventionellen Gaserzeugung aus Braun- oder Steinkohle verglichen werden.
2. Da die Chemische Industrie auch in Zukunft rückständige Gase zur Methanol- und Ammoniak-Synthese verwenden wird, ist es wahrscheinlich, daß lediglich 40 % des gesamten Synthesegas-Bedarfs abgenommen werden. Als oberster Grenzwert wurden 100 % angenommen.

6.1.2.4 Rohbenzin (Naphtha-) Bereitstellung

Auch die bei der Äthylen-Herstellung notwendige Menge an Naphtha kann bei einer Umstellung der Rohstoffgrundlagen der chemischen Industrie auf sicher und langfristig verfügbare Rohstoffe mittels Kernenergie bereitgestellt werden.

Heute wird das Rohbenzin von den Äthylenerzeugern zum Teil aus naheliegenden Raffinerien bezogen und zum Teil über günstige Verkehrswege importiert. In den Raffinerien fällt es neben dem Fahrbenzin im Destillationsprozeß an. Insgesamt verbrauchte die chemische Industrie im Jahre 1975 rund 13 Mio t Naphtha.¹⁾ Das sind schon 40 % des gesamten Verbrauchs an Benzinfraktionen dieses Jahres von ca. 30 Mio t.²⁾ Da man schon für die nahe Zukunft davon ausgehen kann, daß der Rohbenzinverbrauch für die Chemie stärker steigen wird als der Mineralöl- oder Fahrbenzinverbrauch,³⁾

¹⁾ Vgl. Hansen, F.H.: Die Entwicklung des Rohölmarktes und der Energie- und Rohstoffversorgung, in: Chemische Industrie, Band 26, Oktober 1974, S. 669

²⁾ Vgl. Mineralölwirtschaftsverband e.V., Arbeitsgemeinschaft Ölgewinnung und -verarbeitung, Jahresbericht 1974, Tab. T. 28

³⁾ Vgl. Schlachter, H.: Energie- und Rohstoffversorgung für die Chemie, in: Chemische Industrie, Band 27, November 1975, S. 656

zeigt sich - auch für den europäischen Raum - eine Lücke im Angebot an leichten Fraktionen, die zuerst mittels Verfahren auf konventioneller Energiebasis, später mittels Verfahren auf nuklearer Energiebasis geschlossen werden muß, will man nicht die gesamte Äthylenproduktion und damit auch ganze petrochemische Komplexe in Länder mit ausreichendem und billigem Mineralölangebot verlagern.

Eine Lösung der Rohstoffversorgung auf kurze und mittlere Sicht kann einerseits die Verwendung mittlerer oder schwerer Rohöldestillate als Grundlage der Äthylenerzeugung sein. Andererseits können die schweren Heizölfraktionen (schweres und leichtes Heizöl) zu leichten Fraktionen (Roh- und Leichtbenzin) mittels Hydrocrack-Anlagen umgewandelt werden.¹⁾ Hierzu werden große Mengen an Wasserstoff benötigt, der mit Hilfe des nuklearen Verfahrens nach den gegenwärtigen Schätzungen kostengünstiger als bei konventioneller Erzeugung angeboten werden kann.²⁾

Langfristig ist aufgrund der Verknappung des Rohölangebots die Herstellung von Benzin aus Kohle notwendig. Sie wird mittels nuklearer Wärme ebenfalls billiger sein als die konventionelle Kohleverflüssigung.³⁾ Verfahren zur nuklearen Benzinherstellung können sein:⁴⁾

1) Vgl. Hansen, F.H.: Langfristige Versorgung der chemischen Industrie mit Rohstoffen aus Erdöl, in: Chemische Industrie, Band 24, Juli 1973 und Hansen, J.W.: Die Entwicklung des Rohölmarktes und der Energie- und Rohstoffversorgung, in: Chemische Industrie, Band 26, Oktober 1974

2) Vgl. Eickhoff, H.G. und Kugeler, K.: Kohlenwasserstoff-Synthese unter Einsatz von Kohle und Nuklearer Prozeßwärme, in: Erdöl und Kohle, Band 28, 1975, Heft 8, S. 375 ff und die neuesten Kostenrechnungen in: Bergbau Forschung GmbH u.a.: Statusbericht zum Ende der Konzeptphase vom 1.8.1975-30.11.1976 des Projektes "Prototyp Nukleare Prozeßwärme", Markt und Wirtschaftlichkeitsstudie zur nuklearen Kohlevergasung, Jülich, Dezember 1976

3) Vgl. Bundesministerium für Forschung und Technologie: Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Programmstudie Sekundärenergiesysteme Teil III, Wasserstoff, Abb. 3.3/10, S. 30

4) Vgl. Bundesministerium für Forschung und Technologie: Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Programmstudie "Sekundärenergiesysteme", Teil II: Kohleveredelung, S. 43 f

- die Fischer-Tropsch-Synthese, die sich an eine Synthesegasherstellung anschließt, oder
- das H-Coal-Verfahren, das eine unmittelbare Umwandlung der Kohle in flüssige Kohlenwasserstoffe mittels Hydrierung bewerkstelligt.

Die Fischer-Tropsch-Synthese hat zwar für die Versorgung der Chemie eine größere Bedeutung, da bei ihr direkt die benötigten aliphatischen Olefine anfallen, die im Falle der Kohlehydrierung durch nachgeschaltete Umwandlungsanlagen erst erzeugt werden müssen.¹⁾ Da sie allerdings teurer ist und die Kohlehydrierung vornehmlich der Erzeugung von Fahrbenzin in großem Maßstab dienen wird, kann heute noch nicht gesagt werden, welche der genannten Verfahren großtechnisch zum Einsatz gelangen werden. Da hier das Einsatzpotential für Kernenergie zur Bereitstellung flüssiger Kohlenwasserstoffe abgeschätzt werden soll, werden in Tab. 36 die Potentiale für alle drei Verfahren

- das Hydrocracken von schweren Fraktionen,
- die Fischer-Tropsch-Synthese und
- das H-Coal-Verfahren

dargestellt.

Kosteneinsparung

Der Kostenvergleich für die Rohbenzin-Bereitstellung bezieht sich auf das Hydrocrack-Verfahren von schwerem Heizöl und die Kohle-Hydrierung. Einerseits, weil mit Einführung von Hydrocrack-Anlagen in den achtziger Jahren zu rechnen ist und diese auch über das Jahr 2000 hinaus in Betrieb sein werden. Die Fischer-Tropsch-Synthese von Kohle wird nicht berücksichtigt, da es das teuerste Kohleveredelungsverfahren darstellt und erst nach dem Jahre 2000 zum Einsatz kommen wird.²⁾ Die gesamte Kosteneinsparung enthält Tab. 37.

¹⁾ Vgl. Bundesministerium für Forschung und Technologie, Programmstudie Sekundärenergiesysteme, Teil II, S. 43

²⁾ Vgl. die neuesten Kostenberechnungen in: Union Rheinische Braunkohlen Kraftstoff AG: Erzeugung von vornehmlich petrochemischen Roh- und Grundstoffen nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Wesseling, Januar 1976

Jahr	Äthylen- kapazität in NRW 10 ⁶ t/a	Naphtha-Bedarf		Hydrocracking		Fischer-Tropsch		H-Coal-Verfahren	
		spezifisch	absolut	H ₂ - Bedarf	HTR- Kapazität	H ₂ +CO- Bedarf	HTR- Kapazität	H ₂ - Bedarf	HTR- Kapazität
		t	10 ⁶ t/a	10 ⁹ Nm ³ /a	10 ³ MW _{th}	10 ⁹ Nm ³ /a	10 ³ MW _{th}	10 ⁹ Nm ³ /a	10 ³ MW _{th}
1970	1,3	4,0	5,2	3,6	1,7	27,0	11,6	8,8	3,5
1975	2,5	4,0	10,0	7,0	3,3	52,0	22,3	17,0	6,6
1980	3,5	4,0	14,0	9,8	4,6	72,8	31,2	23,8	9,3
1990	5,7	3,6	20,5	14,4	6,7	106,6	45,7	34,8	13,6
2000	7,4	3,4	25,2	17,7	8,3	131,0	56,2	42,8	16,7
Anmer- kung		pro t Äthylen		0,7Nm ³ pro kg Naphtha	283Nm ³ /h pro MW _{th} 7500 h/a	5,2Nm ³ pro kg Naphtha	277Nm ³ /h pro MW _{th} 7500 h/a	1,7 Nm ³ pro kg Naphtha	200kg/h ¹⁾ pro MW _{th} 7500 h/a
Quelle		a)		b)		c)		c)	

1) bezogen auf den Naphtha-Bedarf

a) Batelle-Institut, e.V.: Szenarien Chemische Technik, Teilprogramm im Rahmenprogramm: Forschung und Entwicklung zur Sicherung der Rohstoffversorgung im Auftrag des BMFT, BF-R-62.700-2, Frankfurt/M, Jan. 1976, Tab. 10-14

b) Eickhoff, H.G., Kugeler, K.: Nukleare Prozeßwärme für die Wasserstofferzeugung, in: Erdöl und Kohle..., Bd. 29, Heft 9, Sept. 74; und BMFT, Programmstudie "Sekundärenergiesysteme" Teil III, Wasserstoff, S. 23 ff

c) Eickhoff, H.G., Kugeler, K.: Kohlenwasserstoff-Synthese unter Einsatz von Kohle und Nuklearer Prozeßwärme, in: Erdöl und Kohle..., Bd. 28, Heft 8, Aug. 75

Tab.36 : Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Naphtha-Herstellung nach ausgewählten Verfahren

	Rohbenzin- bedarf		Spezifischer Wasserstoff- bedarf		Einsparung pro $\text{Nm}^3 \text{H}_2$		Gesamte Einsparung 10^9 DM/a			
	10^6 t/a		Nm^3/kg		DM/Nm^3		bei 11 Pfg/ Nm^3		bei 20 Pfg/ Nm^3	
	2000	1973	Hydro	H-Coal	Min.	Max.	2000	1973	2000	1973
Hydro			0,7		0,11	0,20	2,82	1,06	3,57	1,33
H-Coal	25,2	9,5		1,7			6,25	2,58	8,57	2,89
Anmerkung	mittlerer Bedarf				Kohlepreis (DM/t) 100 150					
Quelle	Tab. 36				Abb. 12					

Tab. 37 : Einsparung von Energiekosten durch den Bezug nuklear erzeugten Rohbenzins zur Äthylen-Herstellung

Die erheblichen Unterschiede in den Einsparungen bei den beiden Verfahren sind im wesentlichen auf die Unterschiede im spezifischen Einsatz von Wasserstoff zur Rohbenzin-Herstellung zurückzuführen. Das H-Coal-Verfahren benötigt etwa 2,4mal soviel Wasserstoff wie das Hydrocrack-Verfahren. Da die nukleare Wärme der Wasserstofferzeugung dient und hierbei ihr Kostenvorteil gegenüber Kohle zum Tragen kommt, wird die Rohbenzin-Herstellung gegenüber den nicht nuklearen Verfahren umso kostengünstiger, je mehr Wasserstoff der Prozeß benötigt. Das ist beim H-Coal-Verfahren der Fall.

6.1.2.5 Fremdbezogener Strom

Einsatzpotential

Für die folgende Rechnung soll angenommen werden, daß sich der Fremdbezug an Strom der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen in der Höhe der oben genannten Anteile auf die Erzeugung aus Kernenergie und die Erzeugung aus Steinkohle verteilt. Die Entwicklung der alternativen Deckungsmöglichkeiten des Fremdstrom-Bedarfs der Chemischen Industrie ist in der Tab.³⁸ aufgeführt.

Jahr	absoluter Stromverbrauch		Stromverbrauch aus Eigenerzeugung		Stromverbrauch aus Fremdbezug		Verbrauch von Strom aus Kernkraftwerken			
	Wert in 10^6 tSKE/a	Wert in 10^9 kWh/a	Anteil %	Wert 10^9 kWh/a	Anteil %	Wert 10^9 kWh/a	Anteil %	Wert 10^9 kWh/a	Anteil %	Wert 10^9 kWh/a
1970	2,10	17,1*	40	6,8	60	10,3	0	0,0	0	0,0
1975	2,77	22,5	40	9,0	60	13,5	0	0,0	0	0,0
1980	2,95	23,9	41	9,8	59	14,1	10	1,4	5	0,7
1985	3,33	27,1	42	11,4	58	15,7	15	2,4	3	0,5
1990	3,57	29,0	43	12,5	57	16,5	20	3,3	5	0,8
1995	4,14	33,7	44	14,8	56	18,9	42	7,9	22	4,2
2000	4,67	38,0	45	17,1	55	20,9	50	9,8	30	6,3
Quelle	Tab. 28		Tab. 28				Entwicklung bis zu 50 % oder 30 % Anteil im Jahre 2000			

Tab. 38 : Verbrauch an Strom aus dem öffentlichen Netz der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen und Anteil des nuklear erzeugten Stroms

Kosteneinsparung

Die gesamte Kosteneinsparung bei den alternativen Substitutionspotentialen zeigt Tab. 39.

Substitutionsanteil %	Stromverbrauch 10^9 kWh/a		Kosteneinsparung 10^6 DM/a			
			bei 4,0 Pfg/kWh		bei 2,5 Pfg/kWh	
	2000	1973	2000	1973	2000	1973
30	6,3	3,6	252	144	158	90
50	9,8	6,0	392	240	245	150
Quelle	Tab.		a) b)			

- a) Bohn, Th., u.a.: Stromerzeugungskosten in Großkraftwerken, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbereitung
b) Programmstudie "Sekundärenergiesystem", Teil 1, Bedarfsanalyse und Strom, Abb. 2/4/1, S. 155

Tab. 39 : Einsparung von Energiekosten in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein Westfalen im Jahre 2000 und dem Referenzjahr 1973 durch den Bezug nuklear erzeugten Stroms aus dem öffentlichen Netz

Die Kostenvorteile der Kernenergienutzung gegenüber der Stromerzeugung aus Steinkohlekraftwerken liegen zwischen 2,5 Pfg/kWh und 4,0 Pfg/kWh bei einer Auslastung von 6500 h/a. Diese Werte werden gegenwärtig in der Literatur über die Stromerzeugungskosten dieser Kraftwerkstypen genannt.¹⁾

6.1.2.6 Gasversorgung

Einsatzpotential

Das Substitutionspotential der Kernenergie bei der Wasserstoff- und Synthesegasversorgung der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein Westfalen wurde in den vorhergehenden Abschnitten abgeschätzt. In diesem Abschnitt soll das Substitutionspotential angegeben werden, das von einem nuklear erzeugten Gas aus Kohle auf die Chemische Industrie entfallen könnte. Substituiert wird der zu erwartende Erdgaseinsatz in der Chemischen Industrie, der der Deckung des Wärmebedarfs dient. Er beträgt, wie in Tab.40 ausgewiesen, im Jahre 2000 zwischen 1,2 und 2,4 Mrd Nm³.

¹⁾ Bohn, Th., Eich, P., Hansen, U.: Stromerzeugungskosten in Großkraftwerken, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbereitung; Ritschel, W., u.a.: Bisherige und zukünftige Entwicklung der Stromerzeugungskosten auf der Basis von Steinkohle und Kernenergie, Essen 1976; Bohn, Th.: Kohlestrom bleibt teurer als Kernenergiestrom, in: VDI-Nachrichten, Nr. 4, 28. Januar 1977, S. 6; Michaelis, H.: Wettbewerbsfähigkeit und Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie im Lichte der jüngsten energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Entwicklung, Referat, gehalten auf der Reaktortagung 1977, Mannheim, März 1977; Mandel, H.: Die Kernenergie und ihr künftiger Beitrag zur Energieversorgung, in: Chemie-Technik, 5. Jahrgang (1976), Nr. 4, S. 119 ff, insbesondere S. 122

Jahr	Verbrauch zur Wärme- bedarfsdeckung 10^9 Nm^3	SNG-Potential 10^9 Nm^3 (8,4 Mcal/m ³)	
		20 %	40 %
1970	1,03	0,20	0,41
1974	1,30	0,26	0,52
1975	1,38	0,27	0,55
1980	1,85	0,37	0,74
1985	2,48	0,49	0,99
1990	3,32	0,65	1,30
1995	4,44	0,90	1,80
2000	5,94	1,20	2,40
Anmerkung	Zuwachs 6 % p.a.	20 oder 40 % Anteil am Gas zur Wärmever- sorgung im Jahre 2000	
Quelle	Abb. 34		

Tab. 40 : Gasverbrauch der Chemischen Industrie des Landes
Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000 und Anteil
des synthetischen Naturgases

Der 40 %-Anteil ergibt sich aus Berechnungen bei maximalem Anteil des Substitutionsanteils von Erdgas durch nuklear erzeugtes SNG für Nordrhein-Westfalen (vgl. Abb. 35).¹⁾ Der 20 %-Anteil wird erreicht, wenn das gesamte nuklear erzeugte SNG nur zu 50 % für Nordrhein-Westfalen verfügbar ist.

Kosteneinsparung

Der Kostensenkungseffekt des Vergasungsprozesses von Kohle mittels nuklearer Wärme beruht hauptsächlich darauf, daß zur Herstellung der benötigten Gase der Energieträger Kohle eingespart und die benötigte Wärmeenergie vom Hochtemperaturreaktor aufgebracht wird. Die Kostensenkung kann allerdings nicht direkt aus der Wärmepreisdifferenz zwischen Kohle und nuklearer Wärme ermittelt werden, da sich die Technologie der Gaserzeugung aus

¹⁾ Vgl. auch zum Anteil des nuklearen SNG am Erdgasaufkommen der Bundesrepublik Deutschland: Bergbau Forschung GmbH u.a.: PNP-Projekt nukleare Prozeßwärme, Markt und Wirtschaftlichkeitsstudie, a.a.O., Abb. 1-2, S. 21

fossilen Brennstoffen erheblich von der nuklearen Kohlevergasung in der Prozeßführung unterscheiden kann. Zum Beispiel benötigt das nukleare Verfahren aus verfahrenstechnischen Gründen einen höheren Kapitalaufwand für den Veredelungsprozeß als die fossile Kohleveredelung. Der Kostenvergleich kann dann nicht mehr auf der Ebene des Energieträgereinsatzes, sondern muß auf der Ebene des erzeugten Produktes, hier der erzeugten Gase, vorgenommen werden.

Die Einsparungsmöglichkeiten beim SNG-Bezug sind in Tab. 41 aufgezeigt.

Substitutions- anteil %	Substitutions- menge $10^9 \text{ Nm}^3/\text{a}$		Spezifische Einsparung DM/Nm^3		Gesamte Einsparung 10^6 DM/a			
					bei 11 Pfg/ Nm^3		bei 20 Pfg/ Nm^3	
	2000	1973	Min.	Max.	2000	1973	2000	1973
20 %	1,2	0,25	0,11	0,20	130	30	240	50
40 %	2,4	0,5			260	60	480	100
Anmerkung	mögl. Mengen	fiktive Mengen	Kohlepreis (DM/t)					
			100*	150				
Quelle	Tab. 40		Abb. 12					

*Mischpreis aus Braun- und Steinkohle im Verhältnis 1:1

Tab. 41: Einsparung an Energiekosten durch den Bezug von nuklear erzeugtem SNG

Sie beziehen sich auf diejenige Menge des von der Chemischen Industrie bezogenen Erdgases, das im Jahre 2000 bzw. 1973 durch nuklear erzeugtes SNG ersetzt werden kann. Es wurde von einem Erdgas-Substitutions-Potential von 20 und 40 % ausgegangen.

Die spezifische Einsparung errechnet sich als Differenz zwischen:¹⁾

- den Kosten für SNG bei konventioneller Kohlevergasung (Lurgi-Druckvergasung von Steinkohle)
- den Kosten für SNG bei nuklearer Kohlevergasung (Wasserdampfvergasung von nichtbackender Steinkohle).

Für das Jahr 1976 wurde alternativ ein Steinkohlepreis von 130 DM/t (Kostenpreis) bis 160 DM/t (Marktpreis) zugrunde gelegt.²⁾ Die Umrechnung auf DM/Nm³ erfolgte mit Hilfe des oberen Heizwertes des SNG von $H = 9176 \text{ Kcal/Nm}^3$. Aus Abb. 12 ergibt sich daraus der angegebene spezifische, d.h. auf einen Nm³ SNG bezogene Einsparungsbetrag durch die Verwendung nuklearer Wärme zur Kohlevergasung. Da sich das Ergebnis in der Abbildung auf dem Inbetriebnahmezeitpunkt einer SNG-Anlage für das Jahr 1976 bezieht, sind die Anlagekosten der nuklearen bzw. konventionellen Verfahren nicht auf das Referenzjahr 1973 bezogen. Der Fehler ist allerdings nicht groß, da sich die Kostenvergleichsrechnung auf Differenzen von Anlage- und Brennstoffkosten und nicht auf absolute Kosten der Bezugszeiträume beziehen.

Bei der hier vorgenommenen Rechnung der Einsparung von Energiekosten durch die Verwendung nuklearer Wärme in der Chemischen Industrie wurden weiterhin folgende Annahmen gemacht:

1. Die Deckung des Wärmebedarfs der Chemischen Industrie erfolgt zu einem wachsenden Anteil mit Hilfe von Erdgas. Da die Verfügbarkeit von ausländischem Erdgas ab 1985/90 abnimmt, muß es mit Hilfe von synthetischem Erdgas aus heimischer oder importierter Kohle gewonnen werden.

¹⁾ Vgl. Bergbau Forschung GmbH: PNP - Projekt Nukleare Prozeßwärme, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie, a.a.O., Abb. 3-3, S. 44

²⁾ Vgl. zum gegenwärtigen Preisniveau für Steinkohle: Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft (VIK): Tätigkeitsbericht 1975/76, Essen 1977 und: VIK-Mitteilungen, Heft 1/2, 1977, S. 31

2. Es werden keine weiteren Alternativen der Wärmebedarfsdeckung in der Chemischen Industrie, z.B. Kleintechnische Systeme, betrachtet. Der Kostenvergleich bezieht sich einerseits auf die autotherme Steinkohlevergasung. Ihre Grenzkosten sind aufgrund der ausreichenden inländischen Vorräte an Steinkohle gleichzeitig als die langfristige obere Preisgrenze für das nationale Energiepreisniveau anzusehen. Die Kosteneinsparung aus einem Vergleich der nuklearen mit der konventionellen Steinkohlevergasung kann aus diesen Gründen als die maximale Einsparungsmöglichkeit im Bereich der Wärmebedarfsdeckung angesehen werden. Sie beträgt bei einem Steinkohlepreis von 150 DM/t ca. 0,20 DM/Nm³ (vgl. Abb. 12).
3. Die untere Grenze der Einsparungsmöglichkeiten liegt andererseits in der Kostendifferenz zwischen nuklearer und konventioneller Braunkohlevergasung.

Bei der Erzeugung des Synthetischen Erdgases aus Braunkohle würde die Kostendifferenz laut Abb. 12 lediglich 4,25 DM/Gcal ($H_o = 9530 \text{ Kcal/Nm}^3$) betragen (entsprechend 4 Pfg/Nm³). Langfristig kann die Braunkohle aufgrund der begrenzten Fördermöglichkeiten und ihres Einsatzes zur Strombedarfsdeckung nur zu einem Teil zur Gaserzeugung beitragen. Hier soll mit einem Anteil von 50 % gerechnet werden. Daraus ergibt sich als unterste Kosteneinsparung durch den Einsatz der Kernenergie eine durchschnittliche Einsparung aus der Braunkohle- und Steinkohlevergasung im Verhältnis 1:1 von ca. 12,0 DM/Gcal (entsprechend 11,0 Pfg/Nm³).

6.1.2.7 Summe der Potentiale und Kosteneinsparungen

Potential

Das gesamte "gegenwärtige" Einsatzpotential der Kernenergie in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen läßt sich nun ermitteln, indem man von der Produktion bzw. der Kapazität der infrage kommenden Chemieprodukte eines Referenzjahres, hier 1973, ausgeht und zur Berechnung des substituierbaren Ener-

giebedarfs die Strukturparameter des Jahres 2000 zugrunde legt. Das Referenzjahr 1973 wurde aus zweierlei Gründen gewählt: einmal weil für diesen Zeitraum mehr statistisches Material zur Verfügung stand als für die aktuelleren Zeiträume 1974 oder 1975 und zum anderen, weil verschiedene Unterlagen nur für das Jahr 1970 erhoben wurden, deren Verwendung über mehrere Jahre aufgrund der eingetretenen Strukturveränderungen nicht zweckmäßig erscheint. Außerdem war 1975 ein Rezessionsjahr, in dem untypische Verhältnisse vorlagen.

Für das Einsatzpotential wurden Minimal- und Maximalwerte errechnet, die einerseits von den in der Literatur stark abweichenden Werte der wichtigsten Strukturparameter abhängen (z.B. bei der Ermittlung des Prozeßdampf- und Strombedarfs) und andererseits verschiedene, heute noch nicht festlegbare alternative Verfahren berücksichtigen (z.B. die Synthesegasherstellung und Rohbenzinbereitstellung). Bei der Wärmeversorgung von Äthylenanlagen ergeben sich die oberen und unteren Werte als optimistische und pessimistische Grenzen des Erwartungswertes der Äthylenkapazitäten in der Bundesrepublik Deutschland.

Nach Tab. 42 würde das theoretische Einsatzpotential der Kernenergie in der Chemischen Industrie für das Jahr 1973 insgesamt 5000 bis max. 10.000 MW_{th} betragen. Wird berücksichtigt, daß die Wärmeversorgung von Äthylenanlagen und die Prozeßdampf- und Strombedarfsdeckung in geeigneten Chemiekomplexen durch einen einzigen Hochtemperaturreaktor erfolgen kann, dann könnte sich das Einsatzpotential um jeweils 500 bis 1000 MW_{th} für die Minimum- und Maximum-Angabe vermindern. Unter der Annahme, daß es maximal zwei solche Chemiekomplexe in Nordrhein-Westfalen geben wird, beträgt das Einsatzpotential ca. 4000 MW_{th} (Minimum) bis 9000 MW_{th} (Maximum).

Mit der Nutzung hoch- oder niedertemperaturiger Wärme aus dem Hochtemperaturreaktor werden fossile Brennstoffe substituiert, entweder schweres Heizöl bei der Substitution eines Ölkraftwerkes, leichtes Heizöl oder Kohle bei der Wärmeversorgung von Äthylenanlagen oder Erdgas, Heizöl oder Kohle bei der Wasserstoff- bzw. Synthesegasherstellung.

		Einsatzpotential $10^3 \text{ MW}_{\text{th}}$				Substituierte Energiemenge 10^{12} kcal/a				Anmerkung	Quelle
		Jahr 2000		Jahr 1973		Jahr 2000		Jahr 1973			
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
1. Prozeßdampf- und Strombedarfsdeckung	$\begin{smallmatrix} * \\ 84 \\ * \\ 187 \end{smallmatrix}$	4,03	9,08	1,00	2,26	22,3	50,3	5,6	12,6	Substitution eines Ölkraftwerks mit $\mu = 38\%$	Tab.28 Lit. a)
2. Wärmeversorgung von Äthylenanlagen	$\begin{smallmatrix} \text{Min.} \\ \text{Max.} \end{smallmatrix}$	4,41	5,39	0,81	0,95	12,1	16,0	2,4	2,8	Ersatz der Heizenergie	Tab.32
3. Synthesegas- herstellung	$\begin{smallmatrix} 40\% \\ 100\% \end{smallmatrix}$	3,03	7,45	1,05	2,61	11,8	29,4	4,2	10,5	Netto-Energieein- sparung durch nukl. Prozeßwärme	Tab.34 Lit. b)
4. Rohbenzin- bereitstellung	Hydro H-Coal	8,30	16,70	2,22	4,55	62,0	150,0	16,2	40,5	Einsparung fossiler Brennstoffe bei der H_2 -Erzeugung	Tab.36 Lit. b)
insgesamt		19,77	38,62	5,08	10,37	109,0	245,7	28,4	66,4		

* spezifischer Stromverbrauch des Jahres 2000 in g SKE/DM Nettoproduktion

a) Schneider, H.K. u.a.: Die Entwicklung des Elektrizitätsbedarfs der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000 in Abhängigkeit von wirtschaftlichen und sozialen Faktoren in: EMFT (Hrsg.): künftiger Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit von wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Entwicklungen und dessen Deckung, insbesondere mit Hilfe der Kernenergie, Forschungsbericht K76-03, Bonn, Juli 1976. In dieser Studie wird ein konstanter spezifischer Stromverbrauch von 1973 bis zum Jahre 2000 errechnet

b) Jüntgen, H.: Herstellung gasförmiger Energieträger aus fossilen Brennstoffen, in: VDI-Berichte Nr. 224, 1974, S. 13-23

Tab. 42: Gesamtes Einsatzpotential der Kernenergie in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen und Menge der dadurch substituierten fossilen Brennstoffe

Mit dem gesamten Verbrauch an Energieträgern (ohne Rohbenzin) der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen in 1973 von ca. 12 Mio t SKE (vgl. Tab. 27) kann die errechnete gesamte substituierte Energiemenge von $28,4 \cdot 10^{12}$ Kcal (= 4,06 t SKE) nicht verglichen werden, da die Rohbenzinherstellung im Gesamtverbrauch nicht enthalten ist. Ohne das Einsparungspotential der Rohbenzinherstellung beträgt die Einsparung an fossilen Energieträgern durch den Kernenenergieeinsatz: Minimum $12,2 \cdot 10^{12}$ Kcal (= 1,74 Mio t SKE) und Maximum $25,9 \cdot 10^{12}$ Kcal (= 3,7 Mio t SKE). Daraus folgt, daß in dem betrachteten Zeithorizont zwischen 15 und 30 % des Gesamtenergieverbrauchs der Chemischen Industrie durch Kernenergie substituiert werden können.

Einsparung

Die Summe der Einsparungen an Energiekosten der Chemischen Industrie Nordrhein-Westfalens, die durch die Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie in dem betrachteten Zeitraum möglich ist, zeigen die Tab. 43 und 44. Aufgrund von zwei Alternativen bei der Mengenkomponte und bei der Preiskomponte ergeben sich für einen Einsatzbereich vier Einsparungswerte. Im Hinblick auf die gegenwärtigen Verzögerungen im Kernkraftwerksbau sind die hier als minimale Einsatzpotentiale angegebenen Werte die wahrscheinlich erzielbaren Potentiale. Da die spezifischen Einsparungen Kostenrechnungen entnommen sind, die auf dem gegenwärtigen Preisniveau aufbauen, sind die Kosten bzw. Preisabweichungen nicht durch Schätzungen künftiger Preise beeinflusst. Bei den maximal möglichen Abweichungen werden die Kosten der Kernenergienutzung der gegenwärtig teuersten Alternative der Energieversorgung mittels heimischer Steinkohle gegenübergestellt. Sie bildet damit auch langfristig die oberste Grenze der Einsparungsmöglichkeiten.

Bei den meisten Einsatzbereichen der Kernenergie sind demnach die sich aus den niedrigeren Werten aus der Mengen- und Preisvarianten ergebende Einsparungen relevant.

Einsatzart	Einsatz-varianten	Alternative Einsparungen 10 ⁶ DM/a	
		Min.	Max.
Strom aus dem öffentlichen Netz	30 %	90	198
	50 %	330	150
Eigenstrom und Dampferzeugung	Min.	50	100
	Max.	120	240
Gas-einsatz	40 %	80	100
	60 %	110	140
Versorgung von Äthylen-Anlagen	Min.	13	19
	Max.	18	27
Methanol-Ammoniak-Synthese	40 %	300	400
	60 %	500	600
Rohbenzin-herstellung	Hydro	1060	1330
	H-Coal	2580	2890
insgesamt	Min.	1593	2147
	Max.	3658	4047

Umsatz 1973

Chemische Industrie

Nordrhein-Westfalen $26,7 \cdot 10^9$ DM:

Tab. 43 : Gesamte potentielle Einsparung an Energiekosten in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen durch den Einsatz der Kernenergie, fiktives Einsatzjahr 1973

Einsatzart	Einsatz-varianten	Alternative Einsparungen 10 ⁶ DM/a	
		Min.	Max.
Strom aus dem öffentlichen Netz	30 %	158	347
	50 %	245	540
Eigenstrom und Dampferzeugung	Min.	190	380
	Max.	450	900
Gas- industrie	40 %	380	480
	60 %	580	720
Versorgung von Äthylenanlagen	Min.	128	192
	Max.	157	235
Methanol- Ammoniak- Synthese	40 %	1000	1200
	60 %	1500	1900
Rohbenzin- herstellung	Hydro	2820	3570
	H-Coal	6850	8570
insgesamt	Min.	4676	6349
	Max.	9782	12865

Tab.44 : Gesamte potentielle Einsparung an Energiekosten in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen durch den Einsatz der Kernenergie, Jahr 2000

Die Ergebnisse des Jahres 1973 wurden dem Umsatz der Chemischen Industrie Nordrhein-Westfalens des gleichen Jahres gegenübergestellt. Unter Verwendung des Min/Min-Wertes ergibt sich eine "Kostensenkung" um 6 %, bei Verwendung des Max/Max-Wertes eine "Kostensenkung" um 15 %. Zwischen diesen Prozentsätzen wird die wirkliche Einsparung liegen.

Die Ergebnisse für das Basisjahr 2000 müssen auf das Jahr 1973 abdiskontiert werden, um sie dem Umsatz gegenüberstellen zu können.

Bei einem Real-Zinssatz von 3 % p.a. ergibt sich für den Min/Min-Wert eine "Kostensenkung" um 8 %, für den Max/Max-Wert eine "Kostensenkung" um ca. 22 %. Bei Verwendung der erwarteten Einsparungen können daher höhere prozentuale Kostensenkungen erwartet werden.

6.1.3 Standorteinflüsse durch den Kernenergieeinsatz

6.1.3.1 Zur Standortsituation der Chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen

Allgemeine Anhaltspunkte über die Standortsituation der Chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen kann die in Abschnitt 4.3.1.3 genannte Shift-Analyse vermitteln.

Shift-Analysen für die Chemische Industrie wurden zuletzt für das Ruhrgebiet durchgeführt.¹⁾ Da die Chemische Industrie des Ruhrgebietes nur 20 % der gesamten Chemischen Industrie von Nordrhein-Westfalen umfaßt, kann diese Analyse nicht repräsentativ für die gesamte Chemische Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen sein. Sie gibt aber Anhaltspunkte für die Standortsituation der gerade im Ruhrgebiet stark vertretenen Grundstoffchemie (anorganische Chemie und Düngemittel).

Gegenüber anderen Regionen der Bundesrepublik Deutschland zeigt sich eine gewisse standortbedingte Unterlegenheit des Ruhrgebietes. Die Standortschwäche ist besonders auf das Fehlen geeigneter Vorlieferanten und Abnehmer (z.B. für den Düngemittelbereich) zurückzuführen.²⁾ Die in dem betrachteten Zeitraum stark gewachsene organische Chemie einschließlich Kunststoff- und Faserindustrie ist weniger im Ruhrgebiet, dafür aber stärker am Rhein vertreten, wo sie durch die Nähe zu Raffinerien und der "Ersatzküste" Rhein Standortvorteile besitzt. Gerade die Entwicklung der Mineralölverarbeitung in Nordrhein-Westfalen ist für die Petrochemische Industrie ein wichtiger Standortfaktor, da von ihr Rohstoffe und Energieträger gleichzeitig bezogen werden.

¹⁾ Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Schriftenreihe des RWI, Neue Folge, Heft 37, Berlin 1967, Tab. 3.10, S. 135 und: Siedlungsverband Ruhrkohlebezirk (Hrsg.): Wirtschaftliche Entwicklung im Ruhrgebiet, Schriftenreihe Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Nr. 46, Essen 1974, Tab. 2.2.2.4, S. 58

²⁾ Vgl. Löbbe, K. und Kruck, R., a.a.O., S. 42

6.1.3.2 Standortfaktoren der Chemischen Industrie

Eine Analyse der für die Standortwahl wichtigsten Bestimmungsgründe der energieintensiven Chemischen Grundstoffindustrie kann im Rahmen dieser Arbeit folgende Fragen klären:

1. Ist der Standort Nordrhein-Westfalen auch für die Zukunft ein geeigneter Produktionsort für die Chemischen Betriebe?
2. Welches Gewicht hat die Energie innerhalb der für diesen Industriezweig wichtigen Standortbestimmungsgründe?
3. Welches sind die zu Nordrhein-Westfalen als Chemiestandort in Konkurrenz stehenden Regionen?

Standortplanungen werden von der Chemischen Industrie nicht unter Berücksichtigung nationaler Grenzen, sondern unter Beachtung des überregionalen Marktes ("Weltmarkt") für chemische Güter getroffen.¹⁾ Exportintensität, schwankende Wechselkurse, Beschränkungen des Außenhandels und nationale Gesetzgebung zwingen dazu, Standorte im Ausland bei der Planung eines neu aufzubauenden Werkes oder ganzer Betriebskomplexe zu berücksichtigen. Die Einbeziehung eines Ansiedlungsortes in die engere Auswahl hängt ab von der Erfüllung bestimmter Standortanforderungen. Die Standortfaktoren lassen sich einteilen in unbedingt wirksame und bedingt wirksame Faktoren.²⁾ Unbedingt wirksame Standortfaktoren führen zu einer Vorab- (ja-nein) Entscheidung über den Einbezug eines Standortes in die engere Auswahl; bedingt wirksame Standortfaktoren wirken je nach Standort mit unterschiedlicher Intensität, so daß ihr Einfluß erst durch eine Wirtschaftlichkeitsrechnung sichtbar gemacht werden kann.

¹⁾ Hansen, K. und Röper, B.: Standortprobleme unter besonderer Berücksichtigung des Umweltschutzes, in Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 125, Dortmund 1971

²⁾ Schwarz, H.: Modellstudie über den Einfluß des Hochtemperaturreaktors auf die Standortorientierung der Großchemie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 1184, Jülich, April 1975

Die in Abb. 40 ¹⁾ aufgeführten Standortdeterminanten eines Produktionsbetriebes der Chemischen Grundstoffindustrie sind nach diesen Kriterien gegliedert. Sie sind außerdem in Form eines Ablaufschemas dargestellt, das die sukzessive Vorgehensweise bei der Standortplanung für jeden möglichen Standort $j = 1 \dots n$ angeben soll. Das Schema enthält in seinen ersten zwei Zeilen die unbedingt wirksamen Standortfaktoren. Der mit unterbrochenen Strichen umrandete Teil enthält die bedingt wirksamen Standortdeterminanten, die gleichzeitig untersucht bzw. quantifiziert werden können. Das Ergebnis der Quantifizierung kann eine Maßgröße der Wirtschaftlichkeitsrechnung (z.B. Kapitalwert) sein. Entspricht der Wert der Maßgröße den Vorstellungen des Entscheidungsträgers, so ist der Einfluß der weiteren Standortbestimmungsgrößen verbal oder mit Hilfe einer Nutzwert-Analyse festzustellen.

Die Vielzahl der aufgeführten Standortkriterien zeigt die vielschichtigen Ansprüche solcher Komplexe der Grundchemie, denen nur eine entwickelte Wirtschaftsregion gerecht werden kann. Ein Vergleich mit den Standortgegebenheiten des Landes Nordrhein-Westfalen ²⁾ zeigt, daß von den unbedingt wirksamen Determinanten gegenwärtig lediglich

- die Grundstücksfläche
- die Wasservorkommen und (-preise)
- die Erfüllbarkeit von Umweltschutzauflagen

Begrenzungen darstellen. Hiervon können die Umweltaspekte wie Schadstoffemissionen, Geruchsbelästigung und Lärmentwicklung durch chemische Betriebe zur Standortablehnung in Nordrhein-Westfalen führen, wie es z.B. im Ansiedlungsfall der VEBA-Chemie am Rhein bei Rheinberg geschehen ist. ³⁾

-
- 1) Quelle: SCHWARZ, H.: Modellstudie über den Einfluß des Hochtemperaturreaktors auf die Standortorientierung in der Großchemie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-1184, Jülich, April 1975, Abb. 14, S. 59.
 - 2) Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.): Wirtschaftliche Entwicklung im Ruhrgebiet, Schriftenreihe des SVR, Nr. 46, Essen 1974, S. 101 ff.
 - 3) RIEDT, P.v.: Umweltschutz kontra Petrochemie, Widerstand gegen geplante Raffinerie der VEBA-Chemie bei Rheinberg ungebrochen, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Nr. 180, 7.8.1971, S. 7f, und o.V.: Der Protest der Leute von Orsoy und Rheinberg gegen ein neues Chemie-Werk, in: Die Welt, Nr. 212, 13.9.1971, S. 15.

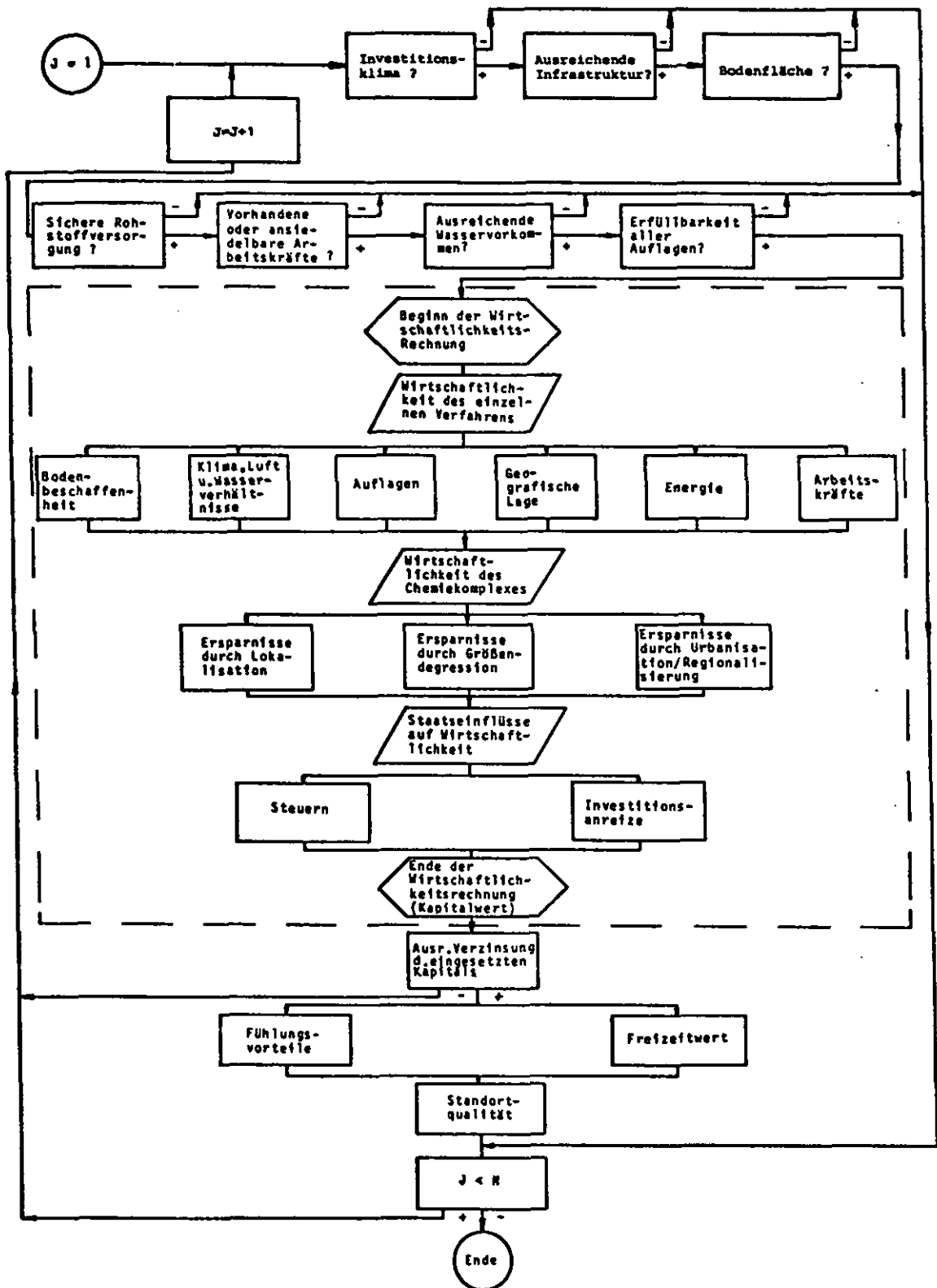


Abb. 40 : Gliederungsschema für Standortplanungen in der Chemischen Industrie

Die zahlreichen Standortanforderungen zeigen, daß ihnen nur wenige Gebiete in Europa genügen können. In einer Modellstudie wurden nach diesen Kriterien insgesamt 120 Standorte untersucht.¹⁾ Davon waren unter den Gegebenheiten des Jahres 1972/73 lediglich 48 wirtschaftlich, in bezug auf ihre Konkurrenzlage zu den gleichen Marktgebieten. In Wirklichkeit existieren innerhalb der sechs alten EG-Staaten ca. 20 Standortregionen in der Größe des Ruhrgebietes (Abb. 41).²⁾

Das Gewicht der Kostenkomponente Energie für die Standortwahl läßt sich anhand der Energiekostenanteile im Vergleich zu anderen ebenfalls vom Standort abhängigen Kostenkomponenten bestimmen. Im Rahmen der Modellstudie eignen sich folgende Kostenanteile:

- Energiekostenanteil an den Gesamt-Herstellungskosten der Produkte von ca. 28 %
- die Arbeitskosten betragen 10 %
- die Materialkosten betragen 26 % und
- die Kapitalkosten 33 %.

Die Kostenanteile beziehen sich auf einen reinen Produktionsbetrieb der Grundchemie, den Verwaltungs-, Vertriebs- oder Forschungs- bzw. Entwicklungsabteilungen, und unterscheiden sich daher von den branchenbezogenen Kostenanteilen in Abschnitt 3.2.1.

Aus dieser relativ ausgeglichenen Kostenstruktur ist zu erkennen, daß auch Standorte mit günstigem Rohstoffbezug oder mit hohen Investitionszuschüssen für die Grundchemie attraktiv sein können.

1) SCHWARZ, H.: Modellstudie, a.a.O., S. 64.

2) Quelle: REINTGES, H. u.a. (Hrsg.): Jahrbuch für Bergbau, Energie, Mineralöl und Chemie, 1976/77, die Mineralölversorgung Europas, Karte S. 564, Essen 1977, und BÖLLHOFF, F.: Die wirtschaftliche Bedeutung der Chemischen Industrie in sektoraler und regionaler Hinsicht, Münster 1968, S. 99.

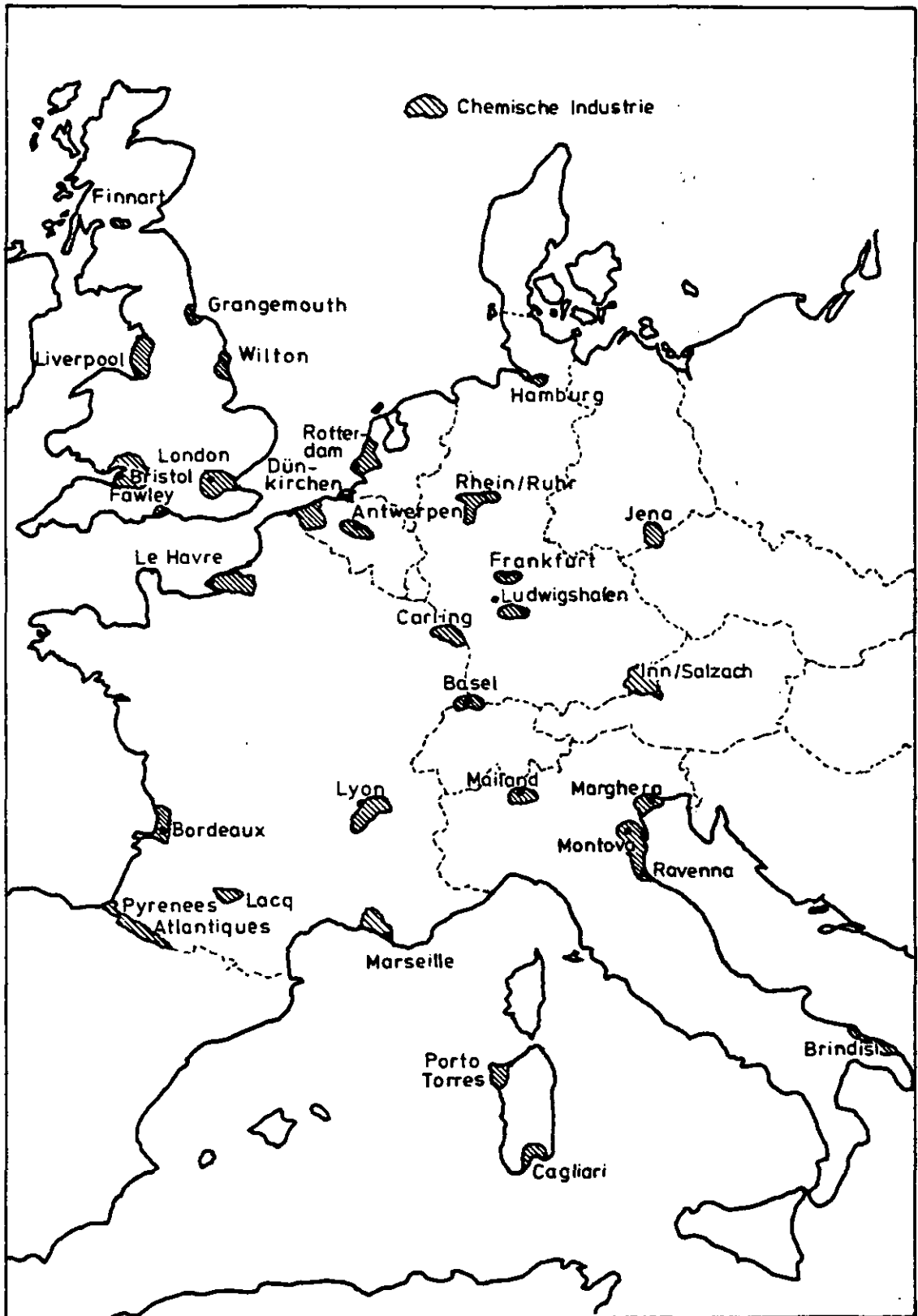


Abb. 41 : Ballungszentren der Chemischen Industrie in den westeuropäischen Ländern

Die Analyse zeigt, daß einerseits Umweltfaktoren und andererseits Wirtschaftlichkeitsaspekte bei der Standortwahl von chemischen Produktionsbetrieben die größte Rolle spielen. Beide Aspekte hängen allerdings voneinander ab: Schadstoffemissionen und sonstige Umweltbeeinträchtigungen können bis zu einem gewissen Grade durch Erhöhung der Investitionen und Betriebskosten reduziert werden, wie es bisher auch geschieht. Für die Länder Europas ist anzunehmen, daß eine annähernd gleiche Umweltpolitik betrieben wird.¹⁾ Sie hat zur Folge, daß die Umweltaspekte nicht mehr standort- und raumdifferenzierend wirken, sondern die Emissionswerte generell gesenkt werden. Hierzu kann die Kernenergie in entscheidendem Maße beitragen.

6.1.3.3 Bewertung des Kernenergieeinsatzes

Die qualitative Analyse läßt erkennen, daß neben einer ausreichenden und preisgünstigen Energieversorgung noch andere Aspekte für die Standortentscheidung chemischer Grundstoffbetriebe von Wichtigkeit sind. Das Gewicht der Energieversorgung gegenüber anderen Kriterien läßt sich bestimmen, wenn der Einfluß der verschiedenen Bestimmungsgründe auf die Zielgröße quantifiziert wird. Die hierzu notwendige Standortanalyse wurde in der oben genannten Modellanalyse durchgeführt.²⁾

Annahmen der Modellstudie

Es wurde die Vorteilhaftigkeit von 120 Standorten in den alten sechs EG-Ländern für die Produktion der wichtigsten chemischen Grund-, Zwischen- und Endprodukte in einem hypothetischen Chemiekomplex im Hinblick auf verschiedene Standortdeterminanten berechnet, wie sie in Abb. 40 aufgeführt wurden. Die sechs ehemaligen EG-Staaten wurden in 120 Planquadrate eingeteilt, die gleichzeitig Standortregionen für die Berechnung waren.

¹⁾ Vgl. OCHEL, W.: Die Industrialisierung der Dritten Welt, insbesondere der OPEC-Länder, und ihre Folgen für die Bundesrepublik Deutschland, in: ifo-Schnelldienst, Nr. 11/12, 30. Jahrgang, April 1977, S. 50.

²⁾ Vgl. SCHWARZ, H.: Modellstudie, a.a.O., S. 163.

Absatzschwerpunkt für die drei Endproduktbereiche Synthesekautschuk, Polymerisate (Kunststoffe), Kondensate (Faser-Vorprodukte) und ausgewählte Grund- und Zwischenprodukte sind für das Modell:¹⁾

in Deutschland:	- Hannover
	- Köln
	- Mannheim
	- Ingolstadt
in Frankreich :	- Paris
	- Lyon
in Italien :	- Mailand
	- Venedig
in den Benelux-	- Rotterdam
Staaten :	- Antwerpen

Die Berechnung der standortspezifischen Wirtschaftlichkeit erfolgte mit Hilfe einer Kapitalwertrechnung für einen Planungszeitraum von 20 Jahren. In die Rechnung gehen regional unterschiedliche Preise und Verbrauchszahlen für die Kostenkomponenten, aber auch regional unterschiedliche Preissteigerungsraten ein.

Um zu zeigen, daß nicht allein der Energiepreis, sondern auch andere regional differierende Kosten- und Ertragskomponenten die Wirtschaftlichkeit eines Chemiebetriebes an ausgewählten Standorten stark beeinflussen kann, wurden die Wirkungen folgender Größen auf den Kapitalwert berechnet:²⁾

¹⁾ Vgl. SCHWARZ, H.: Modellstudie, a.a.O., S. 78 ff.

²⁾ Vgl. SCHWARZ, H.: Modellstudie, a.a.O., S. 148 ff.

- Staatliche Investitionsanreize
- Energiepreis
- Vermögens- und Ertragssteuern
- Arbeitskosten, bestehend aus
Löhne/Gehälter, Arbeitszeit pro Produktionseinheit,
Verhältnis Angestellte zu Arbeiter
- Rohstoffpreis
- Spezifische Frachtsätze der Absatzgüter

Dadurch, daß die Zahlenwerte eines jeden Standortfaktors für alle Regionen gleich gesetzt werden, wurde dessen Einfluß auf die Vorteilhaftigkeit der Standorte sichtbar.

Auswertung des Standortmodells für das Land Nordrhein-Westfalen

Die Datenbasis für das 1973 erstellte und auf Daten von 1970 bis 1973 zurückgehende Modell ist zwar heute nicht mehr ganz so aktuell, doch sind die Aussagen als Folge der Parameterstudien weiterhin brauchbar, da sich die Strukturkomponenten nicht wesentlich geändert haben. Es werden sich weder die betriebsbezogenen Kostenstrukturen, noch die Differenzen in den Werten der Standortvariablen verändert haben.

Für das Land Nordrhein-Westfalen wurden die Standorte Herne und Köln gewählt. Sie stehen in Konkurrenz zu den relevanten nordeuropäischen Küstenstandorten Hamburg, Emden, Rotterdam und Antwerpen, zu einer Vielzahl französischer Standorte und auch den mit hohen Investitions-, Transport- und Produktionsbeihilfen versehenen Chemiestandorten Südtaliens.

Obwohl Nordrhein-Westfalen mit Ausnahme von Strom eher unterdurchschnittliche Energiepreise aufweist, besitzt es bei Berücksichtigung aller Standorteinflußgrößen - gemessen mit dem Wirtschaftlichkeitskriterium - keinen besonderen Standortvorteil.¹⁾

¹⁾ Vgl. auch: SCHULTEN, R. u.a.: Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie zur Deckung des Wärmebedarfs einer hochindustrialisierten Region und die sich daraus ergebenden Strukturänderungen, dargestellt am Beispiel Nordrhein-Westfalens, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2493, Opladen 1975, S. 4- 26.

Um die Verzerrung der betriebswirtschaftlichen Analyse durch staatliche Zuschüsse und Beihilfen zu umgehen, wird bei der folgenden Betrachtung von einem Standortbild ohne staatliche Investitionsanreize ausgegangen. Dann kommen die bekannten von der Chemischen Industrie bisher bevorzugten Standorte in Europa zum Vorschein. Deutlich fallen die norddeutschen, die süditalienischen und die west- und südfranzösischen Standorte (ohne Marseille und Lyon) zurück (vgl. Abb.42 , mit den südlichen Standorten auf der jeweils rechten Bildseite).

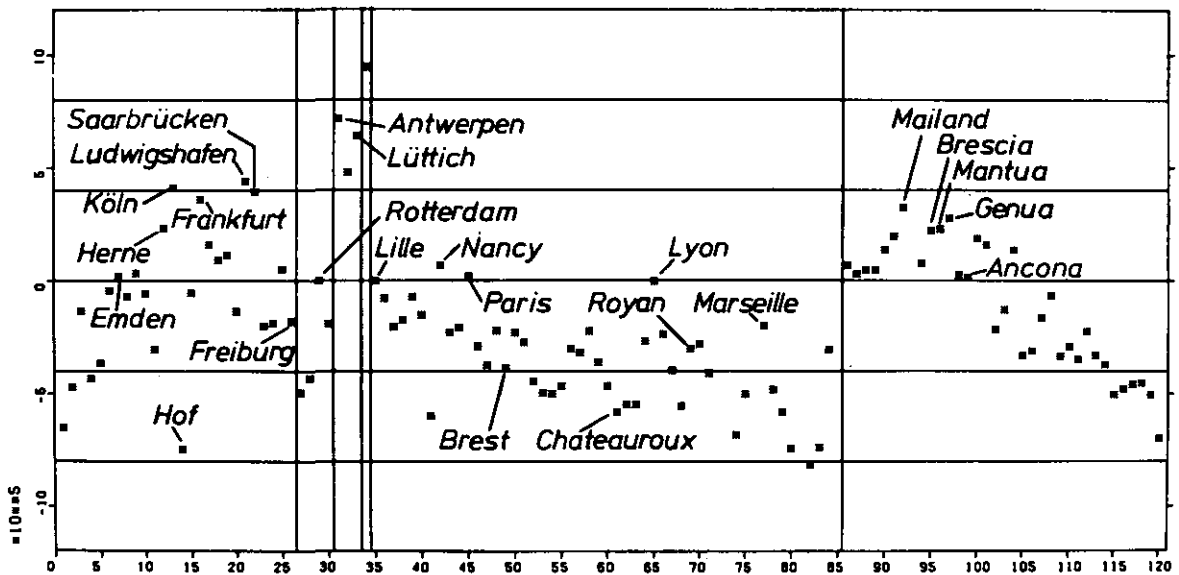


Abb. 42 : Kapitalwerte eines Modellchemiekomplexes an 120 Standorten in der Europäischen Gemeinschaft bei konventioneller Energieversorgung und ohne staatliche Förderungsmaßnahmen (in 10^5 DM)

Die Modellanalyse erlaubt nun im Hinblick auf den Einsatz der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen folgende Aussagen:

1. Aufgrund erheblicher Unterschiede in den Standortbedingungen der europäischen Regionen ist die Energie nicht die wichtigste Standortdeterminante für Anlagenkomplexe der Chemischen Industrie. Unterschiede bei der Gewährung von Ansiedlungshilfen, bei Löhnen und Gehältern (und allen davon abhängigen Folgeausgaben) und in der Steuergesetzgebung können zu größeren Veränderungen der Wirtschaftlichkeitskennziffer an den untersuchten Standorten führen, als die Nivellierung regionaler Energiepreise oder die Veränderung des absoluten Energiepreisniveaus.

2. Die Nivellierung der Energiepreise in den untersuchten Regionen durch Einsatz der Kernenergie gewinnt für die Gebiete an Bedeutung, die anfangs einen hohen Energiepreis hatten. Die Untersuchung geht von höheren Heizölpreisen für Deutschland und damit auch für Nordrhein-Westfalen aus, da das schwere Heizöl hier einer höheren fiskalischen Belastung unterliegt als in anderen Ländern der Gemeinschaft.¹⁾ Im Durchschnitt der Jahre 1960 bis 1972 lag der Marktpreis für schweres Heizöl in Düsseldorf etwa um 20 bis 30 % über den Preisen in anderen EG-Ländern.²⁾

Bei gleichem Energiepreis für Nordrhein-Westfalen wie für die konkurrierenden Regionen erhalten die anderen für die Chemische Industrie bedeutenden Standortfaktoren ein stärkeres Gewicht, nämlich:

- die Nähe zu den Absatzstandorten Hannover, Köln, Mannheim (mit 45 % des gesamten europäischen Bedarfspotentials) und
- die weit höhere Arbeitsproduktivität der Chemischen Industrie des Landes gegenüber der Chemie in anderen Ländern der EG.³⁾

Der Beitrag der Kernenergie für die ökonomische Standortsituation der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalens liegt demnach nicht in einem günstigen Energiepreis, sondern in der Hervorhebung der besonderen Standortqualität des Landes für den Industriezweig. Sie wird umso stärker wirksam, je früher Kernkraftwerke in Nordrhein-Westfalen gebaut werden. Denn dann ist nicht nur mit Preisnivellierungen, sondern mit absoluten Energiepreisvorteilen für den Standort Nordrhein-Westfalen zu rechnen.

1) Vgl.: Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften: Die Entwicklung der Heizölpreise in den neun Ländern der Europäischen Gemeinschaft von 1960 bis 1974, Energie-Statistik, Sonderheft 1974, Nr. 2, Tab. 32, S. 170.

2) Vgl. auch: DOLINSKI, U., und ZIESUNG, H.J.: Sicherheits-Preis- und Umweltaspekte der Energieversorgung, DIW-Sonderheft Nr. 113, Berlin 1976, S. 175.

3) Vgl. SCHULTEN, R. u.a.: Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie ..., a.a.O., S. 4.

6.2 Eisen- und Stahlindustrie

6.2.1 Darstellung der Energieversorgungssituation

Die Eisen- und Stahlindustrie des Landes Nordrhein-Westfalen war 1974 mit 26 Mio t SKE von allen Wirtschaftssektoren der größte Energieverbraucher. Ihr Anteil am Gesamtenergieverbrauch der nordrhein-westfälischen Industrie betrug 34 %.

Der Energiebedarf der Eisen- und Stahlindustrie ist von 1960 bis 1975 um durchschnittlich 2,2 % p.a. gewachsen, innerhalb dieses Zeitraumes ist der Anteil der Kohle von 78 % auf 54 % gesunken, der Anteil der gasförmigen und flüssigen Brennstoffe ist von 18 % auf 40 % angestiegen (vgl. Abb. 43).¹⁾

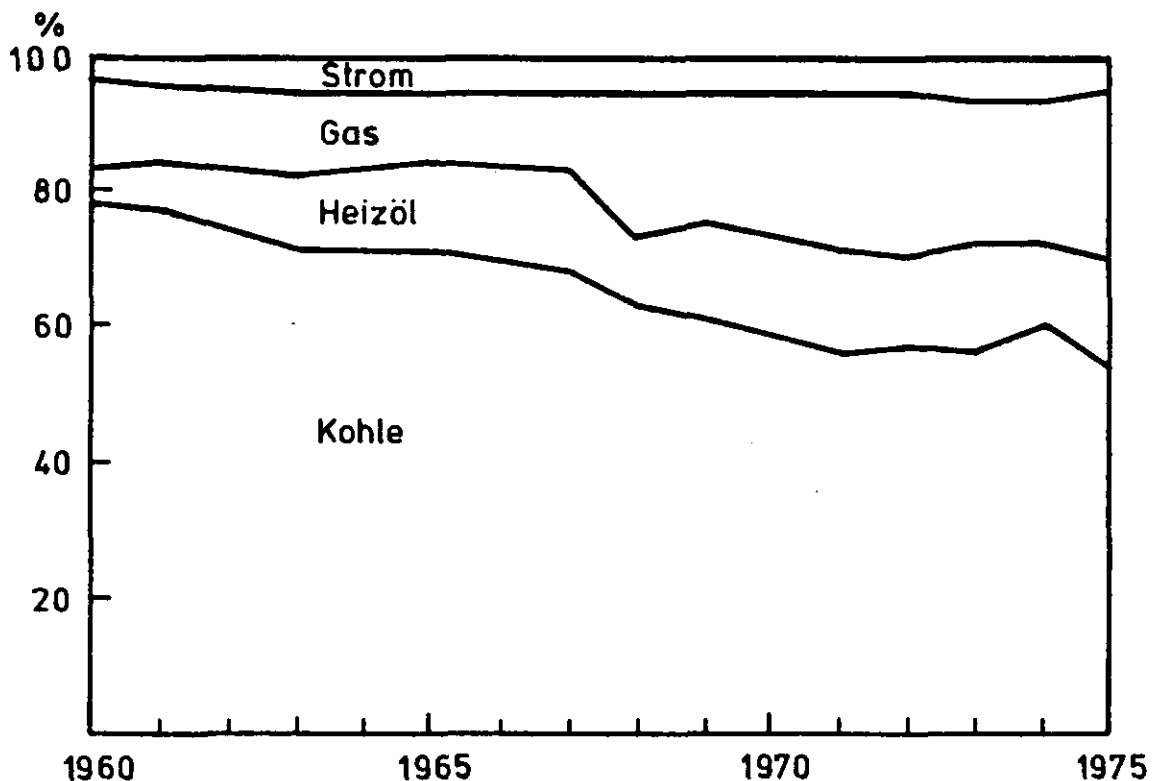


Abb. 43: Strukturanteile des Energieträgereinsatzes in der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-westfalens

¹⁾ Quelle: Statistische Jahrbücher Nordrhein-Westfalen von 1960 - 1976.

Die Ursache des abnehmenden Anteils fester Brennstoffe ist darin zu sehen, daß auch der Bedarf an Koks abgenommen hat, obwohl er neben der energetischen Funktion auch Reduktions- und Stützaufgaben im Hochofen übernimmt. Die festen Brennstoffe sind vorwiegend durch Mineralölprodukte und Gas ersetzt worden.

Zur Abschätzung der Auswirkungen des Kernenergieeinsatzes in der Eisenschaffenden Industrie reicht die Differenzierung nach Endenergeträgern nicht aus. Z.B. kann der Einsatz bewirken, daß bei der Eisen- und Stahlerzeugung das Hochofen/Sauerstoff-Aufblas-Verfahren durch das Direktreduktions/Elektro-Ofen-Verfahren ersetzt wird. Aus diesem Grunde wird im folgenden der Produktionszweig Eisenschaffende Industrie in seine Produktionsstufen weiter aufgegliedert.

Abgrenzung des Sektors Eisenschaffende Industrie

Der in der Energiestatistik ausgewiesene Endenergiebedarf der Eisenschaffenden Industrie umfaßt die Teilsektoren

- Erzaufbereitung (Sintern),
- Roheisenherstellung,
- Stahlerzeugung,
- Warmwalzwerke,
- Schmiedepreß- und Hammerwerke.

Die Sektoren

- Eisen-, Stahl- und Tempergießereien,
- Ziehereien und Kaltwalzwerke und
- Hüttenkokereien

sind gesondert ausgewiesen. Darüberhinaus werden die Gichtgasgutschriften der Hochöfen gesondert in einer Umwandlungsbilanz erfaßt (Abb. 44).¹⁾

¹⁾ Quelle: Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, Düsseldorf 1971.

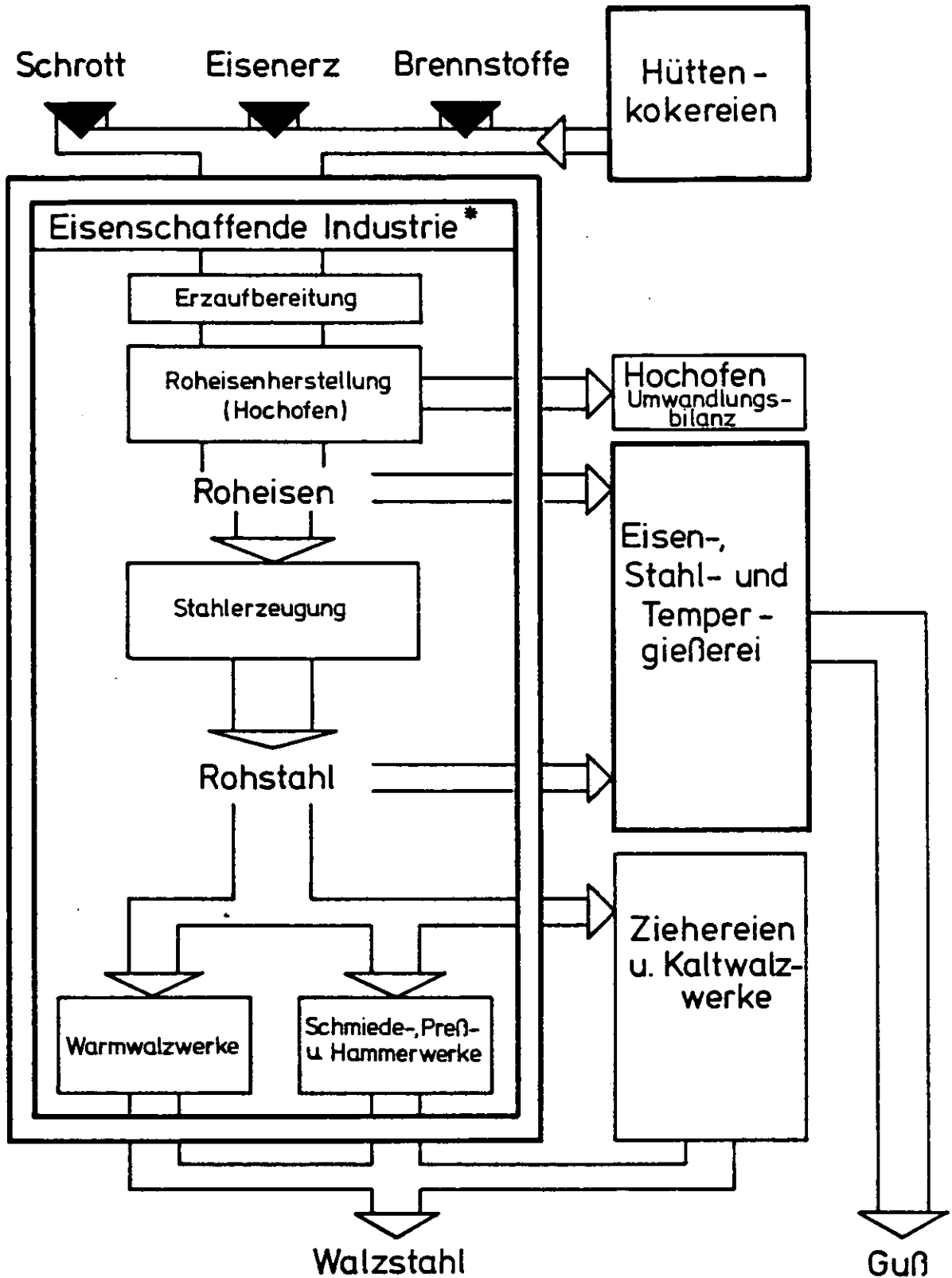


Abb.44 : Übersicht über die wichtigsten Produktionsstufen in der Eisen- und Stahlindustrie und Einordnung in nachgelagerte Produktionsbereiche

Analyse des Energiebedarfs der Teilsektoren

In der Bundesrepublik Deutschland teilt sich der Endenergieeinsatz an festen Brennstoffen, Mineralöl, Gas und Strom in folgender Weise auf die einzelnen Produktionsstufen auf (1975):¹⁾

- Sintern	13 %
- Roheisenerzeugung	60 %
- Stahlerzeugung	8 %
- Walz-, Schmiedepreß- und Hammerwerke	19 %

einschließlich des Energieaufwandes für die Infrastruktur.

Endenergie wird beim Verbraucher umgewandelt in Wärme, mechanische Energie und Licht. Neben diesen Funktionen erfüllen in der Eisenschaffenden Industrie die Energieträger beim Hochofen die Aufgabe

- des Reduktionsmittels,
- des Aufkohlungsmittels zur Senkung des Schmelzpunktes von Roheisen und dient darüberhinaus in der Roheisenerzeugung
- als hochtemperaturfestes Stützgut.

Aus der Quantifizierung dieser Funktionen mit den gegebenen Randbedingungen lassen sich die Substitutionsmöglichkeiten alternativer Energieträger ableiten.

Im folgenden wird für die einzelnen Produktionsstufen in der Eisenschaffenden Industrie die Verteilung der Endenergie auf die Nutzfunktionen Wärme, Erzreduktion und mechanische Energie vorgenommen. Der Lichtanteil liegt dabei in der Größenordnung von 1 % und kann vernachlässigt werden.

¹⁾ entnommen aus: Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie: Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie 1975 und 1976, Düsseldorf 1976; Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Stahl - Eisen - Kalender 1973, Düsseldorf 1973.

Sintern

Strom deckt beim Sinterprozeß überwiegend den Bedarf an mechanischer Energie, während die Festen Brennstoffe und Gase Wärmefunktionen übernehmen. Dabei werden Temperaturen zwischen 1300 und 1400 °C gefordert. 1974 ergab sich ein spezifischer Endenergieeinsatz von 100 kg SKE/t Sinter. Dieser Endenergieeinsatz entfällt zu ca. 96 % auf Wärme auf dem hohen Temperaturniveau und wird in der Bundesrepublik Deutschland zu 85 % mittels fester Brennstoffe gedeckt.

Roheisenerzeugung

Roheisen wird in der Bundesrepublik Deutschland überwiegend mit Hilfe der Hochofentechnologie gewonnen. Der Anteil neuer Verfahren, beispielsweise die Direktreduktion/Eisenschwammtechnologie ist mit einem Anteil von 1,5 % an der Rohstahlerzeugung der Bundesrepublik Deutschland vernachlässigbar klein.¹⁾

Der Endenergieeinsatz zur Eisenerzreduktion liegt in der Größenordnung von 193 kg SKE/t Rohstahl.²⁾ Bezogen auf die Roheisenerzeugung läßt sich bei 0,75 t Roheisen/t Rohstahl ein spezifischer Endenergiebedarf zur Reduktion von 259 kg SKE/t Roheisen ableiten. Für die Produktionswärme mit einem Temperaturniveau von 1000 bis 1300 °C wird die gleiche Menge benötigt, mechanische Energie, Licht und Sonstiges benötigen ca. 10 kg SKE/t Roheisen. Insgesamt beträgt dann der spezifische Energieaufwand ca. 530 kg SKE/t Roheisen.

¹⁾ BOGDANDY, L., von: *Entwicklungstendenzen in der Eisen- und Stahlindustrie, Stahl und Eisen* 92 (1972), Nr. 22, S. 22 f.

²⁾ PÖTTGEN, H.G., BÜHL, E.: *Auswirkungen der Struktur eines Unternehmens auf seine Energiewirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Energieausnutzung, Stahl und Eisen* 95 (1975), Nr. 3, S. 234 f.

Rohstahlerzeugung

Bei der Rohstahlerzeugung gewinnt neben dem Oxygen-Stahl-Verfahren sowie dem Siemens-Martin-Verfahren das Elektrostahl-Verfahren eine wachsende Bedeutung.¹⁾ Beim Elektrostahl-Verfahren erfüllt Strom neben der Kraftfunktion auch Schmelzwärmefunktionen. Der Endenergiebedarf zur Erzeugung von 1 t Rohstahl mit Hilfe des Elektrostahlverfahrens liegt in der Größenordnung von 600 kWh/t Rohstahl.²⁾ Bei einer Produktion von 2,8 Mio t Elektrostahl in Nordrhein-Westfalen (1974) ergibt sich somit ein Stromverbrauch für dieses Verfahren von ca. $210 \cdot 10^3$ t SKE. Der spezifische Endenergieeinsatz bei allen Verfahren beträgt 52,7 kg SKE/t Rohstahl.

Walz-, Schmiedepreß- und Hammerwerke

Bezogen auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland beträgt der spezifische Energieeinsatz 128 kg SKE/t Rohstahl. Dieser spezifische Endenergieeinsatz hat sich von 1960 bis 1975 nur unwesentlich verändert.

Der gesamte Endenergiebedarf der genannten Prozesse für 1974 ist in Tab. 45 aufgeführt. Es zeigt sich, daß der gesamte Energieträgereinsatz der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens von 26 Mio t SKE zu 82 % für diese Prozesse aufgewendet werden muß.

Im folgenden soll erarbeitet werden, welchen Anteil an der Endenergiebedarfsdeckung die Kernenergie übernehmen kann. Dazu muß zuvor auf die relevanten Verfahren der Eisen- und Stahlherstellung eingegangen werden.

1) Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, Düsseldorf 1971, S. 32 f.

2) Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie: Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie 1975, Düsseldorf 1976.

	Spezifischer Energie- verbrauch kg SKE/t	Produktions- menge 1974 10 ⁶ t/a	gesamter Energie- verbrauch 10 ⁶ t SKE
1. <u>Sintern</u>	100		
bei 1,2 t/t Roheisen	120	25,6	3,06
2. <u>Roheisen- erzeugung</u>	530	25,6	13,56
3. <u>Rohstahl- erzeugung</u>	53	34,1	1,81
davon: Elektrostahl:	74	2,8	0,21
4. <u>Walz-/Schmiede-/ Hammerprozeß</u>	128	22,5	2,88
insgesamt:			21,31

Quellen:

Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Gemeinschaftliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, Düsseldorf 1971; Femmer, U.: Systemtechnische Studie zur Projektplanung einer Eisenschwamm-Erzeugungsanlage, Dissertation, Aachen 1973; Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1976

Tab. 45 ; Endenergieverbrauch in den wichtigsten Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens des Jahres 1974

6.2.2 Darstellung alternativer Verfahren der Eisen- und Stahlerzeugung

Konventionelle Verfahren

Das klassische Vorgehen zur Herstellung von Stahl ist folgende Prozeßanordnung:

- Reduktion des aufbereiteten Eisenerzes im Hochofen zu Roheisen,
- Entfernung gelöster Elemente aus dem Roheisen durch Oxydation im Stahlwerk.

Bei den Stahlherstellungsverfahren überwiegt in Nordrhein-Westfalen mit 70 % das Sauerstoff-Aufblas-Verfahren. Ca. 80 % der Rohstahlerzeugung erfolgt mit Hilfe von elektrischer Energie in Lichtbögen oder Induktionsöfen.¹⁾

Als Energieträger und Reduktionsmittel und zur Abstützung des Gemisches aus Erz und Beischlägen im Hochofen dient Koks. Er wird aus geeigneter Kohle (sog. Kokskohle) in Kokereien gewonnen. Da weniger als 10 % der bekannten Weltvorräte an Kohle verkokbar sind und die Kokskohle besonders in Deutschland aus Tiefen bis zu 1000 m gefördert werden muß, ist Koks eine seltene und durch die Abbaubedingungen zusätzlich teure Energieart.

Für das Hochofenverfahren zeigen sich aus diesem und anderen Gründen verschiedene Probleme durch Verwendung von Koks:²⁾

- der hohe und in Zukunft steigende Preis für die deutsche Kokskohle;
- Preisunsicherheit und eventuell Lieferschwierigkeiten bei Importkohle;
- Abhängigkeit der Hütten vom Standort der Kokskohleförderung;
- Umweltbelastungen durch Kokereien und die Hochöfen selbst.

Ein Hauptziel bei der Weiterentwicklung der Hochofentechnik ist es daher, den Kokseinsatz bei der Roheisenerzeugung, der neben dem Erzeinsatz den Hauptkostenfaktor darstellt, zu senken. Eine Substitution des Kokses, z.B. durch Einblasen von Öl, ist nur begrenzt möglich, da der Koksverbrauch sich heute den theoretisch errechneten Optimalwerten nähert.³⁾ Die Entwicklung führt zu immer größeren Hochofeneinheiten, Verbesserung der Möllervorbereitung und des Hochofenverfahrens.⁴⁾

¹⁾ Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1976.

²⁾ Vgl. RUMBERGER, M., und WETTIG, E.: Bedingungen für Angebot und Nachfrage nach Kokskohle in der Welt bis 1985, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Beiträge zur Strukturforchung, Heft 44, Berlin 1977, S. 59, und: KERSTAN, F.: Weltstahlindustrie zieht Bilanz - Energiesituation zwingt zu neuen Überlegungen, in: Glückauf, 111, 1975, Nr. 5, S. 247 ff.

³⁾ Vgl. BOGDANDY, L., von: Entwicklungstendenzen in der Eisen- und Stahlindustrie, in: Stahl und Eisen, 92, 1972, Nr. 22, S. 1069 ff.

⁴⁾ Vgl. MANTHEY, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-1180 RG, Jülich, März 1975, S. 13 ff.

Die hier erwähnten und vor allem die heute bereits großtechnisch angewandten Maßnahmen zum wirtschaftlichen Betrieb des Hochofens können zwar Kostenverbesserungen, doch keine grundsätzliche Änderung der Kostenstruktur bringen. Der Energiekostenanteil bei der Roheisenerzeugung im Hochofen bleibt bei einer Senkung des spezifischen Koksverbrauches auf unter 500 kg Koks/t Roheisen sehr hoch. Dies liegt an dem sehr teuren verwendeten Koks und an dem relativ hohen Energieverbrauch des Hochofens (etwa 4 - 4,5 Gcal/t Roheisen). Eine Möglichkeit zur Verringerung des hohen Energieverbrauchs bieten Direktreduktionsverfahren, die einen Einsatz von Erdgas oder mit Kernwärme erzeugte Synthesegase ermöglichen.

Verfahren der Eisenschwammerzeugung (Direktreduktion)¹⁾

Die Direktreduktion ist ein Sammelbegriff für Verhüttungsverfahren, die nicht an den Koks gebunden sind und bei denen die Erzreduktion "außerhalb des Hochofens" stattfinden. Die Reduktion erfolgt ausschließlich im festen Zustand, so daß das Produkt, der Eisenschwamm, ebenfalls in fester Form und in etwa gleicher äußerer Gestalt anfällt wie das eingesetzte Eisenerz. Die Weiterverarbeitung des Eisenschwamms zu Stahl erfolgt in erster Linie in Elektrolichtbögen, in denen der Einschmelzvorgang und die Trennung von der Gangart erfolgt.

Nach dem Aggregatzustand des Reduktionsmittels unterscheidet man folgende Verfahren der Direktreduktion:

¹⁾ Vgl. zur Direktreduktion z.B.: KALLA, U.; LANGE, Ch.; PANTKE, H.D.: Die Verfahren der Direktreduktion unter Berücksichtigung ihrer Erzversorgung, in: Stahl und Eisen 91, 1971, Nr. 14, S. 809 ff; PANTKE, H.D.; POHL, U.: Purofer - technische Anwendung der Direktreduktion, in: Stahl und Eisen, 93, 1973, Nr. 5, S. 184 ff; KUGELER, M.: Verfahren zur Direktreduktion von Eisenerz und möglicher Einsatz der Kernenergie, Interner Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, IRE-70-21, Jülich 1970; BOGDANDY, L., von; ENGELL, H.J.: Die Reduktion des Eisenerzes, Düsseldorf 1967; BOGDANDY, L., von; FÖRSTER, E.: Direktreduktion von Eisenerzen, in: Entwicklungslinien der Energietechnik, VDI-Bericht Nr. 236, Düsseldorf 1975, S. 193.

a) Verfahren mit festen Reduktionsmitteln

Hierbei wird z.B. Braunkohle zusammen mit dem vorbereiteten Eisenerz in einem Drehrohr so lange erhitzt, daß die stark wasserstoff- und kohlenmonoxidhaltigen Kohlegase den Sauerstoff des Eisenerzes binden und so eine Reduktion bewerkstelligen. Der Energiebedarf entsteht hier hauptsächlich bei der Aufheizung des Drehrohrofens.

b) Verfahren mit gasförmigen Reduktionsmitteln

Hier wird das vorbereitete Eisenerz mit Hilfe von vorgewärmtem Wasserstoff (H_2) Synthesegas ($H_2 + CO$) oder Methan (CH_4) in einem Reduktionsofen zu Eisen reduziert. Der Energiebedarf entsteht dabei:¹⁾

1. bei der Umwandlung von fossilen Rohstoffen (Heizöl, Erdgas, Kohle) in das Reduktionsmittel. Bei Wasserstoff z.B. muß 0,86 Gcal/t Eisenschwamm aufgebracht werden;
2. zum Aufheizen des Gases vor dem Reduktionsprozeß auf 900 °C (Aufwand 0,2 Gcal/t Eisenschwamm);
3. zum Aufheizen des Eisenerzes mit 0,24 Gcal/t Eisenschwamm;
4. zur Deckung der Reaktionswärme für die vollständige Reduktion des Erzes.

Die Technologie der Direktreduktion nach den verschiedenen Verfahren befindet sich zur Zeit im Stadium des Übergangs von Versuchs- zu Produktionsanlagen. Im Jahre 1971 beliefen sich die Direktreduktionskapazitäten in der Welt auf etwa 10 Mio t Eisenschwamm pro Jahr. Das entspricht knapp 1 % der Roheisenproduktion. Wegen der weltweiten starken Aktivitäten auf diesem Gebiet ist mit einer raschen Zunahme der Direktreduktionsverfahren zu rechnen. Nach verschiedenen Schätzungen sollen 1980 40 Mio t und 1985 50 bis 60 Mio t Direktreduktionskapazität installiert sein.²⁾

¹⁾ Vgl. die Berechnungen bei Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, a.a.O., S.31 f und: Femmer, U.: Systemtechnische Studie zur Projektplanung einer Eisenschwamm-Erzeugungsanlage, Dissertation Aachen 1973, S. 142 f

²⁾ Vgl. Rumberger, M. und Wettig, E.: Bedingungen für Angebot und Nachfrage nach Kokskohle in der Welt bis 1985, a.a.O., S. 30 f

In Deutschland werden in Oberhausen Forschungsarbeiten an einer Direktreduktionsanlage nach dem Purofer-Verfahren durchgeführt. Nach einem anderen Verfahren, dem Midrex-Verfahren, läuft in Hamburg bereits seit 1972 die erste großtechnische Direktreduktionsanlage Europas, die jährlich ca. 0,4 Mio t Eisenschwamm erzeugt.¹⁾

6.2.3 Übersicht über die Einsatzbereiche der Kernenergie

Leichtwasserreaktoren können der Eisen- und Stahlindustrie als Stromerzeugungsanlagen vollständig oder teilweise zur Deckung des Strombedarfs dienen. Da die wichtigsten Reaktionsprozesse auf hohen Temperaturen ablaufen, ist ein Einsatz des Leichtwasserreaktors zur Prozeßwärmelieferung in diesem Wirtschaftszweig nicht geeignet.

Für den Hochtemperaturreaktor ergeben sich dagegen in der Eisen- und Stahlindustrie verschiedene Einsatzmöglichkeiten:²⁾

- a) Herstellung des in den Hochofen- und Direktreduktionsverfahren notwendigen Reduktionsgases mittels hochtemperaturiger Wärme.
- b) Bereitstellung von Strom zur Elektrostahlerzeugung, die sich besonders für den in der Direktreduktion anfallenden Eisenschwamm eignet.
- c) Deckung eines Teils der Reaktionswärme und der Wärme zur Aufheizung des Reduktionsgases und des Eisenerzes bei der Direktreduktion. Hierzu ist die Integration des Hochtemperaturreaktors in ein Eisen-Hüttenwerk notwendig.

¹⁾ Vgl. Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Stahleisen-Kalender 1974, Düsseldorf 1975, S. 157 f

²⁾ Wenzel, W.: Verwendung der Kernenergie für hüttentechnische und chemische Prozesse, in: Technische Mitteilungen, 62. Jahrgang (1969) Nr. 12; Kugeler, M.: Verfahren zur Direktreduktion von Eisenerz und möglicher Einsatz der Kernenergie, Interner Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, IRE-70-21, Jülich 1971; Ermisch, K. u.a.: Systemanalyse und Wirtschaftlichkeitsaspekte einer Verbundanlage mit Hochtemperaturreaktor zur Stahlerzeugung, Sonderdruck aus: Kerntechnik, 15. Jahrgang (1973) Nr. 1-3

Die Änderung der Energieversorgungs-Struktur bei alternativen Verfahren der Eisen- und Stahlerzeugung zeigt Tab.46 .¹⁾

	Hochofen ¹⁾ LD-Verfahren		Direktreduktion/ Elektroofen		Direktreduktion/ Klöckner-Verfahren	
	Gcal/t	%	Gcal/t	%	Gcal/t	%
Primärenergieverbrauch	3,64	100	4,14	100	3,44	100
davon fossil	3,27	85	1,43	35	1,65	48
davon Nuklearenergie						
a) elektrische Energie	0,27	7	1,79	43	0,69	20
b) Prozeßwärme	0,30	8	0,92	22	1,10	32
Anfallendes Gichtgas	0,84					
Anfallender Dampf	0,21					

¹⁾ Einsatz 80 % Eisenschwamm bzw. Roheisen, 20 % Schrott und Zusätze, Schrott energiemäßig nicht bewertet

Tab. 46 : Primärenergiebedarf verschiedener Verfahren der Eisen- und Stahlerzeugung und Substitutionsmöglichkeiten durch die Kernenergie

Während die Kernenergie bei den konventionellen Verfahren nur zu 15 % zur Energiebedarfsdeckung beitragen kann, ist bei den Direktreduktionsverfahren ein Beitrag bis zu 65 % möglich. Bei Integration des Hochtemperaturreaktors in ein Eisen-Hüttenwerk könnten annähernd 100 % des Energiebedarfs nuklear gedeckt werden.

Da sich diese Integration nur unter Bedingungen ermöglichen läßt, die gegenwärtig in deutschen Hüttenwerken nicht erfüllt sind,²⁾ wird im folgenden die direkte Kopplung des Hochtemperaturreaktors an eine Direktreduktions/Elektroofen-Anlage nicht betrachtet. Es wird davon ausgegangen, daß der bzw. die Reaktoren an

¹⁾ erarbeitet aufgrund von Unterlagen aus: MANTHEY, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, a.a.O., S. 31 f, und FEMMER, U.: Systemtechnische Studie zur Projektplanung einer Eisenschwamm-Erzeugungsanlage, a.a.O., S. 142 f; Bergbau Forschung GmbH, Fichtner Beratende Ingenieure GmbH: Technologien zur Einsparung von Energie, Teil II, 2.1.2: Energieanwendung in der Eisenhüttenindustrie, a.a.O., S.155.

²⁾ Vgl. MANTHEY, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, a.a.O., S. 4 f.

einem für die Reduktionsgaserzeugung günstigen Standort stehen und das Gas über ein Leitungsnetz in das Hüttenwerk geliefert wird. Der vom Hochtemperaturreaktor gleichzeitig erzeugte Strom kann über das Verbundnetz zur Deckung des Strombedarfs dienen.

Die Einführung der Eisenschwamm- bzw. Direktreduktions-Technologie in Deutschland hängt entscheidend davon ab, ob das Reduktionsgas in genügend großen Mengen und kostengünstig angeboten werden kann, und ob die Stromerzeugungskosten eine konkurrenzfähige Elektrostahlerzeugung im Inland erlaubt. Die Kosten für die Reduktionsmittel z.B. belaufen sich gegenwärtig auf 25 bis 30 % der Gesamtherstellungskosten für Eisenschwamm. Bei der Stahlerzeugung aus Direktreduktion/Elektroofen dominieren die Einschmelzkosten.¹⁾

Die Deckung des Bedarfs an Strom für die Elektrostahlherstellung und für den gesamten Bedarf an mechanischer Energie der Eisen- und Stahlindustrie kann mittels Leichtwasser- oder Hochtemperaturreaktoren erfolgen. Die Eisen- und Stahlindustrie hat ähnlich wie die Chemische Industrie einen hohen Anteil an eigenerzeugtem Strom am gesamten Stromverbrauch. Er liegt je nach Jahr zwischen 50 und 70 % des Verbrauchs. Da ungefähr 10 % des eigenerzeugten Stromes an das öffentliche Netz abgegeben wird, kann von einem durchschnittlichen Eigenerzeugungsanteil von 50 % ausgegangen werden.²⁾ Die Eigenerzeugung von Strom erfolgt zu 70 % in Gaskraftwerken zur Ausnutzung des im Hochofenprozeß anfallenden Gichtgases. Aufgrund des geringen Bedarfs an niedertemperaturiger Wärme gibt es auch kaum Wärme/Kraft-Anlagen, wie aus dem

¹⁾ Vgl. Theiler, R.W.: Vergleich der Stahlerzeugung in Sauer- und Elektrostahlwerken bei Wirtschaftlichkeitsermittlung auf der Grundlage abgeschätzter Herstellkosten für Eisenschwamm in Drehöfen, Diss. Aachen 1973, S. 95 f

²⁾ Bergbau Forschung GmbH, Fichtner Beratende Ingenieure GmbH, u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Teil II, 2.1.2: Energieanwendung Eisenhüttenindustrie, Essen-Stuttgart-Jülich 1976, S. 150 f

geringen Anteil an Gegendruck-Dampfturbinen von 8 % hervorgeht.¹⁾
Die Errichtung nuklearer Kraftwerke zur Eigenversorgung von Betrieben der Eisen- und Stahlindustrie wird demnach nicht weiter betrachtet.

Als weiterer wesentlicher Einsatzbereich der Kernenergienutzung für die Eisen- und Stahlindustrie kann die Erzeugung von synthetischem Naturgas mittels nuklearer Wärme und der Einsatz dieses Gases zur Wärmebedarfsdeckung angesehen werden. Die Substitutionsmöglichkeiten von Heizöl werden wegen des geringen Anteils des Mineralöls am Endenergiebedarf von 16 % nicht betrachtet.

6.2.4 Ableitung des Einsatzpotentials und der Kosteneinsparung

6.2.4.1 Bereitstellung von Reduktionsgas

Einsatzpotential

Zur Abschätzung des Hochtemperaturreaktor-Einsatzpotentials wird vom Reduktionsbedarf zur Eisenschwammerzeugung ausgegangen. Die Bestimmung der möglichen Eisenschwammerzeugung im Jahre 2000 setzt eine Prognose des Stahlbedarfs und eine Abschätzung der Stahl- und Roheisenproduktion in der Bundesrepublik Deutschland und in Nordrhein-Westfalen voraus.

Über die Bedarfsentwicklung von Stahl und die Produktion von Stahl und Roheisen in der Bundesrepublik Deutschland liegen verschiedene Abschätzungen vor, die dieser Arbeit zugrunde gelegt

¹⁾ Vgl.: Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft, Tätigkeitsbericht 1975/76, Essen 1976, Tafel 85, S. 83

werden.¹⁾ Der Anteil der Stahl- und Eisenproduktion von Nordrhein-Westfalen läßt sich den Schätzungen über die Nettoproduktionsentwicklung der Eisenschaffenden Industrie in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland entnehmen.²⁾ Korrelationsrechnungen haben nämlich gezeigt, daß der Index der Nettoproduktionsentwicklung mit dem Index der Stahlerzeugung hoch korreliert ist.³⁾

Die voraussichtliche Entwicklung der Stahl- und Eisenerzeugung in Nordrhein-Westfalen und der mögliche Anteil der Direktreduktion wird in Tab.47 aufgezeigt. Die dort eingetragenen Werte kommen wie folgt zustande:

Die unteren Werte (Min.) gehen für die nächsten fünf Jahre von einer jährlichen Steigerung der Stahlproduktion von 1,5 % aus. Die Steigerungsrate fällt bis zum Jahre 2000 auf 0,9 % p.a. Die oberen Werte (Max.) ergeben sich aus einer Extrapolation der Entwicklung der Jahre 1950 bis 1975. Sie führt zu einer Stahlerzeugung im Jahre 2000 von ca. 85 Mio t/a. Dabei fällt die jährliche Steigerungsrate von ca. 6 % p.a. (1950 bis 1960) und von ca. 4 % p.a. (1960 bis 1970) auf 2,1 % p.a. (1975 bis 2000).

1) Vgl. Bergbau Forschung GmbH, Fichtner Beratende Ingenieure GmbH, u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Teil II, 2.1.2: Energieanwendung Eisenhüttenindustrie, Essen-Stuttgart-Jülich 1976, Abb. 8 und 9, S. 19, und: Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 1180, Jülich, März 1975, S. 45

2) Vgl. Prognos AG: prognos report Nr. 7: Die Bundesrepublik Deutschland 1980/85/90, Basel 1976, und Prognos AG: prognos euroreport 1977, future trends in Western Europe and USA, Band/Switzerland, November 1976

3) Vgl. Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung: Die Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland - Untersuchung mit Hilfe eines dynamischen Simulationsmodells, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbereitung, Band II, Abb. A2-7, S. 33

Der Anteil der Rohstahlerzeugung für Nordrhein-Westfalen ergibt sich aus den differierenden Zuwachsraten für die Nettoproduktion der Eisenschaffenden Industrie in der Bundesrepublik Deutschland und Nordrhein-Westfalen. Während für das Bundesgebiet mit einer Wachstumsrate für die Zeit von 1975 bis 2000 mit 2 % p.a. gerechnet wird, beläuft sich die Wachstumsrate in Nordrhein-Westfalen auf 0,7 % p.a. Dieser Abstand von regionaler zu nationaler Wachstumsrate führt dazu, daß, ausgehend von einem Anteil von 65 %, im Jahre 2000 in Nordrhein-Westfalen weniger als 50 % der Stahlerzeugungskapazität der Bundesrepublik Deutschland installiert sein werden.

Über den Anteil des durch Direktreduktion erzeugten Stahls der Bundesrepublik Deutschland gibt es unterschiedliche Aussagen. In Bergbau Forschung/Fichtner¹⁾ wird erwartet, daß der Anteil des durch Direktreduktion erzeugten Rohstahls nicht über 5 bis 6 % steigen wird, da die wirtschaftlichen Voraussetzungen dafür in der Bundesrepublik Deutschland als nicht günstig angesehen werden. Nach Kalla²⁾ könnten bei genügend günstigen Reduktionsmittelpreisen in den 90er Jahren in Deutschland eine Erzeugung von Stahl aus Eisenschwamm in der Größenordnung von 10 % der Gesamtrohstahlerzeugung möglich sein. Da der Anteil von Nordrhein-Westfalen nicht bekannt ist, wird von einem gleichen Anteil wie für die Bundesrepublik Deutschland ausgegangen. Die genannten 5 bzw. 10 % können dann als untere bzw. obere Grenze der Stahlerzeugung aus in Nordrhein-Westfalen erzeugtem Eisenschwamm für das Jahr 2000 angenommen werden.

1) Vgl. Bergbau Forschung GmbH und Fichtner Beratende Ingenieure GmbH u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Teil II, 2.1.2: Energieanwendung Eisenhüttenindustrie, a.a.O., S. 20ff

2) Kalla, U., Lange, G.H., Pantke, H.D.: Die Verfahren der Direktreduktion unter Berücksichtigung ihrer Erzversorgung, Stahl und Eisen 91 (1971) Nr. 14, S. 810

Die Roheisenerzeugung für Nordrhein-Westfalen wurde angeführt, um einen Vergleich zur Eisenerzeugung aus Direktreduktion vornehmen zu können. Während bei Eisenschwamm und Stahlerzeugung aus Eisenschwamm ein Produktionsverhältnis von 1:1 angenommen werden kann, unterscheidet sich die Roheisen- von der Stahlerzeugung aus verschiedenen Gründen: einerseits ist Roheisen nicht der einzige Ausgangsstoff für Rohstahl (pro t Stahl werden 700 kg Roheisen und 415 kg Schrott verwendet), andererseits dient Roheisen nicht nur zur Produktion von Stahl- sondern auch von Gießereierzeugnissen. In Nordrhein-Westfalen betrug das Verhältnis Rohstahl zu Roheisenherstellung in der Vergangenheit ca. 70 %. ¹⁾ Dieser Prozentsatz wird für die weitere Rechnung beibehalten.

Unter Verwendung der für die Reduktionsgaserzeugung benötigten Energiemengen lassen sich fiktive Kernkraftwerkskapazitäten errechnen, wie es in der Tab. 48 geschehen ist.

¹⁾ Vgl. Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1976, Reihe XII, Industrie und Handwerk, Energiewirtschaft, Tab. Nr. 8, S. 330

Jahr	Direktreduktion in NRW 10^6 t/a		Reduktionsgas- (H ₂ +CO) -Bedarf 10^9 Nm ³ /a		benötigte Energienmenge 10^6 tSKE/a		Kernkraftwerks- kapazität 10^3	
	5%/Min.	10%Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
1970								
1975	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
1980	0,3	0,8	0,3	0,8	0,1	0,3	0,1	0,4
1985	0,3	1,6	0,3	1,6	0,1	0,5	0,1	0,7
1990	0,7	2,4	0,7	2,4	0,2	0,8	0,3	1,2
1995	1,3	3,2	1,3	3,2	0,4	1,1	0,6	1,5
2000	1,7	4,2	1,7	4,2	0,6	1,4	0,8	2,0
Quelle/ Bemerkung	Tab. 47		1000 Nm ³ /t Eisenschwamm a)		330 kgSKE/m ³ H ₂ -CO b)		277 Nm ³ /h pro MW, 6500 h/a (b)	

- a) Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-1180, Jülich, März 1975
- b) Jüntgen, H.: Herstellung gasförmiger Energieträger aus fossilen Brennstoffen, in: VDI-Berichte, Nr. 224, S. 13 - 23

Tab. 48: Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Bereitstellung von Reduktionsgas für die Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens

Kosteneinsparung

Die gesamte Einsparung an Energiekosten in der Eisen- und Stahlindustrie durch die Kernenergienutzung errechnet sich aus dem Substitutionspotential fossiler Brennstoffe durch Kernenergie und den spezifischen Einsparungen, die in den einzelnen Einsatzbereichen erzielbar sind. Die Kosten der Energiebereitstellung aus Kernspaltstoffen werden den langfristigen Grenzkosten zur Energiebereitstellung aus im Inland verfügbaren fossilen Brennstoffen insbesondere der Steinkohle gegenübergestellt.

Die Selbstkosten der Rohstahlerzeugung werden im wesentlichen von den Größen bestimmt:¹⁾

a) beim Hochofen/LD-Verfahren:

- dem Kokspreis

Die Kokskosten betragen ca. 28 % der Stahlerzeugungskosten, die Energiekosten insgesamt 33 %.

b) beim Direktreduktions/E-Ofen-Verfahren:

- dem Preis des Reduktionsgases
- dem Preis für die Elektrizität.

Der Anteil der Reduktionskosten an den Eisenschwamm-Erzeugungskosten beträgt zwischen 25 und 30 %.

An den gesamten Stahlerzeugungskosten beträgt ihr Anteil 18 bis 20 %. Die Stromkosten haben an den Verarbeitungskosten von Eisenschwamm einen Anteil von ca. 40 bis 50 % und an den gesamten Stahlerzeugungskosten ca. 10 bis 15 %.

Nach früheren Berechnungen der Selbstkosten von flüssigem Rohstahl für die alternativen Verfahren ist der Stahl aus der Hochofen/LD-Route bei den heute möglichen optimalen Betriebsgrößen billiger als Stahl aus der Direktreduktion/E-Ofen-Route (Tab. 49 ,

¹⁾ Die %-Zahlen entstammen: Femmer, U.: Systemtechnische Studie zur Projektplanung einer Eisenschwamm-Erzeugungsanlage, Diss. TH-Aachen 1973, Tab. 25, S. 105, und Bergbau Forschung GmbH, Fichtner Beratende Ingenieure GmbH, u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Teil II 2.1.2: Energieanwendung Eisenhüttenindustrie, a.a.O., Tab. 14, S. 157

	I.		II.		III.	
	Hochofen/ LD- Verfahren	Direkt- reduktion/ Elektro-Ofen	Hochofen/ LD- Verfahren	Direkt- reduktion/ Elektro-Ofen	Hochofen/ LD- Verfahren	Direkt- reduktion/ Elektro-Ofen
	6 Mio t/a	6 Mio t/a	3,5Mio t/a	0,8 Mio t/a	1 Mio t/a	1 Mio t/a
Selbstkosten DM/t	230,-	239,-	310,-	325,-	320,-	307,-
- Kokspreis DM/t	135,-				200,-	
- Ölpreis DM/t	100,-				200,-	
- Schrottpreis DM/t						
- H ₂ -Preis Pfg/Nm ³		4,2		220,- ca. 3,0		220,- 6,0 ^{+) +)}
- Erdgaspreis DM/Gcal				7,7		
- anlegbarer Preis für H ₂ Pfg/Nm ³		2,8				7,3
Bemerkung:	Preisbasis: Juni 1973		Preisbasis: Juni 1974		Preisbasis: Ende 1973	
Quelle:	a)		a)		b)	

+¹) nuklear erzeugt

a) Bergbau Forschung GmbH, Fichtner, A., u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Essen-Stuttgert-Jülich, 1976, Teil II, 2.1.2: Energieanwendung Eisenhüttenindustrie, S. 153 ff

b) Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturen in der Eisen- und Stahlindustrie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 1180, März 1975, S. 56/57

Tab.49 : Selbstkosten je t flüssigem Rohstahl bei alternativen Verfahren

Berechnung I und II). Bei Verwendung nuklearer Wärme zur Wasserstoffherstellung ist das Direktreduktionsverfahren kostengünstiger (Berechnung III), wobei der Unterschied bei den Stahlerzeugungskosten 4 % ausmacht.

Nach diesen Rechnungen sind die Rohstahl-Erzeugungskosten bei beiden Verfahren annähernd gleich. Die angegebenen Kosten-Strukturateile von Koks bei den konventionellen Verfahren und von Reduktionsgas und Strom bei den Direktreduktions-Verfahren zeigen jedoch die höhere Sensibilität des konventionell erzeugten Stahls auf Preisänderungen von Energieträgern, die durch die Kernenergie nicht unmittelbar substituierbar bzw. beeinflussbar sind.

Betrachtet man die wechselseitige Abhängigkeit der Preise für Koks und Reduktionsgas bei gleichen Rohstahlkosten, so zeigt die Berechnung III (Preisbasis Ende 1973), daß der anlegbare Preis für das Reduktionsmittel Wasserstoff mit $7,3 \text{ Pfg/Nm}^3$ von dem mit Hilfe nuklearer Methanspaltung erreichbaren Wasserstoffpreis von ca. 6 Pfg/Nm^3 unterschritten wird.¹⁾ Anlegbare Preise in der Höhe von 9 Pfg/Nm^3 ergeben sich, wenn man von verbesserten Produktionsbedingungen bei der Direktreduktion und beim Einschmelzen von Eisenschwamm ausgeht.²⁾

Aufgrund der bis 1976 angestiegenen Preise für Koks, Strom und Anlagegüter sind die absoluten Preise heute nicht mehr repräsentativ. Es kann aber davon ausgegangen werden, daß die Relationen zwischen anlegbaren Wasserstoff-Preisen und den Kosten der nuklearen Wasserstoffherzeugung erhalten bleiben. Darauf weisen die für 1976 errechneten Wasserstoffherzeugungskosten von $8,6 \text{ Pfg/Nm}^3$ hin, die mittels nuklearer Wasserdampfvergasung von Braunkohle erreicht werden können.³⁾

¹⁾ Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 1180, Jülich, März 1975, S. 57

²⁾ Vgl. Bergbau Forschung GmbH, Fichtner Beratende Ingenieure GmbH, a.a.O., Teil II, 2.1.2: Energieanwendung Eisenhüttenindustrie, a.a.O., S. 158

³⁾ Vgl. Bergbau Forschung GmbH, u.a.: PNP-Projekt Nukleare Prozeßwärme, Statusbericht zum Ende der Konzeptphase vom 1.8.1975 bis 30.11.1976, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie zur nuklearen Kohlevergasung, Jülich, Dezember 1976, S. 43/44

Für die folgende Rechnung soll mit alternativen Unterschieden zwischen den anlegbaren Wasserstoffpreisen und den Kosten für die Wasserstofferzeugung mittels nuklearer Wärme von 3,0 und 6,0 Pfg/Nm³ gerechnet werden. Die bei den angegebenen Direktreduktions-Potentialen möglichen Energiekosten-Einsparungen zeigt die Tab.50 .

	Stahlerzeugung Direktreduktion/ Elektro-Ofen 10 ⁶ t/a		Reduktionsgas- bedarf 10 ⁹ Nm ³ /a		Einsparung 10 ⁶ DM/a			
					bei 3 Pfg/Nm ³		bei 6 Pfg/Nm ³	
	2000	1973	2000	1973	2000	1973	2000	1973
5 %/Min.	1,7	0,3	1,7	0,3	51	9	102	18
10 %/Max.	4,2	0,6	4,3	0,6	126	18	252	36
Bemerkung			1000 Nm ³ /t Eisenschwamm					
Quelle	Tab. 47							

Tab.50 : Einsparung von Energiekosten durch Verwendung nuklearer Prozeßwärme zur Reduktionsgaserzeugung

6.2.4.2 Deckung des Strombedarfs

Einsatzpotential

Die Entwicklung des Strombedarfs der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens wurde in Tab.51 abgeschätzt. Es soll ausserdem der Anteil ermittelt werden, der durch die Verwendung von Kernspaltstoffen gedeckt werden kann.

Da die Eisen- und Stahlindustrie ihren Strombedarf zu einem hohen Anteil aus Eigenanlagen deckt, errechnet sich das Substitutionspotential aus dem Anteil des Strombedarfs, der durch den Strombezug aus dem öffentlichen Netz gedeckt wird. Für diesen

Jahr	Nettoproduktion		spez. Strombedarf				Strombedarf		
	Index	absolut	Index		absolut		(1)	(2)	Mittel
	%	10 ⁹ DM	(1)	(2)	(1)	(2)	10 ⁹ kWh	10 ⁹ kWh	10 ⁹ kWh
1970	100	8,6							
1975	121	10,4	100	100	1,2 ⁺	1,2 ⁺	12,5	12,5	12,5
1980	124	10,7	102	120	1,2	1,4	12,8	15,0	13,9
1985	129	11,1	104	130	1,2	1,6	13,3	17,8	15,6
1990	134	11,5	104	140	1,3	1,7	15,0	19,6	17,3
1995	139	11,9	108	150	1,3	1,8	15,5	21,4	18,5
2000	144	12,4	110	160	1,3	1,9	16,1	23,6	19,8
Quelle	a)		b)	c)	+ a)d)				
Bemerkung	Trendextrapolation bis 2000		in %		kWh/DM				

a) Prognos report nr. 7, Tab. S. 130⁺

b) Fichtner Beratende Ingenieure GmbH: Kurzfassung der Studie "Technologien zur Einsparung von Energie", im Auftrag des BMFT, Kennzeichen ET-5012 A, Stuttgart, Mai 1977, Bild 3.2.1 1-3, S. 135

c) Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Künftiger Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit von wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Entwicklungen und dessen Deckung, insbesondere mit Hilfe der Kernenergie, Forschungsbericht K76-03, Bonn, Juli 1976, S. 50

d) Stat. Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1976, XII, Industrie und Handwerk, Energiewirtschaft, Tab. 18, S. 348

Tab. 51 : Entwicklung des Strombedarfs der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens bis zum Jahre 2000

Anteil kann man davon ausgehen, daß das für die gesamte Elektrizitätswirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen geltende Verhältnis der Stromerzeugung auf nuklearer zu fossiler Basis auch für den Strombezug der Eisen- und Stahlindustrie gilt.

Unter diesen Annahmen wurde Tab. 52 erstellt.

Kosteneinsparung

Als alternative Einsparungen durch den Kernenergieeinsatz zur Stromerzeugung der öffentlichen Elektrizitätsversorgungsunternehmen sollen ebenfalls die Kostenvorteile der Kernenergienutzung gegenüber der Verwendung von Steinkohle angesetzt werden, die in Abschnitt 3.1.2.1 diskutiert wurden: 2,5 Pfg/kWh als Minimal- und 4,0 Pfg/kWh als Maximalwert. Die gesamte Einsparung pro Jahr für die Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens für die hier gewählten Bezugsjahre 2000 und 1973 ergibt sich dann unter Verwendung der ermittelten Substitutionspotentiale von 30 und 50 %. Die Rechnung wurde in Tab. 55 vorgenommen.

Jahr	Strombedarf 10 ⁹ kWh/a	Anteil Fremdbezug %	Fremdstrom- bedarf 10 ⁹ kWh/a	Kernenergie-Potential 10 ⁹ kWh/a	
				30 %	50 %
1970					
1975	12,5	50	6,25	1,89	3,13
1980	13,9	50	6,95	2,10	3,48
1985	15,6	50	7,80	2,34	3,90
1990	17,3	50	8,65	2,61	4,33
1995	18,5	50	9,25	2,79	4,63
2000	19,8	50	9,90	2,97	4,95
Quelle	Tab.51	abzüglich 10 % Stromabgabe			
Bemerkung					

Tab. 52 : Potential der Kernenergie zur Deckung des Strombedarfs der Eisenschaffenden Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen

6.2.4.3 Deckung des Gasbedarfs

Einsatzpotential

Die Deckung des Gasbedarfs der Eisenschaffenden Industrie mittels nuklear erzeugtem SNG kann nur in dem Maße erfolgen, wie nicht eigenerzeugtes Gas (Kokereigas und Gichtgas) zur Deckung des Wärmebedarfs herangezogen wird. Die Eigenerzeugung an Gas ist in der dieser Rechnung zugrunde liegenden Statistik des Gasverbrauchs nicht enthalten, so daß von dem genannten bzw. für das Jahr 2000 geschätzten Gasverbrauch ausgegangen werden kann.

Von dem fremdbezogenen Gas der Eisen- und Stahlindustrie entfällt heute ca. 50 % auf Stadt- und Kokereigas, das durch nuklear erzeugtes SNG nur bedingt substituiert werden kann, da es als Kuppelprodukt bei der Koksherstellung relativ preiswert ab-

gegeben wird. Da in der Vergangenheit ein leichter Rückgang des Kokereigasbezugs festzustellen ist, wird in der Tab.53 mit einem langfristigen Kokereigas-Anteil von 40 % gerechnet.

Die Anteile an nuklear erzeugtem Synthetischen Naturgas wurden in Abschnitt 5.1.2 diskutiert und sollen hier nicht mehr begründet werden.

Jahr	Gasbedarf $10^9 \text{ Nm}^3/\text{a}$	Kokereigas- anteil %	Erdgas- bedarf $10^9 \text{ Nm}^3/\text{a}$	SNG-Potential $10^9 \text{ Nm}^3/\text{a}$ (8,4 Mcal/m ³)	
				20 %	40 %
1970	5,7	47	2,7	0,5	1,1
1975	6,8	50	3,4	0,7	1,4
1980	7,7	40	3,1	0,6	1,2
1985	8,7	40	3,5	0,7	1,4
1990	9,8	40	3,9	0,8	1,6
1995	11,1	40	4,4	0,9	1,8
2000	12,6	40	5,0	1,0	2,0
	Zuwachs: 2,5 %p.a.				

Quellen: vgl. Quellen zu Abb. 35

Tab. 53 : Gasverbrauch der Eisen- und Stahlindustrie des Landes Nordrhein-Westfalens bis zum Jahre 2000 und Anteil des nuklear erzeugten SNG

Kosteneinsparung

Die Einsparungsmöglichkeiten für das nuklear erzeugte Synthetische Naturgas betragen entsprechend den Annahmen über die Verwendung der Braunkohle (Abschnitt 6.1.2.6) und den Kostenrechnungen in Abschnitt 3.1.2.2 entweder 11 Pfg/Nm³ oder 20 Pfg/Nm³. In Verbindung mit den oben errechneten Einsatzpotentialen der Kernenergie ermitteln sich die in Tab. 55 ausgewiesenen jährlichen Kosteneinsparungen für den SNG-Bezug.

6.2.4.4 Summe der Potentiale und Einsparungen

Einsatzpotentiale

In Tab. 54 sind die Potentiale der Kernenergienutzung für die verschiedenen Einsatzbereiche in der Eisen- und Stahlindustrie des Landes Nordrhein-Westfalens zusammengefaßt. Im Jahre 2000 könnten für die Eisen- und Stahlindustrie ein bis zwei Kernreaktoren mit einer Leistung von 3000 MW_{th} installiert werden. Insgesamt könnten damit 2,6 bis 5,1 Mio t SKE an fossilen Energieträgern eingespart werden. Bei Rückrechnung des Einsatzpotentials auf das Bezugsjahr 1973 ergibt sich eine Einsparung von 1,2 bis 2,1 Mio t; das sind ca. 5 bis 8 % des Endenergiebedarfs der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens dieses Jahres.

Kosteneinsparung

Die gesamten Einsparungen an Energiekosten der Eisen- und Stahlindustrie, die durch die Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie in dem betrachteten Zeitraum möglich ist, zeigt Tab.55 . . Es wurden die Bezugsjahre 2000 und 1973 gewählt.

Aufgrund von zwei Alternativen bei der Mengenkomponente und bei der Preiskomponente ergeben sich für einen Einsatzbereich vier Einsparungswerte, von denen der niedrigste (Zeile "Min.", Spalte "Min.") und der höchste (Zeile "Max.", Spalte "Max.") diskutiert werden sollen:

1. Unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Kernenergiediskussion und der Zukunftsperspektive der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen muß man davon ausgehen, daß die hier als minimale Einsatzpotentiale angegebenen Werte die wahrscheinlich erzielbaren Potentiale darstellen.
Die spezifischen Einsparungen wurden aus Kostenrechnungen entnommen, die auf dem gegenwärtigen Preisstand aufbauen. Sie enthalten keine künftigen Kosten- bzw. Preisentwicklungen der betrachteten Energieträger und Verfahren. Eine über der Inflationsrate liegende Preissteigerung für fossile

	Einsatzpotential $10^3 \text{ MW}_{\text{th}}$				Substituierte Energiemenge 10^6 t SKE				Bemerkung	Quelle
	Jahr 2000		Jahr 1973		Jahr 2000		Jahr 1973			
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
1. Bereitstellung von Reduktions- gas	0,8	2,0	0,1	0,1	0,6	1,4	0,1	0,1	Ersatz autothermer Kohlevergasung	Tab. 48
2. Deckung des 1) Strombedarfs	1,2	2,0	0,6	1,0	0,9	1,5	0,4	0,7	Ersatz von Stein- kohlekraftwerken im Grundlastbereich	Tab. 52
3. Deckung des Gasbedarfs2)	1,2	2,5	0,7	1,5	1,1	2,2	0,7	1,3	Ersatz autothermer Kohlevergasung	a) Tab.53
insgesamt	3,2	6,5	1,2	2,6	2,6	5,1	1,2	2,1		

1) Jahresauslastung 6700 h/a, Wirkungsgrad 38 %
Spezifischer Brennstoffverbrauch Steinkohlekraftwerk 300 g SKE/kWh

2) SNG-Erzeugung mittels Wasserdampfvergasung von nichtbackender Steinkohle
hoher Reaktivität

a) Bergbau Forschung GmbH, u.a.: PNP-Prototyp nukleare Prozeßwärme, Statusbericht vom
1.8.1975-30.11.1976, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie zur nuklearen Kohlevergasung,
Jülich, Dezember 1976, Tab. 3-3, S. 40

Tab. 54: Gesamtes Einsatzpotential der Kernenergie in der Eisen- und Stahlindustrie des Landes
Nordrhein-Westfalen und Menge der dadurch substituierten fossilen Brennstoffe

Einsatzbereich	Einsatzvarianten	Alternative Jahr 2000		Einsparungen Jahr 1973	
		Min.	Max.	Min.	Max.
1. Bereitstellung von Reduktionsgas	5% / Min.	50	100	10	20
	10% / Max.	130	250	20	40
2. Deckung des Fremdstrombedarfs	30 %	70	120	40	60
	50 %	120	200	70	100
3. Deckung des Gasbedarfs	20 %	110	200	66	120
	40 %	220	400	130	240
insgesamt		230	420	116	200
		470	850	220	380

Vergleichsgröße: Umsatz 1973: 22,8 Mrd. DM

Gesamte Einsparung von 1973

als % des Umsatzes von 1973: Min.: 0,5 %
Max.: 1,7 %

Tab. 55: Gesamte potentielle Einsparung an Energiekosten in der Eisen- und Stahlindustrie des Landes Nordrhein-Westfalens durch den Einsatz der Kernenergie, Bezugsjahre 2000 und 1973 (in 10⁶ DM)

Energieträger ist daher nicht berücksichtigt, obwohl sie umso wahrscheinlicher ist, je kleiner der Anteil der Kernenergie an der Bedarfsdeckung sein wird. Aus diesem Grunde sind die minimalen Einsparungen eher pessimistische Werte.

- Die maximalen Einsatzpotentiale ergeben sich unter den Voraussetzungen, die bei der Planung des Kernenergieausbaus in der Bundesrepublik Deutschland und in Nordrhein-Westfalen bestanden haben: zügiger Ausbau der Kernenergie zur Strombedarfsdeckung, hoher Anteil der Verwendung nuklear erzeugten Gases in Nordrhein-Westfalen und Einfluß günstiger Wärmekosten aus dem Hochtemperaturreaktor auf die Einführung von Direktreduktionsanlagen in der Eisen- und Stahlindustrie. Die hierdurch hervorgerufenen Kosteneinsparungen sind als die Gewinne zu werten, auf die die Volks- bzw. Regionalwirt-

schaft unter anderem verzichtet, um weitere Sicherheitsaspekte der Kernenergienutzung klären zu können.

Die maximale Einsparung ist das Ergebnis von Abschätzungen über die gegenwärtigen Kosten der Nutzung der teuersten fossilen Energieträger zur Bedarfsdeckung der Einsatzbereiche bzw. über günstige Annahme betreffs der nuklearen Wärmekosten. Sie sind daher für den gegenwärtigen Zeitpunkt eher zu optimistische Werte.

Werden die Einsparungen des Jahres 2000 mit einem volkswirtschaftlichen Realzins von 3% p.a. auf das Basisjahr 1973 abdiskontiert und auf den Umsatz der Eisen- und Stahlindustrie des gleichen Jahres bezogen, dann ergeben sich noch relativ geringe Vorteile durch die Kernenergienutzung von ca. 2 %, da der besonders der Stahlindustrie dienende Reaktortyp seine Marktreife erst 1995 erreichen wird. In späteren Jahren erhöht sich der Anteil der mittels Kernenergie erzeugten Energieträger für die Eisen- und Stahlindustrie. Wird die bis zum Jahre 2000 oben dargestellte Rechnung bis 2010 fortgesetzt, ergeben sich bei Abdiskontierung der dann zu erwartenden Einsparungen mit 3 % p.a. auf 1973 fiktive "Kostensenkungen" von mindestens 1 % und höchstens 5%.

6.2.5 Standorteinfluß

6.2.5.1 Standortlage der Eisen- und Stahlindustrie in Nordrhein-Westfalen

Die von Löbbecke/Kruck durchgeführte Shift-Analyse weist für die Eisen- und Stahlindustrie des Ruhrgebietes (= 80 % dieser Industrie von Nordrhein-Westfalen) neben dem negativen Struktureffekt auch einen negativen Standorteffekt auf.¹⁾ Das bedeutet, daß andere Gebiete der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum von 1960 bis 1970 diesem Industriezweig in der Summe bessere Standortbedingungen geboten haben als das Ruhrgebiet.

Eine Ursache der Standortschwäche ist die Verringerung des spezifischen Einsatzes des Energie- und Rohstoffträgers Kohle durch technische Verbesserungen und Substitutionen. In dem Maße nämlich, wie die Verwendung von Kohle bei der Erzeugung von Stahl an Bedeutung verliert, wird die traditionell enge Bindung zwischen Kohlelagerstätte und Stahlwerk gelöst. Da die benötigten Energieträger und Rohstoffe an anderen Orten zu teilweise günstigeren Bedingungen bezogen werden können, verringert sich dieser Standortvorteil für das Ruhrgebiet, und andere Kriterien der Standortwahl gewinnen an Bedeutung. Eine andere Ursache ist darin zu sehen, daß das Wachstum der Stahlindustrie in steigendem Maße vom Export getragen wurde, und gerade die Überseeländer günstiger von Küstenstandorten beliefert werden können.

6.2.5.2 Standortfaktoren der Eisen- und Stahlindustrie

Wie in keinem anderen Industriezweig bestimmen in der Eisen- und Stahlindustrie die Transportkosten auf der Input- und Output-Seite die Standortwahl ihrer Betriebe.²⁾ Im Gegensatz dazu verlieren in vielen anderen Industriezweigen die traditionellen

¹⁾ Vgl. Löbbecke, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme des Ruhrgebietes, a.a.O., Tab. 3.10, S. 135

²⁾ Vgl. zu den Standortfaktoren der Eisen- und Stahlindustrie und zum Gewicht der Transportkosten: Klemmer, P.: Die komparative

Standortbestimmungskriterien ihre Bedeutung.¹⁾ Die Senkung der Transportkostenbelastung auf der Input-Seite wurde durch die Verringerung des Einsatzes transportkostenintensiver Materialien, wie z.B. Erz und Kohle, ermöglicht. Die Verringerung auf der Output-Seite wird durch die Orientierung zur Absatznähe erreicht.

Materialindex als standortbestimmender Faktor

Für die Produktion von 1 t Rohstahl wurden zu Beginn des letzten Jahrhunderts 14 t Vormaterialien, zu Beginn dieses Jahrhunderts 7 t und gegenwärtig, in Abhängigkeit von den Verfahren, 1,5 bis 3 t benötigt (vgl. Tab.56).²⁾

	1600	1800	1900	1968				1980	
	Hütte	Stückofenwerk mit Puddelofen	Hochofen mit einem Thomas-Verfahren	Hochofen mit einem „LD“-Verfahren	Hochofen mit einem „LD-AC“-Verfahren	SM-Verfahren	Elektrostahlwerk auf Schrottbasis	Hochofen mit einem „LD“-Stahlwerk	Elektrostahlwerk mit vorreduziertem Einsatz
Fe-Prozentsatz im Erz	rd. 25 %	rd. 38 %	rd. 40 %	rd. 62 %	rd. 62 %	rd. 62 %	—	rd. 66 %	rd. 92 %
Erz	rd. 8 t	rd. 3,7 t	rd. 3,4 t	1,61 t	1,59 t	0,86 t	0,06 t	1,52 t	1,20 t
Kohlen (Holzkohle)	rd. 7 t	rd. 10 t	rd. 2,8 t	0,75 t	0,78 t	0,38 t	—	0,67 t	—
Kalk und Kalkstein	—	?	rd. 0,4 t	0,34 t	0,33 t	0,24 t	0,03 t	0,32 t	0,03 t
Schrott	—	—	—	—	—	0,54 t	1,03 t	—	0,04 t
Rohisen in fester Form	—	—	—	—	—	—	0,05 t	—	—
Öl im Hochofen	—	—	—	0,05 t	0,05 t	0,02 t	—	0,09 t	—
Sonstiges	—	—	0,15 t	0,27 t	0,26 t	0,28 t	0,32 t	0,26 t	0,32 t
Materialindex	rd. 15	rd. 14	rd. 7	rd. 3	rd. 3	rd. 2,3	rd. 1,5	rd. 2,9	rd. 1,6

Tab.56 : Entwicklung des Materialindex bei der Eisen- und Stahlerzeugung

Fortsetzung 2)

Kostenanalyse, in: Informationen des Instituts für Raumordnung, 19. Jahrgang 1969, Nr. 20, S. 457 ff; Schröder, D.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, a.a.O., S. 154 ff; Junius, H.P.: Zur Frage des Standorts neuzeitlicher Eisenhüttenwerke in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Absatzorientierung, Dissertation Aachen 1962, S. 142 ff; Müller, J.H., u.a.: Probleme der Wirtschaftsstruktur des Saarlandes, Hrsg.: Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl; Hohe Behörde - Luxemburg 1967, S. 101 ff

- 1) Vgl. z.B. Jürgensen, H.: Produktivitätsorientierte Regionalpolitik als Wachstumsstrategie Hamburgs, a.a.O., S. 65 f, und: Fürst, D. und Zimmermann, K.: Unternehmerische Standortentscheidung, Ergebnisse einer empirischen Untersuchung, in: Internationales Verkehrswesen, 25, 1973, S. 52 ff, und: Fürst, D.: Die Standortwahl industrieller Unternehmer, Ein Überblick über empirische Erhebungen, in: Jahrbuch für Sozialwissenschaft, Band 22, 1971, Heft 2, S. 189 ff
- 2) Quelle: Rijst, A. und Woestijne, W.J.: Veränderungen der Einflußfaktoren für die Standortwahl von Hüttenwerken in Westeuropa, in: Stahl und Eisen, 90, 1970, Nr. 10, S. 493

Aus der Input-Struktur ist ersichtlich, daß Erz und Kohle die bestimmenden Größen für die Standortwahl unter Bezugspunkten sind. Die anderen Zuschläge haben wegen ihres geringen Gewichtes und/oder ihres Ubiquitätscharakters keine wesentliche Bedeutung. Tab.56 zeigt ebenfalls die Änderung des Materialindex in Abhängigkeit von den Verfahren der Stahlerzeugung. Hochofen/LD-Verfahren haben heute einen Materialindex von 2,5 bis 3, Elektrostahlerzeugung auf Schrott oder Eisenschwamm-Basis einen Index von 1,2 bis 1,6.

Auf die Entwicklung des Materialindex haben die verschiedensten Größen einen Einfluß. Sie sind in Abb.45 zusammengestellt, auf deren Bestandteile hier aber nicht eingegangen werden soll.¹⁾ Die

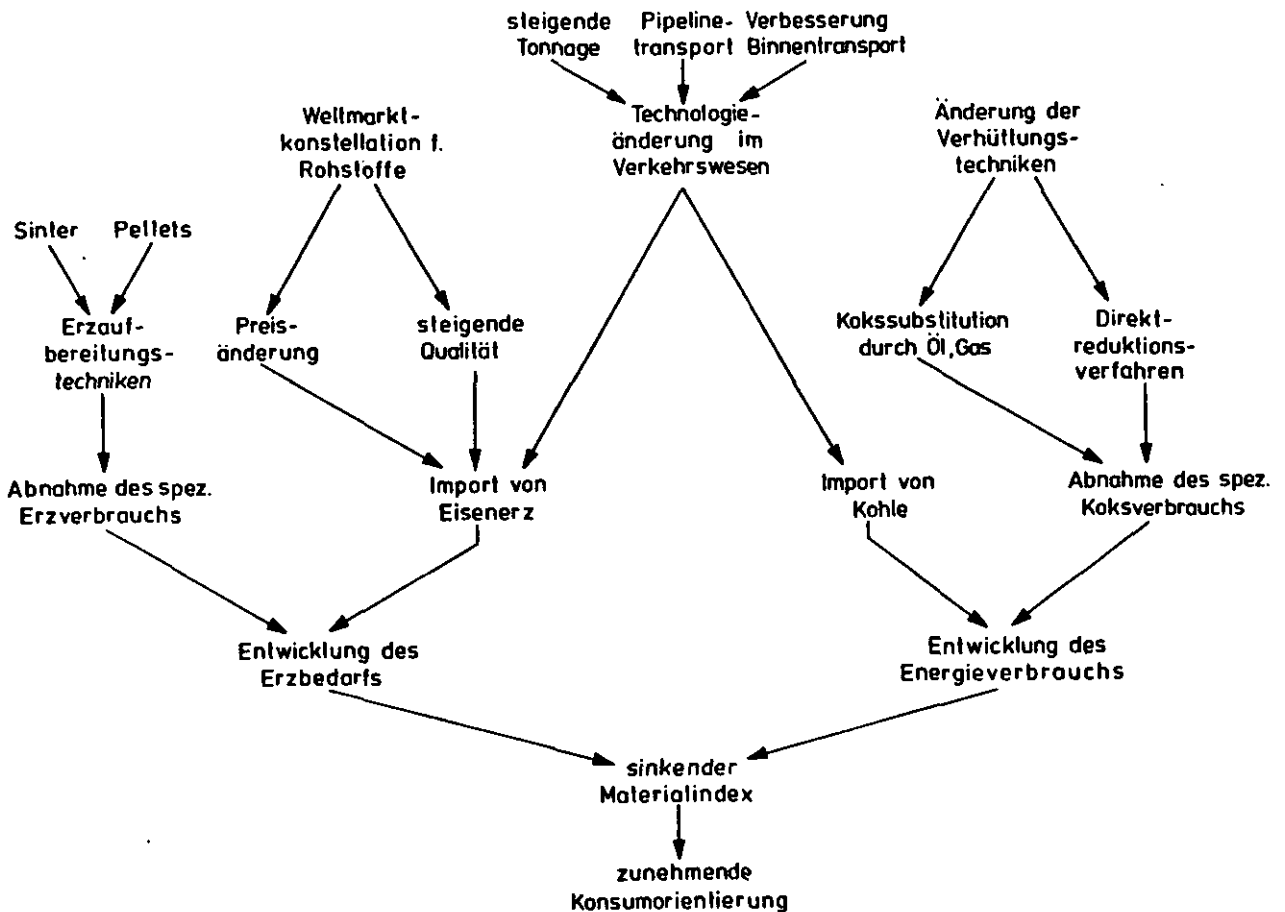


Abb.45 : Einflußfaktoren auf eine zunehmende Konsumorientierung der Eisen- und Stahlindustrie

¹⁾ Quelle: Bansamir, G.: Standorttendenzen in der Eisen- und Stahlindustrie, in: Informationen zur Raumforschung, 21. Jahrgang, 1971, Nr. 15, S. 389 ff

Abnahme des spezifischen Koksverbrauchs ist als Einflußgröße auf die Standortanforderungen der Eisen- und Stahlindustrie ebenso wichtig wie die Abnahme des spezifischen Erzverbrauchs. Der Koksverbrauch kann heute kaum noch durch Verbesserung der Hochofentechnik, sondern nur noch durch neue Verhüttungsverfahren verringert werden. Das Direktreduktionsverfahren z.B. kann auf den Koks vollständig verzichten.

Die Verringerung des Materialindex und zusätzlich die Reduzierung der Frachtraten für Massengüter lassen die Bedeutung der Materiallager als Produktionsstandort abnehmen und ermöglichen die Orientierung zum Verbrauchsgebiet der Stahlerzeugnisse.

In dieser Wirkung der technologischen Veränderung der Stahlerzeugung auf den Materialindex und damit auf die Standortlage liegt die Bedeutung der Kernenergie für den Standort der Eisen- und Stahlindustrie, insbesondere dann, wenn die Energiepreise regional gleich sind. Die mit Hilfe nuklearer Prozeßwärme ermöglichte kostengünstige Erzeugung von Reduktionsgas und die Einführung der Direktreduktionsverfahren gestatten es, Stahlwerke verstärkt in Verbrauchsnähe anzusiedeln, da lediglich das aufbereitete Erz transportiert werden muß.

Betriebsgröße als standortbestimmender Faktor

Die technologische Entwicklung auf dem Gebiet der Erzverhüttung und Stahlerzeugung in den vergangenen zehn Jahren ist auf den drei Produktionsstufen durch folgende Merkmale gekennzeichnet:¹⁾

¹⁾ Vgl. Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, a.a.O., S. 13; und: Wolter, F.: Strukturelle Anpassungsprobleme der westdeutschen Stahlindustrie; Zur Standortfrage der Stahlindustrie in hochindustrialisierten Ländern, Kieler Studien Nr. 129, Tübingen 1974, S. 70 ff

- größere Gestelldurchmesser der Hochöfen
- das sich immer stärker durchsetzende Sauerstoffaufblasverfahren
- die Einführung von voll automatisierten Warmbreitbandstraßen.

Gegenüber dem vor zehn Jahren üblichen Ofen mit einem Gestelldurchmesser von 9 m haben die neuzeitlichen Öfen mit 12 m Durchmesser die dreifache Kapazität von 2,4 Mio t Roheisen pro Jahr. Ein noch stärkeres Wachsen der Produktionskapazitäten bringen die neuen Oxygen-Konverter mit sich. Die Leistung eines vor zehn Jahren errichteten 40 t Thomas-Konverters betrug 400.000 t Stahl pro Jahr, die eines 300 t Oxygen-Konverters beläuft sich auf 3,6 Mio t. Die modernen Walzwerke bewältigen einen Ausstoß von 5 Mio Jahrestonnen.¹⁾

Mit diesem Größenwachstum geht eine starke Kostendegression einher. So ist der Kapitaldienst eines Hüttenwerkes mit 1 Mio Jahrestonnen Rohstahlkapazität etwa DM 1000,- je Jahrestonne, der eines Werkes mit 5 Mio t nur DM 500,- je Jahrestonne. Die "optimale Betriebsgröße" für ein Hüttenwerk mit gemischtem Flach- und Profilstahlprogramm wird heute bei 10 Mio t jährlicher Rohstahlkapazität angesetzt, Größenordnungen, die in Japan schon erreicht sind.²⁾

¹⁾ Vgl. zur Ermittlung der Größenordnungen für die Bundesrepublik Deutschland: Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie 1976, Düsseldorf 1976, und: Programm Angewandte Systemanalyse der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen (AGF/ASA) (Hrsg.): "Ausbau von Sekundärenergiesystemen", AGF/ASA-Studie E.3.2, Energiebedarfsentwicklung der Industrie, bearbeitet von Turowski, R., vorgesehen als Anlageband zum Jahresbericht 1977, in Vorbereitung

²⁾ Vgl. Bergbau-Forschung GmbH, Fichtner Beratende Ingenieure GmbH, u.a.: Technologien zur Einsparung von Energie, Teil II, 2.1.2, Energieanwendung Eisenhüttenindustrie, a.a.O., S. 157ff

Die mit wachsenden Produktionskapazitäten verbundene Kostendegression pro Output-Einheit kommt jedoch nur dann zum Tragen, wenn der Absatz entsprechend erhöht werden kann. Dabei sind drei Möglichkeiten denkbar:¹⁾

- die Stahlnachfrage steigt
- der Marktanteil im traditionellen Absatzraum wird erhöht
- der Absatzradius wird erweitert.

Während die Kapazitätserweiterung sprunghaft erfolgt, lassen sich Marktanteil und Absatzdichte nur langfristig erhöhen. Es ergibt sich eine Notwendigkeit zur Vergrößerung des Absatzradius.

Demgegenüber weisen die Verfahren der Direktreduktion/Elektrostahl-Erzeugung keine so großen Einheiten auf. Die Direktreduktionsanlagen haben eine Durchschnittskapazität von 0,4 bis 0,5 Mio t und erreichen gegenwärtig Betriebseinheiten bis zu 1,0 Mio t Roheisen.²⁾ Elektrostahlwerke erreichen ebenfalls maximale Betriebsgrößen von 1 Mio t Rohstahl (USA). In Europa betragen die Kapazitäten der größten Öfen ca. 0,7 Mio t Rohstahl.

Aufgrund ihrer gegenüber dem Hochofen/LD-Verfahren kleineren Betriebseinheiten können die Direktreduktions-/E-Ofen-Verfahren nahegelegene Verbrauchsgebiete vollständig beliefern. Große Eisen-Hütten-Werke müssen zur Auslastung ihrer Kapazitäten auch weiter entfernt liegende Verbrauchsgebiete, unter Umständen auch Auslandsmärkte versorgen. Ihr optimaler Standort liegt innerhalb des Gesamtraumes aller Verbrauchsgebiete. Dieser Standort kann ab einer bestimmten Exportquote auch ein Küstenstandort sein, während die Direktreduktionswerke ausschließlich binnenorientiert sein werden.

¹⁾ Vgl. die Überlegungen zur optimalen Betriebsgröße transportkostenempfindlicher Produktionszweige mit hohen internen Ersparnissen in Abschnitt 4.3.3.1.1 und die Aussagen bei Schröder: Schröder, D.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, a.a.O., S. 54 f

²⁾ Vgl. Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Stahleisen-Kalender 1974, Düsseldorf 1974

6.2.5.3 Bewertung des Kernenergieeinsatzes

Materialindex und Betriebsgröße wurden als die beiden standortbestimmenden Größen genannt, die durch die Einführung von Direktreduktions-/Elektrostahl-Verfahren verändert werden und eine Bevorzugung absatznaher Standorte z.B. das Ruhrgebiet, hervorrufen können. Sie sind aber nicht die einzigen Determinanten, die die Wirtschaftlichkeit des Standortes unter Transportkostengesichtspunkten bestimmen. Weitere Determinanten sind:¹⁾

- die Höhe der Frachtsätze für Einsatz- und Absatzgüter und deren Verhältnis zueinander:

hohe Frachtsätze für Importgüter führen zur Bevorzugung der Orte mit günstigem Materialbezug (hier Küste), hohe Frachtsätze auf der Output-Seite zur Begünstigung des Absatzstandortes (hier: Nordrhein-Westfalen);

- die Transportentfernung von Einsatz- und Absatzgütern:

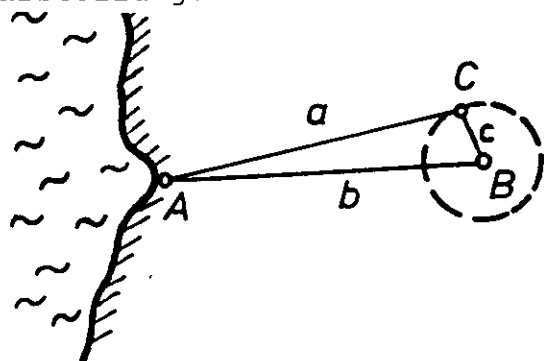
Für Einsatzgüter (z.B. Kohle) können aus dem Ruhrgebiet oder aus Übersee bezogen werden, Absatzgüter können ins Inland oder Ausland geliefert werden, Auslandslieferungen sind teilweise durch die wachsenden Betriebsgrößen beim Hochofen/LD-Verfahren bedingt, während Stahlwerke mit Direktreduktions-Verfahren aufgrund ihrer Binnenorientierung geringere Transportentfernungen aufweisen, Kohle aus dem Inland geht nicht in den Materialindex ein.

Um die Bedeutung des Kernenergieeinsatzes für die Standortwahl der Stahlindustrie feststellen zu können, ist das Gewicht des Materialindex bei der Standortentscheidung zu bestimmen. Dies kann dadurch geschehen, daß man die Veränderung der Kosten als Folge der Variation der genannten Einflußgrößen bestimmt.

¹⁾ Die Transportkosten eines Gutes bestimmen sich ja aus Menge, Entfernung und Frachtsatz!

Im folgenden soll auf eine solche Parameter-Analyse¹⁾ eingegangen werden. Es wurde der Einfluß der genannten Parameter auf die standortbedingten Kostenunterschiede zweier Hüttenwerke untersucht. Als Standort des ersten Hüttenwerkes wurde ein großer Hafen an der Nordseeküste angenommen (Küstenwerk in Rotterdam oder Emden). Als Standort des zweiten Hüttenwerkes wurde Duisburg angenommen, das die günstigste Binnentransportmöglichkeit besitzt und den Koks aus nächster Nähe beziehen kann.

Um nun den Einfluß der Transportkosten darstellen zu können, wurden für beide Standorte gleiche Produktionsmengen und Verarbeitungskosten angesetzt. Zur Kennzeichnung der Lage der beiden Hüttenwerke zueinander und zum Verbraucher dient folgende Darstellung:²⁾



Küste

A: Standort des
Küstenhüttenwerkes

B: Standort des
Binnenhüttenwerkes

C: Verbraucherstandorte

a, b, c: Transportstrecken
in km

Es wurde von der Annahme ausgegangen, daß sowohl Eisenerz als auch Kokskohle von Übersee nach A gebracht und dort entweder verbraucht oder zum Binnenwerk über Binnenschiffahrtswege transportiert werden. Im Modell wurde also zunächst vom Einsatz importierter Kohle ausgegangen, anschließend wurde die Verwendung von heimischer Kohle angesetzt. Die weiteren Einsatzstoffe wie z.B. Kalk, Dolomit, Mineraköl, Schrott und auch der Reduktionswasserstoff wurden am entsprechenden Standort als ubiquitär betrachtet, so daß diese keine Transportkosten verursachten.

¹⁾ Vgl. Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, a.a.O., S. 65 ff

²⁾ Quelle: Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, a.a.O., S. 66

Das Absatzgebiet für die Fertigprodukte liegt relativ nahe am Binnenwerk ($c < b$), doch geht auch ein Exportanteil von $x\%$ der Produktion in das Modell ein, wobei vorausgesetzt wurde, daß dieser Anteil über den Standort A nach Übersee exportiert wird. Der Kostenunterschied zwischen dem Küsten- und Binnenhüttenwerk ergibt sich aus der Differenz ihrer standortabhängigen Transportkostenbelastungen.

Aus den verschiedenen Parameter-Studien sei folgendes Bild wiedergegeben:¹⁾

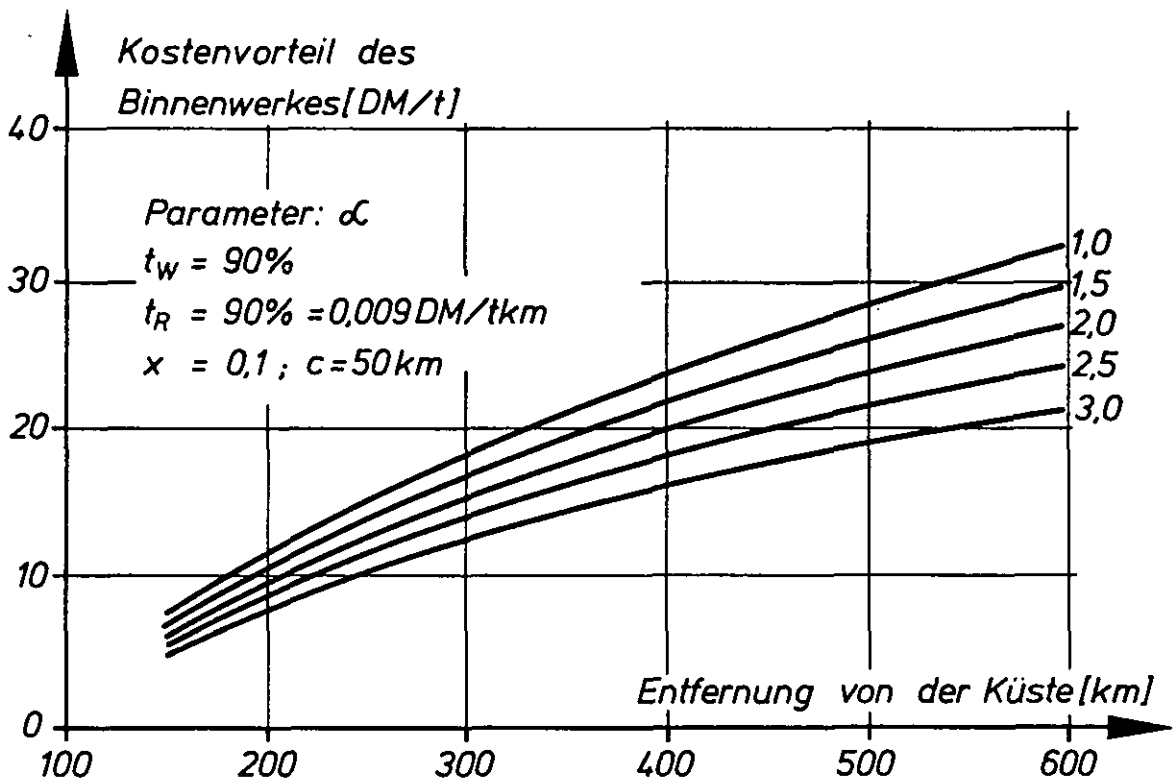


Abb. 46 : Einfluß des Materialindex auf die unterschiedliche Transportkostenbelastung eines Binnen- und Küstenhüttenwerkes

Es bedeuten:

α = Materialindex von 1,0 bis 3,0

t_w = Transportrate für Stahlerzeugnisse, es wurde mit 90 % der tatsächlichen Transportrate gerechnet

t_R = Transportrate für Einsatzgüter, es wurde mit 90 % der tatsächlichen Frachtraten von 1 Pfg/tkm gerechnet

x = Exportquote, hier 10 %

c = Absatzradius vom Binnenstandort, hier 50 km

¹⁾ Quelle: Manthey, Ch., a.a.O., Abb. 26, S. 71

Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich wurde eine geringe Exportquote vorausgesetzt, da angenommen werden kann, daß diese mittels Direktreduktion/E-Ofen-Verfahren arbeitenden Werke fast ausschließlich für den regionalen Bedarf produzieren. Es wurden relativ niedrige Transportkostensätze zugrunde gelegt (90 % der tatsächlichen Sätze). Die Materialindizes betragen:

- für die Elektrostahlerzeugung auf der Grundlage von reinem Eisenschwamm: $\alpha = 1,1$
- für ein Hochofen/LD-Werk mit Einsatz heimischer Kohle:
 $\alpha = 1,7$ (wird der Koks importiert, ist $\alpha = 2,4$).

Die Kurven lassen für Duisburg, dem Standort mit einer Entfernung von 250 km von der Küste, folgendes erkennen:

1. Aufgrund der geringen Exportquote haben alle Hüttenwerkstypen einen Kostenvorteil von 10 bis 15 DM/t. Bezogen auf einen Stahlerzeugungspreis von 300 DM/t sind dies 3 bis 5%. Bei einem Exportanteil von 30 % ($x = 0,3$) besteht unter den gleichen Bedingungen für das Binnenwerk kein Vorteil mehr.
2. Die Veränderung des Materialindex von 1,7 auf 1,1, d.h. die Einführung des Direktreduktions/Elektrostahl-Verfahrens anstelle des Hochofen/LD-Verfahrens, verbesserte den Kostenvorteil um 2 bis 3 DM/t, d.h. um weniger als 1 % der Stahlerzeugungskosten.
3. Veränderung der Frachtsätze für Vorlauffracht und Nachlauf-fracht beeinflussen den Kostenunterschied Küstenwerk zu Binnenwerk wie folgt:

Bei einer Erhöhung der tatsächlichen Frachtrate für die Absatzprodukte um 50 % erhöht sich der Kostenvorteil für alle Hüttentypen im Durchschnitt um 6 DM/t, d.h. um 2 % der Stahlerzeugungskosten.

Bei einer Steigerung der tatsächlichen Frachtrate für Einsatzgüter um 50 % gewinnt das frachtintensive Hochofen/LD-Werk mit Einsatz aus Übersee-Koks 3 DM/t, das Direktreduktions/Elektroofen-Werk ca. 2 DM/t. Die Verbesserungen für den Binnenstandort durch das Direktreduktions-Verfahren liegen hier demnach bei 1 DM/t, d.h. etwa 0,3 % der Stahlerzeugungskosten.

Aus der Modellanalyse folgt, daß die Einflüsse von Parameteränderungen der Standorteinflußgrößen bei keinem der Parameter besonders groß sind. Bei weiteren Entfernungen von der Küste würden sich die Parameter mit Größenordnungen bis zu 7 % der Stahlerzeugungskosten bemerkbar machen.

Der Materialindex hat gegenüber den Änderungen anderer Parameter ungefähr das gleiche Gewicht von 1 bis 2% der Stahlerzeugungskosten. Lediglich die Änderung der Exportquote führt zu höheren Änderungsraten der Herstellungskosten.

Küstenstandort und Binnenstandort sind demnach aufgrund des geringen Einflusses auf die Erzeugungskosten gleichwertig als Standort für die Eisen- und Stahlindustrie. Dies bestätigen auch schon die früheren Aussagen von Schröder.¹⁾ Die Einführung von Direktreduktionsverfahren bringt keinen wesentlichen wirtschaftlichen Vorteil für den Binnenstandort. Man kann daher sagen, daß die Einführung der Kernenergie zu Reduktionsgasherstellung und Stromerzeugung unter der Voraussetzung ihres gleichzeitigen Einsatzes keine Standortbewegung hervorruft. Die Entscheidung für den Standort Nordrhein-Westfalen wird aus anderen Gründen gefällt werden, z.B. Sitz der das Direktreduktions-/Elektroofen-Werk betreibenden Firma, oder Ansiedlungshilfen aus Gründen der Erhaltung von Arbeitsplätzen.

¹⁾ Vgl. Schröder D.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, a.a.O., S. 162

6.3 Steinkohlenbergbau

Der Einsatz von Kernreaktoren kann zur langfristigen Sicherung des Absatzes des Steinkohlenbergbaus in Nordrhein-Westfalen beitragen. Denn die Steinkohle ist wie die Braunkohle ein notwendiger Rohstoff für die nukleare Kohlevergasung und evtl. Kohleverflüssigung. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Verwendung der Steinkohle für die Erzeugung von Synthetischem Naturgas (SNG) und gleichartiger Industriegase (Synthesegas, Wasserstoff) betrachtet.

Im Zusammenhang mit dem Kernenergieeinsatz zur Kohlevergasung stellen sich folgende Fragen:

1. Wie hoch sind die ausbringbaren Steinkohlevorräte im Ruhrgebiet und wie lange reichen diese Vorräte? Damit wird das für die Vergasung notwendige Kohlenangebot aufgezeigt.
2. Wie ist die mittelfristige Entwicklung des Steinkohleeinsatzes in den traditionellen Einsatzgebieten abzuschätzen? Als mittelfristig wird hier der Zeitraum bis 1985/90 angenommen, ab dem die Kohlevergasung aufgrund des begrenzten Öl- und Gasangebotes notwendig wird.
3. Wie entwickelt sich der langfristige Steinkohleverbrauch in den traditionellen Einsatzgebieten und in welchen Mengen steht Steinkohle zur Vergasung zur Verfügung? Unter "langfristig" wird hier der Zeitraum bis 2010 verstanden, da dann erst der vollständige Übergang auf die Kohlevergasung sichtbar wird.
4. Welche alternative Absatzmöglichkeiten bestehen für die Steinkohle als Folge der Vergasung mittels nuklearer Wärme? Hierbei ist zu berücksichtigen, daß wahrscheinlich zuerst die kostengünstigere Braunkohle zur Vergasung eingesetzt werden wird. Möglich sind bis zu 30 Mio t, die gesamte langfristige Fördermenge.¹⁾ Wird ausschließlich inländische Steinkohle eingesetzt, dann können Restriktionen aufgrund ihrer Verwendung in den traditionellen Einsatzgebieten bestehen.

1) vgl. Wahlbeck, M.: Braunkohle, Systemstudie über fossile Energieträger, in: Angewandte Systemanalyse (Hrsg): Jahresbericht 1976, Anlagenband I, Köln 1977, S. 304 f.

6.3.1 Vorratslage und Reichweite der Steinkohle

Die Steinkohlenförderung erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland in vier Bergbaugebieten: Ruhrgebiet (einschl. Ibbenbüren), Saarland, Aachener Raum und Niedersächsisches Revier.

Wie die Tab. 57 zeigt,¹⁾ sind die Lagerstätten und die Förderkapazitäten im Ruhrgebiet konzentriert. Nur noch die Saarkohle mit einem Anteil von 11 % an der gesamten deutschen Steinkohleförderung kann noch für die Vergasungszwecke eingesetzt werden. Sie wird hier nicht weiter betrachtet. Zwar könnte das Aachener Revier maximal zwei nukleare Kohlevergasungsanlagen versorgen, aber keine autotherme Kohlevergasungsanlage.²⁾ Der Betrieb von zwei nuklearen Kohlevergasungsanlagen setzt voraus, daß bei keinem weiteren Ausbau der Förderkapazitäten die gesamte Förderung ausschließlich vergast werden müßte. Dies ist wenig wahrscheinlich.

6.3.2 Mittelfristige Entwicklung des Steinkohleeinsatzes in den traditionellen Einsatzgebieten

6.3.2.1 Entwicklung des Steinkohlemarktes im Ruhrgebiet bis 1985

Aufkommen und Verwendung der im Ruhrgebiet insgesamt geförderten Steinkohle für die Jahre 1972 bis 1974 ist in Tab. 58 ausgewiesen.

¹⁾ Quellen: Bohn, Th.: Bergwirtschaftlich bedeutende ausbringbare Steinkohlenvorräte der Bundesrepublik Deutschland zum 1.1.1974, Vorlesung an der Gesamthochschule Essen, Essen 1977, und: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.: Der Kohlenbergbau in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975, Essen, 1975, S. 7, und: Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung: Die Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, Band II, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbereitung, S. 307 ff

²⁾ Eine nukleare Kohlevergasungsanlage (Wasserdampfvergasung von 3000 MWth benötigt einen Steinkohleinput von $3,00 \cdot 10^6$ t SKE/a; Vgl. Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Teil II: Kohlevergasung, a.a.O., S. 9 ff

Revier	Lagerstätten ¹⁾ 109 t SKE			Förderung 1975 106 t SKE/a	lineare Reichweite ²⁾ a
	unter 4 t/Ms	über 4 t/Ms	insgesamt		
Ruhr ¹⁾	17,94	2,61	20,55	75,3	270
Saar	1,09	1,54	2,63	9,0	292
Aachen	0,33	0,44	0,77	5,7	135
Nieder- sachsen			0,3	1,8	111
Bundesr. Deutschl.	19,36	4,59	23,92	91,8	261
Anmer- kung	¹⁾ Abbaubare Lagerstätten bei einer Leistung von über/unter 4 t pro Mann und Schicht ²⁾ bezogen auf die insgesamt vorhandenen Vorkommen				

¹⁾ einschließlich Ibbenbüren

Tab.57 : Vorräte und Reichweite der deutschen Steinkohle

	Tatsächliche Werte			Prognose
	1972	1973	1974	1985
Bundesgebiet (einschl. Ruhrgeb.)				
1. Aufkommen				
Förderung	102,5	97,3	94,9	95,0
Bestandsveränd., Einfuhr	2,2	12,1	23,0	9,0
Gesamtaufkommen	104,7	109,4	117,9	104,0
2. Verwendung				
Kraftwerke	35,2	34,0	32,3	34,0
Eisenschaffende Ind.	23,4	21,1	31,1	27,6
Übrige Bereiche	21,8	21,0	21,6	17,4
Ausfuhr	24,3	27,3	32,9	25,0
Gesamtverwendung	104,7	109,4	117,9	104,0
Ruhrgebiet				
1. Aufkommen				
Förderung	83,3	79,9	78,2	78,2
Bestandsveränd., Einfuhr	0,9	4,8	9,2	7,9
Gesamtaufkommen	84,2	84,7	87,4	86,1
2. Verwendung im Ruhrgebiet	32,6	35,5	37,0	35,8
Kraftwerke	13,3	13,8	13,1	14,1
Eisenschaffende Ind.	14,9	17,3	19,5	17,3
Übrige Bereiche	4,4	4,4	4,4	4,4
im übrigen Bundesgebiet	35,0	30,1	25,7	25,7
Ausfuhr	16,6	19,1	24,7	24,7
Gesamtverwendung	84,2	84,7	87,4	86,1

Quelle: Hennies-Rautenberg, H., u.a.: Die Auswirkungen alternativer Entwicklungen bei der Förderung von Steinkohle auf die Ruhrwirtschaft, in: RWI-Mitteilungen, 27. Jahrgang, 1976/4, Tab. 2, S. 302

Tab. 58 : Aufkommen und Verwendung von Steinkohle 1972 bis 1974 und 1985, in Mio t, Bundesgebiet und Ruhrgebiet

Als die Hauptverbrauchergruppen des Steinkohleabsatzes sind zu nennen (%-Zahlen, bezogen auf das Bundesgebiet und das Ausland):¹⁾

- Eisenschaffende Industrie (27 % Inland, 44 % Inland + EG),
- Kraftwerke (33 %),
- Lieferungen in EG-Länder (24 %),
- Haushalte, Kleinverbraucher und Militär (6 %),
- Sonstige Bereiche (10 %).

¹⁾ Vgl. Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus, Steinkohle 1974/75, Daten und Tendenzen, Essen 1975, S. 15; und Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Energiebilanz 1975, Düsseldorf 1976; Von den Lieferungen in die EG-Länder gehen 81 % in die Eisenschaffende Industrie. Zu dem Sonstigen Bereich gehören die Ortsgas- und Wasserwerke, der Verkehr und die Ausfuhr an Drittländer

Die Tabelle enthält auch eine Prognose über Aufkommen und Verwendung der Steinkohle in den traditionellen Einsatzgebieten bis zum Jahre 1985.

Die Prognose orientiert sich an der Absatzvorausschätzung des Bundesbeauftragten für den Steinkohlenbergbau.¹⁾

Bis zum Jahre 1979 soll sich der Absatz der gesamten deutschen Steinkohle danach bei etwa 90 bis 96 Mio t SKE stabilisieren. Das würde bedeuten, daß die Förderung in Zukunft das Niveau des Jahres 1974 nicht mehr nennenswert unterschreiten wird. Wenn angenommen wird, daß diese Stabilisierung von Absatz und Förderung langfristiger Natur ist, also auch im Jahre 1985 noch anhält, und wenn weiter unterstellt wird, daß der Anteil der im Ruhrgebiet geförderten Kohle am Gesamtaufkommen an deutscher Steinkohle sich gegenüber heute (1974) nicht verändert, sondern nach wie vor etwa 82 % betragen wird, dann ist für 1985 von einer Steinkohlenförderung im Ruhrgebiet von etwa 78 Mio t auszugehen. Für Importe und Bestandsveränderung werden etwa 8 Mio t angenommen, so daß das Gesamtaufkommen an Steinkohle im Ruhrgebiet bei etwa 86 Mio t liegen dürfte. Eine Jahresfördermenge von 78 Mio t im Ruhrgebiet entspricht dem im Jahre 1974 realisierten Wert.

In der Verwendungsstruktur geht die Absatzvorausschätzung des Steinkohlebeauftragten davon aus, daß vom Gesamtabatz von 90 bis 96 Mio t etwa 23 bis 26 Mio t SKE an die Eisenschaffende Industrie, etwa 32 Mio t an die Kraftwerke, etwa 11 Mio t an die übrigen inländischen Bereiche und etwa 25 Mio t ins Ausland abgesetzt werden können. Unter Einbeziehung der Importe ergibt sich die in Tab. 58 angegebene Verwendungsstruktur für Steinkohle im Bundesgebiet.²⁾ Aus dieser Struktur wurden unter Verwendung der Verbrauchsanteile des Jahres 1974 die für 1985 anzunehmenden Absatzwerte für Ruhrkohle abgeleitet.

¹⁾ Achte Absatzvorausschätzung des Bundesbeauftragten für den Steinkohlenbergbau und die Steinkohlenbergbaugebiete vom 15.1.1976, in: Bundesanzeiger, Köln, Jahrgang 28 (1976) Nr.18, S. 3

²⁾ Vgl. Hennies-Rautenberg, H., u.a.: Die Auswirkungen alternativer Entwicklungen bei der Förderung von Steinkohle auf die Ruhrwirtschaft, a.a.O., Tab. 2, S. 312

Im folgenden sollen die Prognosewerte für die wichtigsten Verbrauchergruppen diskutiert werden. Dabei wird von der Entwicklung der Verbrauchsstruktur der deutschen Steinkohle ausgegangen, wie sie in Abb.47 ¹⁾ dargestellt ist. Sie zeigt, daß sich der Absatz der Steinkohle heute (1975) nur noch auf zwei Bereiche konzentriert: die Eisenschaffende Industrie (Kokereien) und die Elektrizitätswirtschaft. Eine untergeordnete Rolle spielt der Bereich Haushalte, Kleinverbraucher und Industrie.

6.3.2.2 Entwicklung der traditionellen Einsatzgebiete der Ruhrkohle

6.3.2.2.1 Eisenschaffende Industrie

Die Kohle im Ruhrrevier wird fast ausschließlich von der Ruhrkohle AG gefördert. Im folgenden werden daher nur die Absatzverhältnisse dieses Unternehmens betrachtet.

Der Absatz der Ruhrkohle AG in diesem Verbrauchssektor in Form von Koks- und Koks-kohlelieferungen wird zwar von konjunkturellen Trends beeinflusst, kann aber mittelfristig sowohl auf dem ausländischen, als auch inländischen Markt als annähernd konstant betrachtet werden, da

- in der Europäischen Gemeinschaft (außer Bundesrepublik Deutschland) die Hochofenkapazitäten (z.B. Frankreich, Niederlande und Italien) noch ausgebaut werden.²⁾

¹⁾ errechnet aus den Energiebilanzen der Jahre 1955 und 1975, vgl. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanz 1955 und 1975, Düsseldorf 1976.

²⁾ Vgl. PROGNOSE AG: Entwicklungstendenzen der für die Energienachfrage relevanten Strukturelemente von Wirtschaft und Gesellschaft, in: Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Künftiger Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit von wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Entwicklungen und dessen Deckung, insbesondere mit Hilfe der Kernenergie, a.a.O., S. E 20, und OESTERWIND, D.: a.a.O., S. 260 ff.

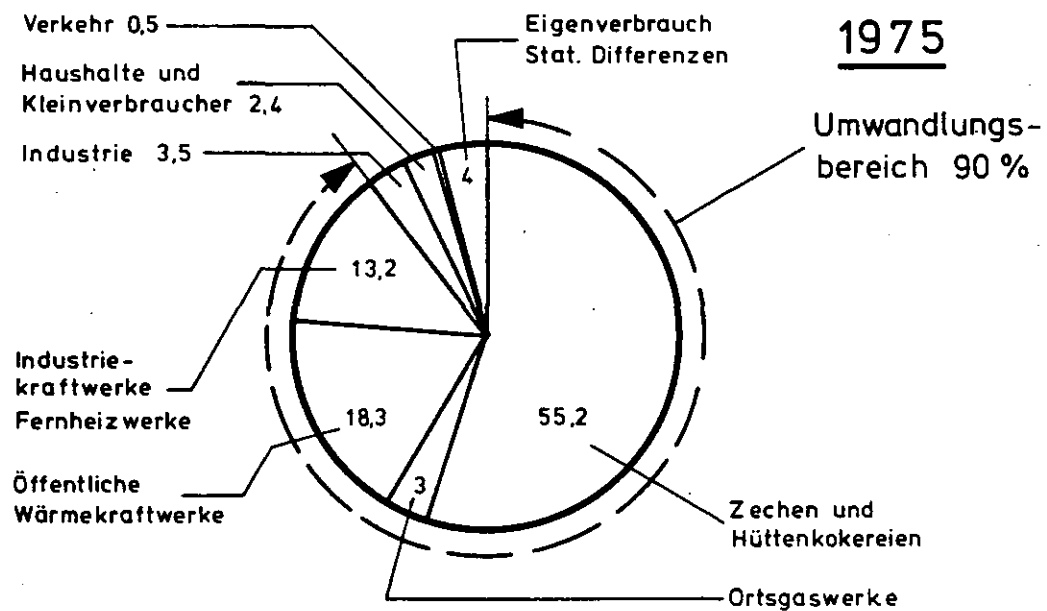
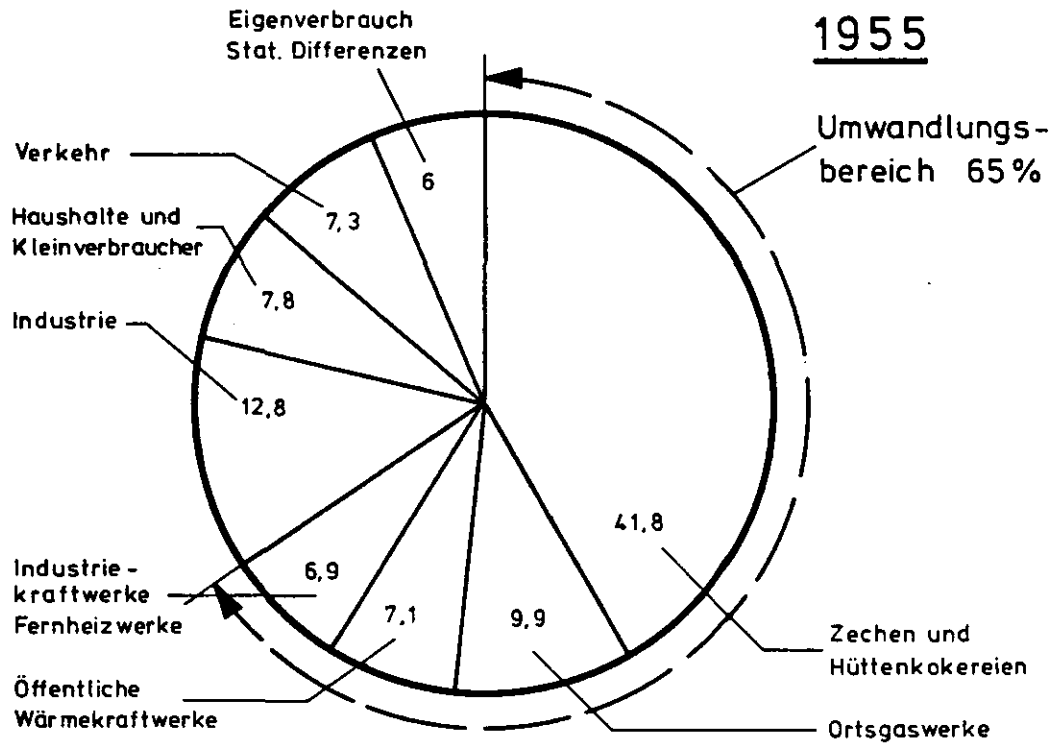


Abb.47 : Struktur des Steinkohle-Absatzes in der Bundesrepublik Deutschland 1955 bis 1975 (in %)

- in der Bundesrepublik Deutschland Stahlerzeugungszuwachsraten von 1,8 %/a in der Zeit von 1970 bis 2000 geschätzt werden,¹⁾
- mittelfristig nicht mit entscheidenden Energieträgersubstitutionen bei dem Hochofenprozeß zu rechnen ist, da die in Betrieb und Planung befindlichen Roheisenkapazitäten fast ausschließlich für Hochofenkoks ausgelegt sind,²⁾
- mögliche Energieträgereinsparungen aufgrund verringerter spezifischer Energieeinsätze³⁾ durch höhere Stahlproduktionsmengen ausgeglichen werden⁴⁾ und
- das Preisniveau ausländischer Konkurrenzkohle aufgrund von Kokskohleverknappungen auf dem Weltmarkt überwiegend in Stahl-Boomzeiten eine ansteigende Tendenz aufweist.⁵⁾

¹⁾ Vgl. Prognos AG; Entwicklungstendenzen der für die Energienachfrage relevanten Strukturelemente von Wirtschaft und Gesellschaft, in: Künftiger Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit von wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Entwicklungen und dessen Deckung, insbesondere mit Hilfe der Kernenergie, a.a.O., S. E 25

²⁾ Vgl. Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses auf die Standort- und Umweltprobleme dieses Industriezweiges, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-1180-SE, März 1975, S. 37 ff

³⁾ Vgl. Studienausschuß des westeuropäischen Kohlebergbaus, Brüssel: Beurteilung der Hochofen-Koksversorgung der westeuropäischen Eisen- und Stahlindustrie bis zum Jahre 1980, Brüssel 1970, S. 17

⁴⁾ Vgl. Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, a.a.O., S. 37 ff

⁵⁾ Vgl. Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus: Steinkohle 1974/75, a.a.O., S. 20

Es kann daher vermutet werden, daß die Ruhrkohle AG mittelfristig ihren Absatz von 18 Mio t an die deutsche Stahlindustrie und von 11 Mio t an die Stahlindustrie der Europäischen Gemeinschaft konstant halten kann.¹⁾

6.3.2.2.2 Elektrizitätswirtschaft

Der Absatz des gesamten deutschen Steinkohlenbergbaus an die deutsche Elektrizitätswirtschaft betrug 1974 rd. 32 Mio tSKE; das waren 28 % des Gesamtabsatzes an Steinkohle. Er wurde zu 52 % für die öffentliche Stromerzeugung und zu 32 % für die industrielle Stromerzeugung verwendet. Die Industriekraftwerke insgesamt trugen 1974 zu einem Viertel zur Bruttostromerzeugung der Bundesrepublik bei.

Der Einsatz an Steinkohle in der öffentlichen und industriellen Energiewirtschaft hat in der Zeit von 1957 bis 1971 zwar absolut noch zugenommen, doch ist sein relativer Anteil an der Stromerzeugung aufgrund des stärkeren Anwachsens der öffentlichen und industriellen Stromerzeugung gesunken, z.B. reduzierte sich der Anteil von 47 % in 1969 auf 33 % in 1974.

Der Absatz der Fa. Ruhrkohle AG an die deutsche Elektrizitätswirtschaft betrug 1974 23 Mio tSKE. Ihr Anteil am gesamten Steinkohleeinsatz zur Stromerzeugung war dann 72 %.

Die weitere Entwicklung des Steinkohleeinsatzes in der Elektrizitätswirtschaft hängt im wesentlichen von der Verlängerung und Gestaltung der Verstromungsgesetze ab. Mit der 2. Änderung des 3. Verstromungsgesetzes wird die Anfang 1977 getroffene Vereinbarung zwischen Öffentlicher Elektrizitätswirtschaft und Steinkohlenbergbau über die zahnjährige Abnahme von ca. 33 Mio t Steinkohle finanziell abgesichert sein,²⁾ so daß der Verstromungsanteil des Steinkohleabsatzes zumindest mittelfristig erhalten bleibt.

¹⁾ Die seit Mitte 1977 eingeleiteten strukturellen Anpassungsmaßnahmen in der europäischen Eisen- und Stahlindustrie lassen vermuten, daß der dargestellte Steinkohleabsatz sich noch verändern kann. Auf dieser neueren Entwicklung konnte aber im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden.

²⁾ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft: Energieprogramm der Bundesregierung 2. Fortschreibung vom 14.12.1977, Bonn 1977, S. 17.

6.3.2.2.3 Haushalte und Kleinverbraucher

Trotz starken Anstiegs des Endenergieverbrauchs dieses Verbrauchssektors von 47 Mio tSKE/a in 1957 auf 100 Mio tSKE/a in 1974 hat der Absatz an Steinkohle erheblich abgenommen. Der Absatz an Hausbrand- und Koks-kohle verringerte sich in diesem Zeitraum von ca. 24 Mio tSKE/a auf 7 Mio tSKE/a. Die Ruhkohle AG lieferte 1974 ca. 4 Mio t. Die rückläufige Absatzentwicklung an Steinkohle ist eine Folge des auch in anderen Bereichen sich zeigenden Substitutionsprozesses der Brennstoffe. Dieser Prozeß ist bedingt durch

- die Wettbewerbsfähigkeit alternativer Energieträger,
- den höheren Heizungskomfort dieser Energieträger und den daraus resultierenden
- Heizungsumstellungsprozeß von Kohle auf Heizöl, Erdgas oder Strom und
- den fast ausschließlichen Zubau von Öl-, Gas- und Stromheizungen in Neubauten.

Seit 1970 wird der Substitutionsprozeß noch durch die Emissionsschutzbedingungen des Landes Nordrhein-Westfalen verstärkt.¹⁾

Dieser Bestimmung sind Höchstgrenzen für die durch Festbrennstoff-Feuerungsanlagen verursachten Abgase wie Staub und Ruß festgelegt worden. Dies hat zur Folge, daß die Kohlearten wie z.B. Gas-, Gasflamm-, Fettkohlen und pechgebundene Briketts nur noch begrenzt eingesetzt werden dürfen. Durch diese Institutionalisierung des eingeschränkten Steinkohleabsatzes (Emissionsschutzgesetz) und den sich wahrscheinlich fortsetzenden Trend, bequemere Energieträger zu nutzen, wird der Steinkohleabsatz weiter an Bedeutung verlieren.

¹⁾ Vgl. Achte Verordnung zur Durchführung des Immissionsschutzgesetzes (Auswurfbegrenzung bei Feuerungen für feste Brennstoffe) vom 6.2.1970, Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, Ausgabe A, 24. Jg. Nr. 24, 16. März 1970, S. 172 ff.

6.3.3 Langfristige Entwicklung des Steinkohleeinsatzes in den traditionellen Einsatzgebieten

Für die relevanten Einsatzgebiete der nordrhein-westfälischen Steinkohle werden in diesem Abschnitt mögliche langfristige Übergangsphasen bis zum Einsatz in die Vergasungsanlagen diskutiert. Dabei sollen als Extreme zwei Versorgungsalternativen mit Steinkohle aufgezeigt und begründet werden:

Alternative I : Reduzierung des Ruhrkohleeinsatzes in den traditionellen Einsatzgebieten Haushalte und Kleinverbraucher, Eisenschaffende Industrie, Elektrizitätswirtschaft

Alternative II: Beibehaltung des Steinkohleeinsatzes in den Einsatzgebieten Eisenschaffende Industrie und Elektrizitätswirtschaft.

6.3.3.1 Reduzierung des Ruhrkohleeinsatzes in den traditionellen Einsatzgebieten

Eine Entwicklungsmöglichkeit des Steinkohleeinsatzes der Ruhrkohle AG in den traditionellen Einsatzgebieten ist in Abb. 48 auf der folgenden Seite aufgezeigt. Hierbei wird von der Förderkapazität der Ruhrkohle AG in Höhe von 72 Mio t SKE im Jahre 1974 ausgegangen.¹⁾ Als Richtwert zur Aufteilung der Fördermengen auf die einzelnen Einsatzgebiete im Jahre 1974 wurden durchschnittliche Einsatzverhältnisse gewählt, wie sie sich aus den absoluten Einsatzmengen der letzten Jahre und der kurzfristigen Prognose von Budde ergeben.²⁾ Aufgrund von konjunkturbedingten Kohle- und Koksabsatzmengen sind relativ hohe Abweichungen vom Mittelwert möglich.³⁾

1) Vgl. o.V.: Die Ruhrkohle mit einem großen Investitionsprogramm, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 21. Juni 1976, Nr. 132, S. 13.

2) Vgl. BUDDE, K., a.a.O., S. 98 ff: Eine neue Statistik über die Einsatzmengenverhältnisse der Ruhrkohle, vgl. ifo-Schnelldienst 25/76, Steinkohlenbergbau Branchenreport 25/76, S. 3-8.

3) z.B. betrug im Jahre 1974 der Kohle- und Koksabsatz der Ruhrkohle AG in der Eisenschaffenden Industrie $49 \cdot 10^6$ tSKE. Hingegen mußte 1975 $5,7 \cdot 10^6$ tSKE Koks auf Halde geschüttet werden. Vgl. o.V.: Die Ruhrkohle mit einem großen Investitionsprogramm, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, a.a.O. S. 13.

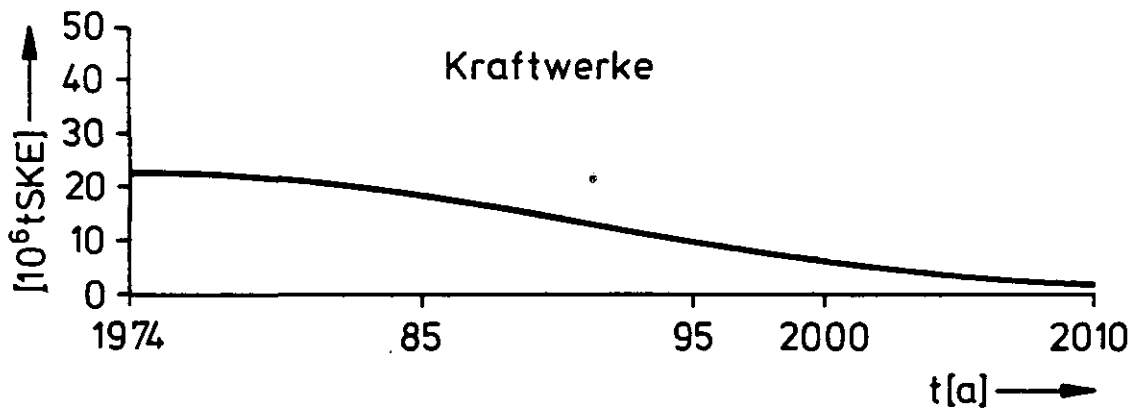
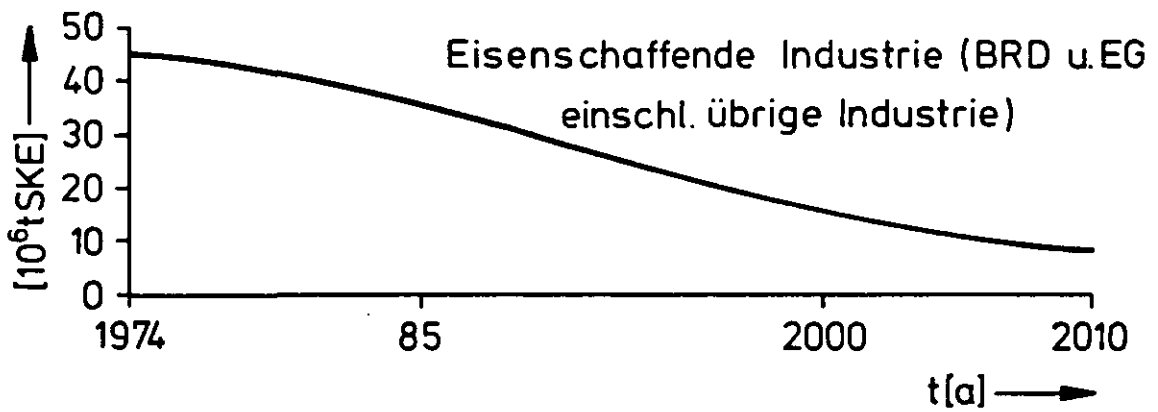
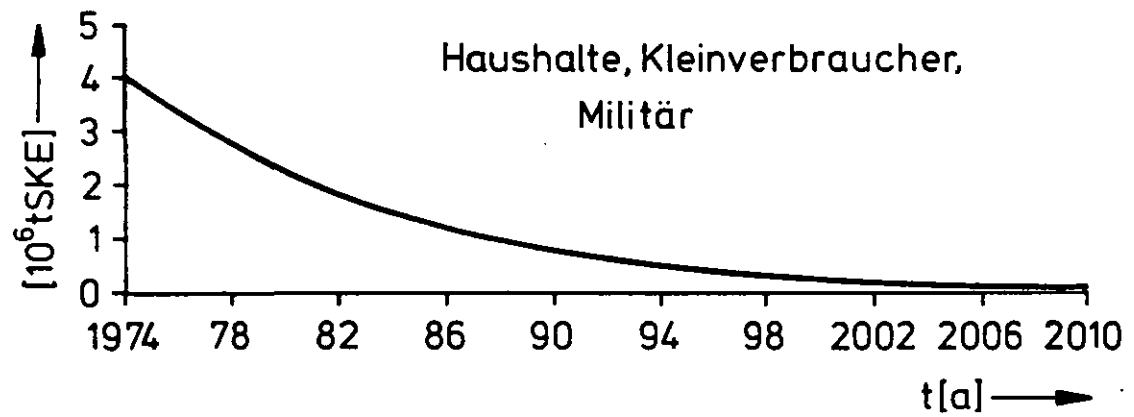


Abb. 48 : Langfristige Entwicklung des Steinkohleeinsatzes der Ruhrkohle AG in den traditionellen Einsatzgebieten (pessimistische Alternative)

Im einzelnen lassen sich die Kurvenverläufe wie folgt begründen:

Haushalt und Kleinverbrauch

Für den Verbrauchssektor Haushalt und Kleinverbrauch wird angenommen, daß die Entwicklung der Vergangenheit sich in der Zukunft fortsetzt (vgl. Abb. 47). Dies führt zu einem vollständigen Rückgang des Steinkohleabsatzes in diesem Bereich bis zum Betrachtungszeitraum 2010.

Eisenschaffende Industrie

Langfristig ist die Absatzentwicklung der Steinkohle und insbesondere des Steinkohlenkokses in der Eisenschaffenden Industrie bei vorgegebener Produktionsentwicklung für Rohstahl abhängig von den gewählten Verfahren der Eisen- und Stahlgewinnung.¹⁾ Die Einführung von Direktreduktionsverfahren würde den Kokseinsatz einschränken. Der in Abb. 48 aufgezeigte Kurvenverlauf geht von einer optimistischen Einschätzung der Verwendung von Direktreduktionsanlagen aus. Sie wurde auf der Basis der derzeitigen Hochofenkapazität und Hochofenaltersstruktur und unter Berücksichtigung der technischen Lebensdauer errechnet.²⁾ Für den Kokseinsatz in der Eisenschaffenden Industrie der Europäischen Gemeinschaft und den Drittländern wurde der gleiche Substitutionsverlauf des Hochofens durch Direktreduktionsverfahren unterstellt.

1) Vgl. zu den möglichen Verfahren der Eisen- und Stahlgewinnung die Darstellung in Abschnitt 6.2.2

2) Vgl. Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlgewinnung, a.a.O., Abb. 16, S. 45

Elektrizitätswirtschaft

Die derzeit vereinbarte Absatzgarantie der deutschen Elektrizitätswirtschaft reicht ab 1978 für zehn Jahre und sieht einen durchschnittlichen jährlichen Steinkohleeinsatz von 33 Mio t/a vor.¹⁾ Über diesen Zeitraum hinausgehende Vereinbarungen oder energiepolitische Stützungsmaßnahmen²⁾ existieren nicht, so daß von 1987 an im ungünstigsten Fall mit einer Reduzierung des Steinkohleeinsatzes in diesem Bereich gerechnet werden muß. Der abnehmende Steinkohleeinsatz in der Stromwirtschaft wurde auf der Basis einer durchschnittlichen technischen Lebensdauer von Steinkohlekraftwerken von 25 Jahren und der derzeitigen Kraftwerks-Altersstruktur ermittelt.³⁾

6.3.3.2 Beibehaltung des Ruhrkohleeinsatzes in der Eisen- und Stahlindustrie und bei der Elektrizitätswirtschaft

Nach Alternative II sollen die Einsatzpotentiale der Steinkohle in der Eisenschaffenden Industrie und dem Kraftwerksbereich erhalten bleiben. Vom Gesamtabatz der Ruhrkohle AG entfielen auf diese Bereiche im Jahre 1974 annähernd 70 Mio t SKE, der sich zu 25 Mio t auf die Elektrizitätswirtschaft aufteilt.

1) Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.): Grundlinien und Eckwerte für die Fortschreibung des Energieprogramms, in: Bulletin, Nr. 30, Bonn, 25.3.1977, S. 276

2) Vgl. die Reichweite des Dritten Verstromungsgesetzes bis 1987 nach seiner zweiten Änderung: vgl. o.V.: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung energierechtlicher Vorschriften: Änderung des Dritten Verstromungsgesetzes, Bonn, 16.8.1977

3) Programm Angewandte Systemanalyse der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen (AGF/ASA): Orientierungsanalyse zur Problematik einer umfassenden Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland, Studie im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungszentren, ASA-PE/o4/76, Köln 1976

Eisenschaffende Industrie

Ein bedeutender Einflußfaktor für die verstärkte Einführung des Direktreduktionsverfahrens ist die Koks- und Gaspreisentwicklung. Kostenuntersuchungen haben gezeigt, daß das Direktreduktionsverfahren auf der Basis derzeitiger Gaspreise annähernd wettbewerbsfähig sein kann.¹⁾ Geht man aber davon aus, daß Erdgas aus weit entlegenen Gebieten zur Bundesrepublik Deutschland transportiert werden muß, kann aufgrund der hierdurch entstehenden Transportkosten und evtl. steigenden Sondenpreise²⁾ das Direktreduktionsverfahren unwirtschaftlich werden. Dies würde bedeuten, daß der Koksabsatz in der Eisenschaffenden Industrie auch langfristig gesichert wäre.

Wie in Abschnitt 6.3.3.1 gezeigt, kann eine verfahrensbedingte Abnahme des Koksverbrauches durch den Einsatz der Kernenergie und der Erzeugung synthetischen Naturgases erfolgen. Das synthetische Naturgas kann ebenso wie Erdgas noch einer Konvertierung zu Synthesegas zur Direktreduktion eingesetzt werden. Die Kostenvorteile aus der Kernenergienutzung könnten die Einführung der Direktreduktionsverfahren beschleunigen.

In diesem Abschnitt soll aber von den alternativen Entwicklungsmöglichkeiten der Direktreduktion in der Bundesrepublik Deutschland ausgegangen werden, wie sie in Abschnitt 6.2.4.1 dargestellt wurde.

1) Vgl. die Ausführungen in Abschnitt 6.2.4.1.

2) Vgl. Abschnitt 3.1.2.2.

Nach Tab. 47 sind in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000 5 - 10 % der Rohstahlerzeugung auf der Basis von Eisenschwamm möglich.¹⁾ Das sind 3,5 bis maximal 8,5 Mio t Rohstahl. Dafür benötigt man 1,0 bis 3,0 Mio t Koks. Setzt man diese Entwicklung bis 2010 fort, so ist in Deutschland mit einem Rückgang des Kokseinsatzes von 1,5 bis 3,5 Mio t Koks zu rechnen. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Auslandslieferungen der Ruhrkohle AG von annähernd 40 % der Gesamtlieferungen an die Stahlindustrie und der Voraussetzung gleicher Anteile der Direktreduktion im Ausland betragen die Einbußen beim Koksabsatz insgesamt 2,0 bis 6,8 Mio t/a.

Der Kokseinsatz in der Eisen- und Stahlindustrie kann unter diesen Annahmen auch langfristig erhalten bleiben.

Elektrizitätswirtschaft

Wird angenommen, daß die Gesetze zum Einsatz der Steinkohle in der Elektrizitätswirtschaft aus versorgungs- und strukturpolitischen Gründen auch über das Jahr 1988 hinaus wirksam sind, dann ist der Absatz der Steinkohle auch langfristig gesichert.

Zusammen mit den langfristigen Einsatzmöglichkeiten in der Eisen- und Stahlindustrie kann nach dieser Alternative mit einem langfristigen Absatz der Ruhrkohle AG von 65 bis 70 Mio t/a gerechnet werden.

Die beiden Alternativen stellen eine minimale (I: 3-5 Mio t im Jahre 2000) und maximale (II: 50 Mio t im Jahre 2000) Möglichkeit für die zur Vergasung verfügbare Steinkohlemenge Nordrhein-Westfalens dar. Ebenso wie die möglicherweise in der Elektrizitätswirtschaft langfristig gebundene Braunkohle können die in der Eisenschaffenden Industrie und zur Verstromung eingesetzten Steinkohlemengen Restriktionen für eine SNG-Erzeugung auf inländischer Kohlebasis bedeuten. Falls die Förderung der Kohle nicht erhöht wird bzw. werden kann, muß auf Importkohle zurückgegriffen werden. Auf diese Möglichkeit soll hier nicht eingegangen werden, da nur der künftige Absatz der Inlandskohle zur Diskussion steht.

¹⁾ Vgl. Abschnitt 6.2.4.1

6.3.4 Alternative Absatzmöglichkeiten der Steinkohle durch nukleare Kohlevergasung

Während man für den mittelfristigen Zeitraum bis 1985/87 noch von einer Konstanz des Steinkohleabsatzes für das Ruhrgebiet ausgehen kann, zeigen die Alternativen der langfristigen Absatzüberlegungen, daß erheblich differierende Entwicklungen möglich sind. Bei Alternative I ist es z.B. schon Anfang der 80er Jahre notwendig, Kohlevergasung zu betreiben, um die Fördermenge der Ruhrkohle AG aufrecht erhalten zu können. Falls der Weltmarktpreis für Erdöl und Erdgas dann über den Kosten der SNG-Erzeugung mittels autothermer Verfahren liegt, ist eine solche Entwicklung wahrscheinlich. Andernfalls müßten Kapazitäten eingeschränkt werden, oder die Förderung müßte so lange subventioniert werden, bis das voraussichtlich wettbewerbsfähige nuklear erzeugte Synthetische Naturgas einen entsprechenden Absatz gefunden hat.

Die Größenordnung des Bedarfspotentials an Synthetischem Naturgas soll im folgenden anhand alternativer Annahmen angegeben werden. Zuvor werden die Einflußgrößen auf den Umfang der nuklearen Steinkohlevergasung diskutiert.

6.3.4.1 Einflußgrößen auf die nukleare Steinkohlevergasung

Die Bestimmungsgrößen, die den Absatz der Steinkohle für nuklear erzeugtes Synthetisches Naturgas determinieren, lassen sich in vier Gruppen einteilen:¹⁾

¹⁾ Die Einteilung erfolgte nach den Wirkungsgrößen auf den relevanten Märkten; die verschiedenen Determinanten wurden von Oesterwind in einem Simulationsmodell verwendet. Vgl. Oesterwind, D.: Alternative Strategien zur Einführung des Synthetischen Erdgases auf dem Energiemarkt in der Bundesrepublik Deutschland, Untersuchung mit Hilfe eines regionalisierten Simulationsmodells, Dissertation, Köln 1977

1. die Angebotsdeterminanten, insbesondere:

- die zur Vergasung verfügbaren inländischen Braunkohlemengen,
 - die zur Vergasung verfügbaren inländischen Steinkohlemengen,
 - die zur Vergasung verfügbare Menge an Importkohle,
- auch in zeitlicher Hinsicht.

Die Verfügbarkeit der Energieträger hängt nicht nur von der gesamten Vorratsmenge bzw. Angebotsmenge auf dem Weltmarkt ab, sondern auch von ihren alternativen Verwendungsmöglichkeiten, z.B. dem Einsatz zur Stromerzeugung oder zur Eisenverhüttung. Aufgrund ihrer kostengünstigen Förderung ist z.B. anzunehmen, daß Braunkohle zuerst zur Vergasung genutzt wird, wobei aber ihr künftiger Vergasungsanteil aufgrund der ebenfalls attraktiven Verstromung gegenwärtig nicht bestimmt werden kann.

Als weitere Angebotsdeterminanten können auch die mengenmäßige und zeitliche Verfügbarkeit der mit dem Synthetischen Naturgas in unmittelbarer oder mittelbarer Konkurrenz stehenden Energieträger genannt werden (Heizöl, Erdgas, Fernwärme, Umgebungswärme, Sonnenenergie).

2. die Nachfragedeterminanten, und zwar insbesondere:

- die Entwicklung des Endenergiebedarfs der Bundesrepublik Deutschland,
- die spezielle Entwicklung des Wärmebedarfs der Haushalte, Industrie und Kleinverbraucher, da das Synthetische Naturgas besonders seiner Deckung dienen soll,
- die Möglichkeit des Exports von nuklear erzeugtem Synthetischem Naturgas
- die jährliche Lastkurve der SNG-Abnahme, die die Auslastung der nuklearen Kohlevergasungsanlage und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit bestimmt.

Wichtig für die inländische Steinkohlenförderung ist hierbei, ob und zu welchem Zeitpunkt aufgrund eines begrenzten Angebotes anderer Energieträger die autotherme Kohlevergasung notwendig wird.

3. die aus den Kosten- bzw. Preisrelationen zwischen den konkurrierenden Energieträgern bestehenden Determinanten:

Der Vergleich kann auf verschiedenen Preis- bzw. Kostendefinitionen (Wärmepreis, Äquivalenzpreis, einzelwirtschaftliche Kosten, volkswirtschaftliche Kosten) beruhen.²⁾

Für die Steinkohlenförderung ist nicht nur der Preis des nuklear erzeugten Synthetischen Naturgases, sondern auch der Preis des autotherm erzeugten Synthetischen Naturgases von Bedeutung und seine Relation zu den Preisen bzw. Kosten der Konkurrenzenergieträger. Wichtig für den Steinkohleabsatz sind in diesem Zusammenhang:

- die Förderkosten der inländischen Steinkohle,
- die Kosten der autothermen und nuklearen Kohlevergasung,
- die Weltmarktpreise für Steinkohle,
- die Weltmarktpreise für Erdöl und Erdgas,

und ihre Entwicklung während der gesamten Betriebsdauer der Steinkohlenbergwerke.

4. energiepolitische Maßnahmen zur Stützung des Steinkohlenbergbaus. Sie scheinen insbesondere für eine Übergangszeit bis zur Einführung der Nuklearen Kohlevergasung notwendig zu sein und sind in ihrer Höhe im wesentlichen von der Preisentwicklung auf den Energiemärkten abhängig.

¹⁾ Oesterwind rechnet z.B. Strategien mit Wärmepreisen und Äquivalenzpreisen, da private Verbraucher den Energieträger in der Regel auf der Grundlage der Wärmepreise, gewerbliche Verbraucher auf der Grundlage von Äquivalenzpreisen wählen. Als soziale Kosten der Konkurrenzenergieträger des Synthetischen Naturgases werden die Kosten der Minderung von Schadstoffemissionen und die Kosten der Erhaltung einer höheren Versorgungssicherheit (z.B. Lagerung) berücksichtigt; Vgl. Oesterwind, D., a.a.O., S. 296 ff

Die Ermittlung der Absatzmenge an Steinkohle durch die Einführung der Kernenergie zur Kohlevergasung ist aufgrund der vielen in ihrer Wirkung häufig noch unbestimmten Einflußgrößen nur in Form verschiedener Alternativrechnungen möglich. Die Ergebnisse solcher Modellrechnungen sollen im folgenden dargestellt werden.¹⁾ Dabei werden die Ergebnisse gezeigt, deren Realisierung aus der Sicht der verfügbaren Angebotsmenge, der Nachfrageentwicklung der voraussichtlichen Preisverhältnisse und der Energiepolitik am wahrscheinlichsten sind. Die Voraussetzungen zu den verschiedenen Strategien werden nicht dargestellt.²⁾

6.3.4.2 Absatz des Synthetischen Naturgases auf der Basis inländischer Braun- und Steinkohle

Wird nur inländische Kohle zur Vergasung eingesetzt und hiervon wiederum zuerst die kostengünstigere Braunkohle, dann müssen die Braun- und Steinkohle ihre traditionellen Einsatzgebiete partiell oder vollständig aufgeben. Zuerst wird vorausgesetzt, daß die Braunkohle noch zu 50 % der Förderleistung verstromt wird.

In Abb. 49³⁾ ist zuerst die Entwicklung der autothermen SNG-Erzeugung und der dafür notwendige Einsatz an Braunkohle und Steinkohle für die Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Aufgrund der wahrscheinlichen Entwicklung des Endenergiebedarfs und der langfristig begrenzten Angebote alternativer Energieträger wird damit gerechnet, daß ab 1994 Synthetisches Naturgas auf konventionelle Weise erzeugt werden muß. Es erreicht im Jahre 2000 einen Marktanteil von 25 Mio t SKE (= 6 % des gesamten Endenergiebedarfs). Im Jahre 2010 gewinnt das autotherm erzeugte SNG einen Marktanteil von 55 Mio t SKE (= 9 % des Endenergiebedarfs). Hierfür werden ca. 60 Mio t Steinkohle und 30 Mio t Braunkohle benötigt.

¹⁾ Sie sind der Arbeit von Oesterwind entnommen; Vgl. Oesterwind, D., a.a.O., S. 274 ff

²⁾ Vgl. die Voraussetzungen der Kapitel 5.1 und 5.2 bei Oesterwind, a.a.O., S. 288 ff und S. 305 ff

³⁾ Quelle: Oesterwind, D., a.a.O., Abb. 5.1/2, S. 289

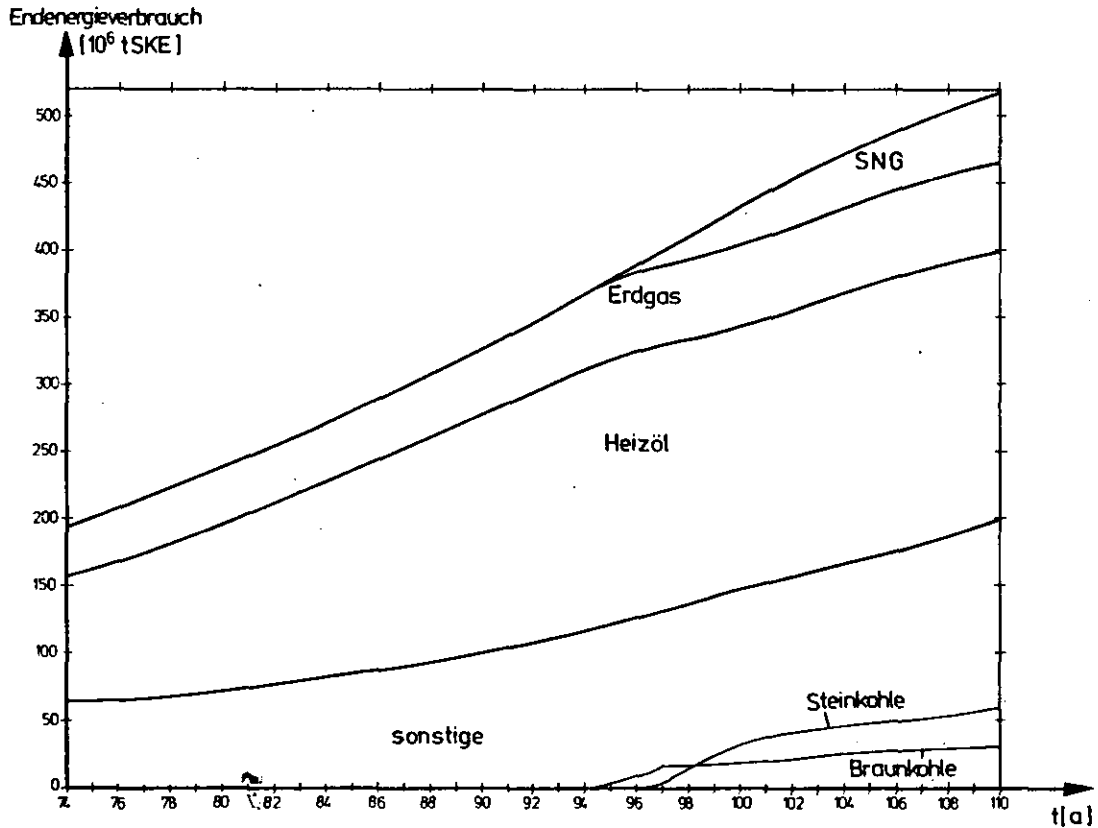


Abb. 49 : Entwicklung des autotherm erzeugten synthetischen Erdgases auf der Basis inländischer Braun- und Steinkohle (autotherme Standardstrategie)

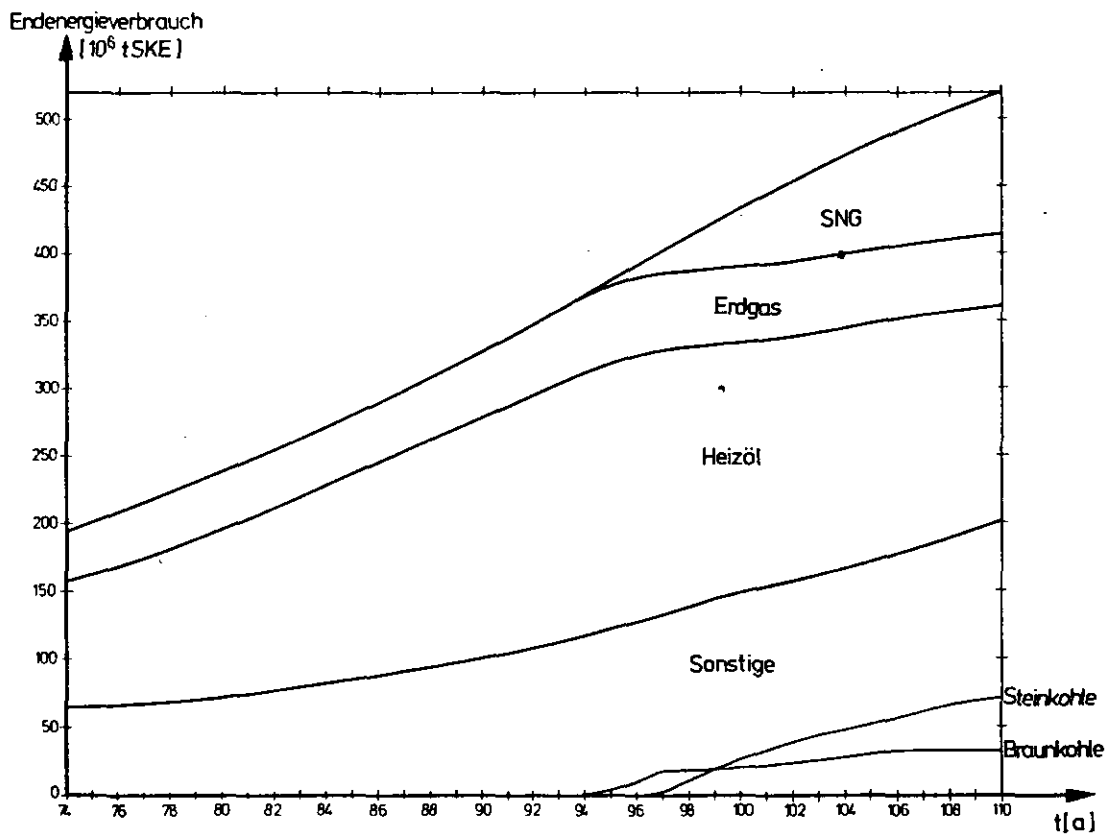


Abb. 50 : Entwicklung des nuklear erzeugten synthetischen Erdgases auf der Basis inländischer Braun- und Steinkohle (nukleare Standardstrategie)

Abb. 50¹⁾ zeigt den Verlauf des SNG-Absatzes und das dafür notwendige Aufkommen an Braun- und Steinkohle nach Einsatz der Kernenergie. Das nuklear erzeugte Synthetische Naturgas erhält im Jahre 2000 einen Marktanteil von 40 Mio t SKE und im Jahre 2010 von 110 Mio t SKE (= 20 % des Endenergiebedarfs). Es zeigt sich somit, daß die nukleare Kohlevergasung aufgrund ihrer geringeren SNG-Erzeugungskosten stärker in den Energiemarkt eindringen kann als die autotherme Kohlevergasung. Aufgrund des weit geringeren spezifischen Kohleeinsatzes benötigt die nukleare Kohlevergasung für diese Marktanteile Braun- und Steinkohlemengen in der gleichen Höhe wie die autotherme Vergasung.

Die Kurvenverläufe des Kohleaufkommens zeigen, daß ab 1997 das zur Verfügung stehende Braunkohleangebot nicht mehr ausreichen und ein Übergang auf die inländische Steinkohle notwendig wird, die schon ab 1999 mehr zur Vergasungskohle beiträgt als die Braunkohle. Das Bild ergibt sich für beide Verfahren der Kohlevergasung.

Der frühe Wechsel von der Braun- zur Steinkohle ist auf die Annahme zurückzuführen, daß die Braunkohle noch teilweise zur Verstromung eingesetzt wird. Wird diese Annahme aufgehoben, so zeigt sich in Abb. 51²⁾, daß erst im Jahre 1999 mit der Steinkohlevergasung begonnen werden kann. Bei dieser Strategie wird um das Jahr 2000 die Braunkohleförderkapazität erreicht, und nach 2002 liegen die Steinkohlevergasungsmengen schon über den Braunkohlevergasungsmengen. Ab 2008 ist die Förderkapazität der Ruhrkohle AG erreicht (Steinkohle-Alternative I).

¹⁾ Quelle: Oesterwind, D., a.a.O., Abb. 5.1/1, S. 289

²⁾ Quelle: Oesterwind, D., a.a.O., Abb. 5.1/2, S. 290

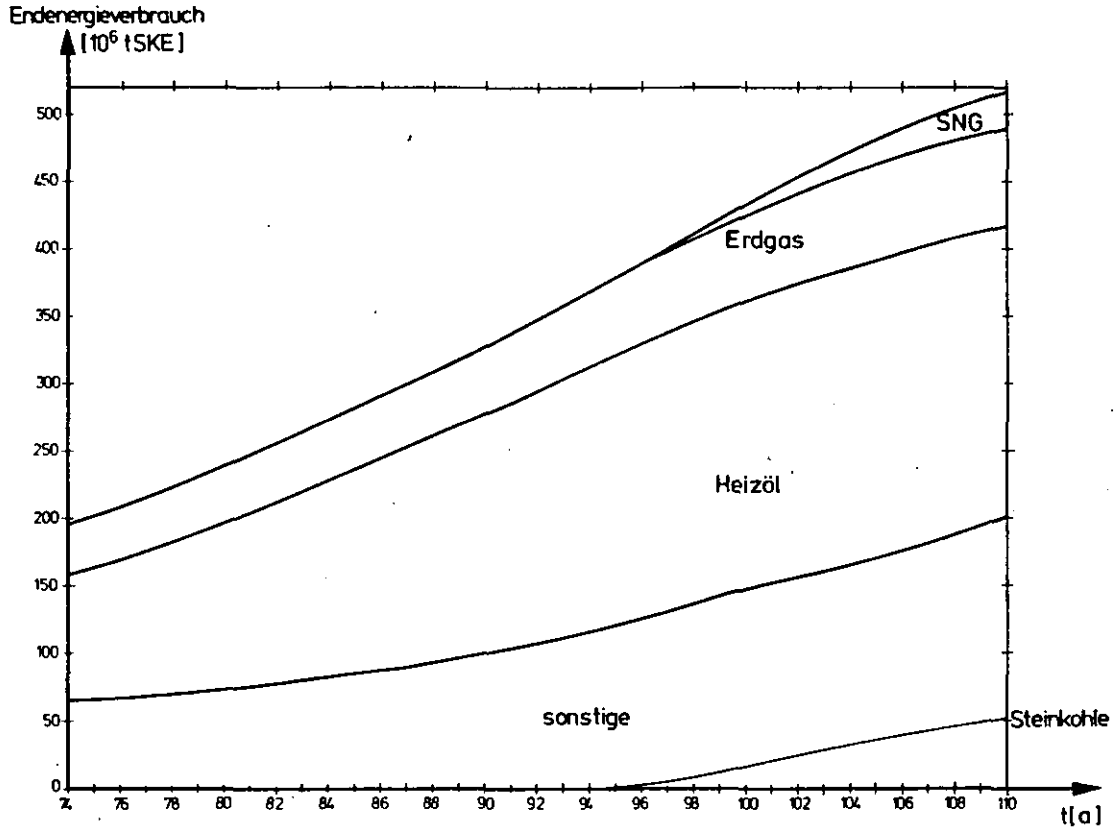


Abb. 52: Entwicklung des autotherm erzeugten synthetischen Erdgases ausschließlich auf der Basis von Steinkohle

zum Jahre 2010 lediglich einen Marktanteil von 5 % übernehmen kann. Hierfür werden ca. 60 Mio t Steinkohle, d.h. fast die gesamte Förderung der Ruhrkohle AG benötigt.

Ein günstigeres Bild ergibt sich bei Einführung der nuklearen Kohlevergasung (Abb. 53)¹⁾. Unter sonst gleichen Bedingungen wird sie im Jahre 2010 einen Marktanteil von 18 % einnehmen. Die Förderkapazität der Ruhrkohle AG kann schon ab 2006 erreicht werden. Die zusätzlichen Steinkohlemengen müssen danach importiert werden.

¹⁾ Quelle: Oesterwind, D., a.a.O., Abb. 5.2/2, S. 306

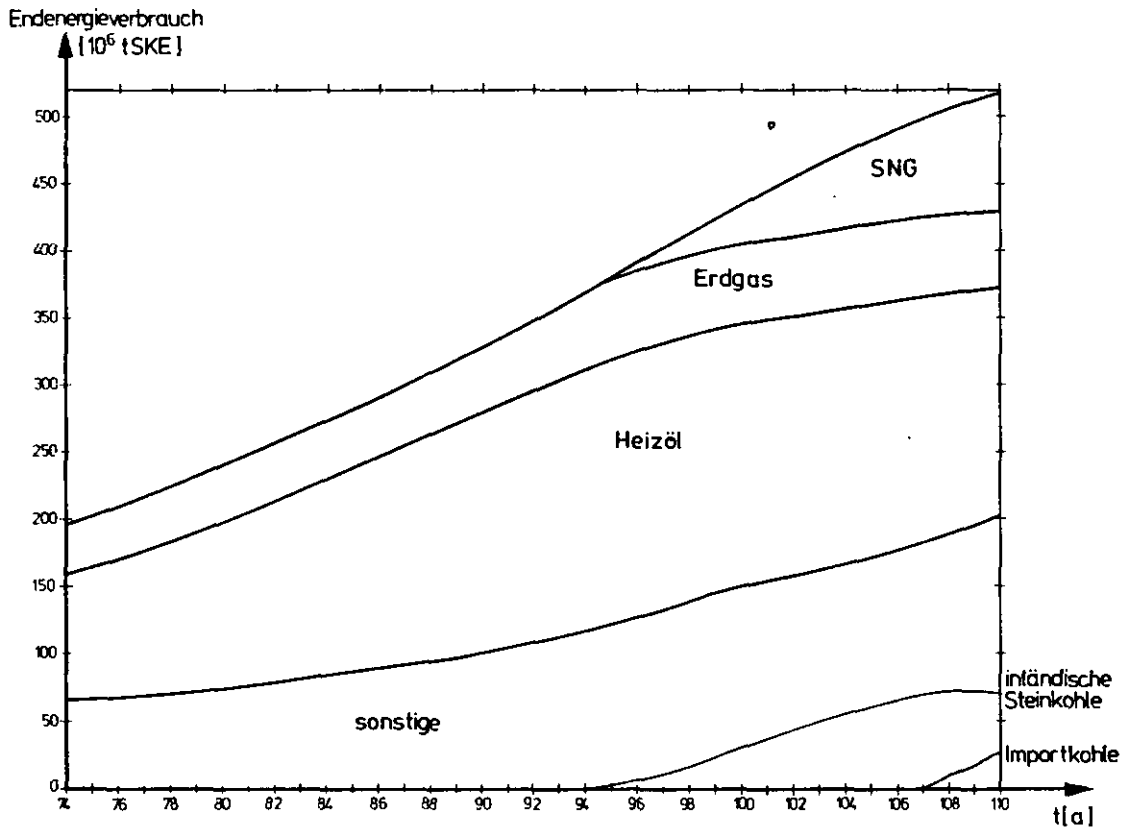


Abb.53 : Entwicklung des nuklear erzeugten synthetischen Erdgases ausschließlich auf der Basis von Steinkohle

Mit nuklearer Wärme erzeugtes Synthetisches Naturgas erreicht einen höheren Marktanteil am gesamten Endenergiebedarf als auf fossiler Basis erzeugtes SNG. Damit erhöht sich auch der Absatz an Steinkohle zur Vergasung. Bei teilweisem oder vollständigem Verstromungsanteil der verfügbaren Braunkohlenförderung sind es in 2000 ca. 40 Mio tSKE; in 2010 ca. 75 Mio tSKE.

7. Ausstrahlung der relevanten Wirtschaftszweige auf die gesamte Wirtschaft im Ruhrgebiet und Nordrhein-Westfalen und die Bewertung des Kernenergieeinsatzes

Das Ausmaß regionaler Entwicklungswirkungen durch den Kernenergieeinsatz ist nicht nur von dem Anfangsimpuls einer Kostensenkung oder Standortbeeinflussung abhängig, sondern ebenfalls von sekundären Determinanten, wie z.B. den Basis- oder Polarisations-eigenschaften des in seiner Wettbewerbsfähigkeit oder Standortverhaltens beeinflussten Wirtschaftszweiges. Ebenfalls können wachstumsfördernde Merkmale der Einsatzregion, z.B. Erfüllung der Standortanforderungen der Sekundärindustrien, wirksam werden.

Die Basis- oder Polarisations-eigenschaften der Sektoren bestimmen ihre "Ausstrahlung" auf die gesamte regionale Wirtschaft. Unter dem Begriff der Ausstrahlung ist das Vermögen des Sektors zu verstehen, Investition und Produktion in anderen Wirtschaftsbereichen anzuregen bzw. dauerhaft zu beeinflussen. Er ist allgemeiner gefaßt als die Begriffe "Basis-Eigenschaft" oder "Polarisationseigenschaft", die eine bestimmte regionale Wachstumstheorie implizieren.

In diesem Kapitel soll zuerst dargestellt werden, welche Wachstumsfunktionen die energieintensiven Wirtschaftszweige im Ruhrgebiet übernehmen. Daraus läßt sich ersehen, welche Einsatzindustrie der Kernenergie von besonderer strukturpolitischer Bedeutung ist. Anschließend wird die Ausstrahlung der betrachteten wichtigen Wirtschaftszweige auf die gesamte regionale Wirtschaft aufgezeigt, woraus sich dann die strukturpolitische Bedeutung der Kernenergienutzung ableiten läßt.

7.1 Funktion der energieintensiven Wirtschaftszweige für das regionale Wachstum

Die Kriterien, die die wachstumspolitische Bedeutung eines Sektors für eine Region angeben, sind:¹⁾

- die Expansionskraft bzw. Wachstumsaussichten
- die Exportfähigkeit,
- die Polarisationsseigenschaften, insbesondere Verflechtung und räumliche Attraktion.

Aus der Sicht des Wirtschaftsraumes kommt noch die

- spezielle Eignung dieses Raumes
- als Standort für den Wirtschaftszweig hinzu.

7.1.1 Wachstumsaussichten

Die Entwicklung eines Betriebes an einem gegebenen Standort wird von regions- bzw. standortpolitischen, betriebsspezifischen und überregionalen, d.h. branchenspezifischen Determinanten bestimmt.²⁾ Sieht man im Rahmen der Analyse des regionalen Wachstumsbeitrags eines ganzen Wirtschaftszweiges zuerst von der Betrachtung regionsspezifischer Faktoren ab,³⁾ dann kann man die mittel- bis langfristigen Wachstumsaussichten des Betriebes anhand allgemeiner, branchenspezifischer Kennziffern beurteilen.

Nach einer Untersuchung von Mertens⁴⁾ sind Wachstumsindustrien im wesentlichen durch folgende Merkmale gekennzeichnet:⁵⁾

¹⁾ Vgl. Abschnitt 4.3.2.2

²⁾ Stockmann, W.: Beschäftigtenrückgänge und Regionalpolitik in monoindustriellen Problemgebieten, Düsseldorf 1972, S. 36

³⁾ Die regionsspezifischen Einflußgrößen werden aus den Ergebnissen der Shift-Analyse in Abschnitt 7.1.4 sichtbar

⁴⁾ Mertens, D.: Wachstumsindustrien. Ein Beitrag zur partiellen Konjunkturbeobachtung, in: Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, Berlin, 1960, S. 282-296

⁵⁾ Vgl. auch die Auswahl von "Wachstumsindustrien" in: Müller, H.J., u.a.: Probleme der Wirtschaftsstruktur des Saarlandes, Regional- und wirtschaftspolitische Studienreihe, hrsg. von der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 2. Entwick-

1. eine intensive Investitionstätigkeit, die sich in einer überdurchschnittlichen Investitionsquote und überdurchschnittlichem Wachstum des Brutto-Anlagevermögens zeigt,
2. eine hohe und überproportional wachsende Produktivität in Bezug auf die Einsatzfaktoren Arbeit, Energie und Kapital,
3. überproportionale inländische und ausländische Nachfrage, die mittels der Einkommenselastizität der Branche und ihrer Exportquote gemessen werden kann.

Diese Kenngrößen entwickeln sich natürlich nicht isoliert voneinander, sondern bedingen sich zum Teil gegenseitig. Zum Teil drücken sie autonome Einflüsse aus, wie zum Beispiel die Produktivitätsentwicklung auf einen hohen technischen Fortschritt und die Einkommenselastizität auf einen hohen Bedarf der Haushalte und Unternehmen nach den Gütern der Sektoren schließen läßt.

Im Hinblick auf den mittel- bzw. langfristigen Wachstumsbeitrag der energieintensiven Wirtschaftszweige in der Standortregion läßt sich demnach vermuten, daß

1. die Wirtschaftszweige in der Region ein überproportionales Wachstum haben, wenn sie auf gesamtwirtschaftlicher Ebene überdurchschnittlich wachsen und
2. ihr zu erwartender regionaler Wachstumsbeitrag umso höher ist, je mehr die genannten Merkmale überdurchschnittliche bzw. hohe Werte ihrer Maßgrößen aufweisen.

Die Kenngrößen für die infrage kommenden energieintensiven Wirtschaftszweige sind in Tab. 59 aufgeführt.¹⁾

Fortsetzung 5)

lungs- und Umstellungsprogramm, Luxemburg 1967, S. 158 f; und: Jochimsen, R., Tremmer, P., Gustafsson: Kommende Industrie- und Gewerbeförderung, Schriftenreihe Fortschrittliche Kommunalverwaltung, Band 17, Köln und Berlin 1970, S. 80

¹⁾ Quellen: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Statistische Kennziffern, 12. Folge, 1960-1971, Berlin 1972; ifo-Institut für Wirtschaftsforschung, Strukturdaten über die Industrie, 4. Folge, 1960-1973, München 1975; Fischer, J.: Struktur und Entwicklung der Wirtschaft bis 1985 im Bundesgebiet und in Nordrhein-Westfalen, Teil 1, in: RWI-Mitteilungen, Jahrgang 24, 1973, S. 139 ff

	Investitions- quote		Arbeits- produktivität		Kapital- produktivität		Export- quote		Einkommen- elastizität	Produktions- wachstum	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)		(2)	(4)
	%	%	DM	%	DM	%	%	%		%	
Eisenschaffende Industrie	7,9	134	35,6	147	477	88	25,7	107	0,94	139	0,81
Industrie der Steine und Erden	9,9	77	40,2	176	603	69	5,4	113	0,77	158	0,92
Glasindustrie	10,5	154	19,1	217	836	72	20,1	112	1,22	181	1,07
Chemische Industrie	10,8	107	56,7	211	305	141	34,6	140	2,26	269	1,65
Feinkeramische Industrie	8,1	123	19,1	154	794	80	33,2	131	0,53	131	0,76
Eisen-, Stahl- und Tempergießeisen	7,4	109	22,5	129	644	84	5,5	160	0,22	113	0,66
ZHP - Industrie	14,1	174	36,6	170	429	91	16,3	209	1,13	158	0,92
NE-Metallerzeugung	7,5	160	26,1	138	504	93	27,6	129	1,18	153	0,89
Gesamte Industrie	6,8	100	30,25	162	755	93	22,6	131	1,23	172	1,0
(Quelle)	a)		a)		a)		b)		c)		a)

Spalten:

- (1) Wert des Jahres 1970
 (2) Entwicklung 1960-1970,
 1060 = 100
 (3) Zeitraum 1964-1971
 (4) Entwicklung 1960-1970 in
 Relation zum Industrie-
 wachstum

Definition der Kennziffern:

- Investitionsquote = Brutto-Anlagevermögen in % des Umsatzes (nominal)
 Arbeitsproduktivität = Effektives Nettoproduktionsvolumen je Beschäftigten
 in 10³ DM zu Preisen von 1962
 Kapitalproduktivität = Effektives Nettoproduktionsvolumen je 1000 DM
 Brutto-Anlagevermögen in DM zu Preisen von 1962
 Einkommenselastizität = durchschnittliches jährliches BIP-Wachstum des
 Industriezweiges zum durchschnittlichen jährlichen
 Wachstum des BIP, 1964-1971
 Exportquote = Ausfuhr in % des Umsatzes
 Produktionswachstum = Entwicklung des effektiven Nettoproduktionsvolumens
 in Preisen von 1962

Tab. 59 : Kennzeichnung der energieintensiven Wirtschaftszweige als Wachstumsindustrien

Als "wachstumsintensiv" sollen danach diejenigen Wirtschaftszweige bezeichnet werden, bei denen mindestens drei der genannten Kriterien Werte aufweisen, die über oder nahe bei dem Bundesdurchschnitt liegen. Es sind dies:

- die Chemische Industrie,
- die Glasindustrie,
- die NE-Metallerzeugung,
- die Papier- und Pappeerzeugende Industrie.

7.1.2 Basiseigenschaften

Die Verwendung allgemeiner Kriterien zur Zuordnung der Wirtschaftszweige zu den Basisbereichen, wie z.B. mit Hilfe ihrer Zugehörigkeit zur Industrie, beruht auf der Hypothese, daß der betreffende Wirtschaftszweig tatsächlich einen großen Teil seiner Produktion aus der Region exportiert. Je größer das betrachtete Gebiet und je intensiver die interne Wirtschaftsverflechtung ist, desto weniger gelten solche allgemeinen Kriterien zur Bestimmung der Basisbereiche.

Da das Ruhrgebiet schon eine Größe erreicht, die die Anwendung der Exportbasis-Theorie in Frage stellt, wird im folgenden die Kennzeichnung der energieintensiven Wirtschaftszweige als Basisbereiche anhand des theoretisch exakten Kriteriums, der regionalen Exportquote, vorgenommen. Als Hilfsgröße für die regionale Exportquote kann der regionale Deckungsgrad¹⁾ verwendet werden. Da vollständige Input-Output-Rechnungen für das Ruhrgebiet nicht existieren, wurde von Löbbe/Kruck²⁾ eine solche potentielle Exportquote für alle Industrien des Ruhrgebietes errechnet. Sie wird hier für die energieintensiven Industriezweige wiedergegeben (Tab. 60).

¹⁾ Vgl. die Ausführungen in Abschnitt 4.3.3.2.1 und zur Bestimmung des Deckungsgrades auch: Strassert, G.: Möglichkeiten und Grenzen der Erstellung und Auswertung regionaler Input-Output-Tabellen, unter besonderer Berücksichtigung der derivativen Methode, Schriften zu Regional- und Verkehrsproblemen in Industrie- und Entwicklungsländern, hrsg. von J.H. Müller und T. Dams, Band 2, Berlin 1968

²⁾ Vgl. Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Schriftenreihe des RWI, Neue Folgen, Heft 37, Berlin 1976, S. 22 f

	Industrielles Nachfragepotential (Vorleistungen und Investition)		Endverbrauch im Ruhrgebiet	"Export (+) bzw. "Import" (-)	potentielle Exportquote	
	Lieferungen	der Ruhrgebietsindustrien				
	Mio DM		in % der Lieferungen	Mio DM		%
Bergbau	6 439	1 638	28,5	165	+ 4436	68
Chemie	4 677	2 217	47,4	364	+ 2096	45
Mineralölverarb.	4 285	1 267	29,6	415	+ 2603	60
Steine und Erden	1 082	1 175	108,6	14	- 107	-
Feinkeramik		99	-	39	- 138	-
Glas	734	223	30,4	23	+ 488	66
Eisen- u. Stahlerz.	13 510	4 040	29,9	16	+ 9454	70
NE-Metalle	1 396	630	45,1	4	+ 762	55
EST-Gießereien	437	442	101,1	4	- 9	-
Zieh., Kaltw.w., Stahlv.	1 534	1 102	71,8	18	+ 414	27
Sägewerke, Holzbearb.	75	258	344,0	30	- 213	-
Zellst.,Papier u. Pappe	103	259	251,5	7	- 163	-
Nahrung u. Genußmittel	3 542	255	7,2	2.540	+ 747	20
Insgesamt	57 559	28 583	49,7	7.944	+ 21032	37

Tab. 60 : Deckungsgrad der energierelevanten Wirtschaftszweige im Ruhrgebiet

Danach sind lediglich folgende energieintensiven Industriezweige als Basis-Industrien anzusehen:

- Eisen- und Stahlindustrie
- Bergbau
- Glasindustrie
- Mineralöl
- NE-Metalle
- Chemie
- Ziehereien und Kaltwalzwerke

Auch für Nordrhein-Westfalen insgesamt sind diese energieintensiven Industriezweige die wichtigsten Basis-Industrien. Zu ihrer Ermittlung wurde die nationale Exportquote der nordrhein-westfälischen Betriebe und ihr Anteil an der Beschäftigung und dem Umsatz des Bundesgebietes herangezogen (Tab. 61). Es wurde davon ausgegangen, daß eine durchschnittliche bzw. überdurchschnittliche Exportquote und ein über dem Industrie-Durchschnitt liegender Beitrag zur Beschäftigung bzw. zum Umsatz des Bundesgebietes den Industriezweig als Basis-Industrie auszeichnet.

Da der Kohlenbergbau ebenfalls zu dem vom Kernenergie-Einsatz in seiner Entwicklung unmittelbar (durch Kohlevergasung) oder mittelbar (durch Reduktion des Koksbedarfs) berührten Basis-Industrie zählt, nehmen die energieintensiven Basis-Bereiche im Ruhrgebiet 50 bzw. 55 % der gesamtindustriellen Beschäftigung und Produktion, und in Nordrhein-Westfalen fast 30 bzw. 40 % ein (Tab. 63). Die genannten Industriezweige sind für beide Gebiete die wichtigsten Basis-Bereiche überhaupt. Unter Verwendung der für das Jahr 1971 berechneten Basis-Nonbasis-Verhältnisziffer von 0,76 und 1,07¹⁾ errechnet sich ein Beschäftigten-Anteil von 30 % (Ruhrgebiet) und 20 % (Nordrhein-Westfalen) der gesamten Erwerbstätigen, die von diesen Exportbereichen Einkommen beziehen (vgl. Tab. 62).

¹⁾ Vgl. Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme, a.a.O., S. 31 f

Industrie- zweig	Anteil an BRD		Export- quote %
	Besch. %	Prod. %	
Bergbau	80	72	24
Steine / Erden	22	26	7
Eisen- und Stahlerzeugung	70	70	28
EST-Gießerei	43	49	12
Zieh./Kaltw.w.	74	75	20
NE-Metall	46	38	20
Mineralöl	36	36	1
Chemie	39	41	35
Feinkeramik	12	18	19
Glas	41	46	12
Nahrungsmittel	25	20	4
Industrie	31	32	20

Tab. 61 : Exportquote energieintensiver Industrien Nordrhein-
westfalens

	Einheit/ Jahr	Ruhr- gebiet	Nordrhein- Westfalen
Basis- Beschäftigte	10 ³ Pers.	362	700
Basis/Nicht- Basis-Relation	1971	0,76	1,07
Nicht-Basis- Beschäftigte	10 ³ Pers.	275	749
insgesamt	10 ³ Pers.	637	1449
Anteil an den Gesamterwerbs- tätigen	%	30	20

Tab. 62 : Einfluß der energieintensiven "Basis"-Industrien
auf die Gesamtbeschäftigung 1973

	Ruhrgebiet				Nordrhein-Westfalen			
	Beschäftigte		Nettoproduktion		Beschäftigte		Nettoproduktion	
	Anteil %	absolut 10 ³ Pers.	Anteil %	absolut 10 ⁹ DM	Anteil %	absolut 10 ³ Pers.	Anteil %	absolut 10 ⁹ DM
Bergbau	22	158	16	5,4	8	207	6	5,6
Eisenschaff. Industrie	20	144	27	9,2	7	187	10	9,4
Zieherei und Kaltwalzw.	1	7	1	0,3	2	52	2	1,9
NE-Metall	1	7	1	0,3	1	26	2	1,9
Chemie	6	46	10	3,4	9	233	19	17,8
Glasindustrie	1	7	1	0,3	1	26	1	0,9
Basis- industrien	50	362	55	19,5	27	700	39	37,5
Gesamt- industrie	100	722	100	34,0	100	2 588	100	93,5
Quelle	a)				b)		c)	

a) Lölbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Berlin 1976, Tab. 2.2 und 2.4

b) Stat. Jahrbuch des Landes NRW 1974, S. 366

c) Prognos AG: prognos report Nr. 7, S. 135

Tab. 63 : Anteil der Basis-Industrien an der Gesamtindustrie und ihr Einfluß auf die Gesamt-Beschäftigung 1973

7.1.3 Polarisationsseigenschaften

Die Ausstrahlungskraft eines Produktionszweiges auf die regionale Wirtschaft ist noch stärker, wenn er nicht nur Basis-Eigenschaften, sondern darüberhinaus noch weitere Eigenschaften eines "Leitsektors" besitzt, d.h. zusätzliche intensive Verflechtungen mit vor- und nachgelagerten Wirtschaftszweigen aufweist und eine räumliche Anziehung auf diese ausübt.¹⁾

Eine solche, besonders auf Lieferbeziehungen aufbauende Bildung räumlicher Industriekomplexe hat sich gerade im Ruhrgebiet ereignet, dem größten geschlossenen Wirtschaftsraum Europas. Bekannt ist die als Folge der umfangreichen und qualitativ hochwertigen Kohlevorkommen sich entwickelnde Schwerindustrie, die zuerst Nachverarbeiter, dann auch Zulieferindustrie an sich zog. Weitere, auf der Kohle direkt oder der Elektrizitätswirtschaft aufbauenden Industrien waren die Chemische Industrie und die NE-Metallindustrie, die Glasindustrie und die Zementindustrie.²⁾

Struktur und Umfang heutiger Komplexe im Ruhrgebiet und Nordrhein-Westfalen wurden im Rahmen verschiedener Analysen vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Essen, und vom Nederlands Ekonomisch Instituut (NEI), Rotterdam, untersucht.³⁾

1) Zusammen mit seiner relativen Größe besitzt der Sektor dann drei der vier Merkmale eines "motorischen" Sektors nach KLEMMER. Ohne die Eigenschaft überproportionaler Wachstumsraten kann er nur als "Leitsektor" bezeichnet werden. Vgl. zu den Merkmalen Abschnitt und KLEMMER, P.: Die Theorie der Entwicklungspole - Strategisches Konzept für die regionale Wirtschaftspolitik? a.a.O., S. 105.

2) WIEL, A.: Kohle als Grundlage der Ruhrgebietswirtschaft, in: Mitteilungen des RWI, 13. Jg. 1962, S. 62; und: Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.): Wirtschaftliche Entwicklung im Ruhrgebiet, Schriftenreihe des Siedlungsverbandes, Ruhrkohlenbezirk, Nr. 46, Essen 1974, S. 43.

3) Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.): Wirtschaftliche Entwicklung im Ruhrgebiet, a.a.O., Abschnitt: "Analyse bestehender Wirtschaftskomplexe im Ruhrgebiet und ihre Entwicklung im Vergleich zu anderen Räumen der Bundesrepublik Deutschland", S. 45 ff; LAMBERT, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet, eine Zwischenbilanz, 1. Folge: Die Bedeutung des Montan-Komplexes für die Ruhrwirtschaft, a.a.O., S. 169 ff, und 2. Folge: Beurteilung der Entwicklung und regionalpolitische Folgerungen für das Ruhrgebiet, a.a.O., S. 23 ff; LÖBBE, K., und KRUCK, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, a.a.O., S. 26 ff.

Die räumlich verbundenen Komplexe wurden mit Hilfe der Komplex-Analyse¹⁾ für alle Regierungsbezirke der Bundesrepublik Deutschland und für 19 Regionen in Nordrhein-Westfalen identifiziert. Danach ergibt sich folgendes Bild:

- a) Im Ruhrgebiet hat sich ein auf den Montanindustrien aufbauender Komplex mit folgenden Industriezweigen gebildet:

"Montan-Komplex" Ruhrgebiet

<u>Bergbau</u>	<u>Gießerei</u>	Maschinenbau
<u>Eisen/Stahl</u>	Stahlbau	Fahrzeugbau
<u>Mineralöl</u>	<u>Glasindustrie</u>	Schiffbau
<u>Steine/Erden</u>	Handel/Verkehr	Elektrischechnik
<u>Ziehereien</u>	übrige Dienstleistungen	Druckerei
		Nahrungsmittel

Auf der Ebene von Regierungsbezirken hat der Montan-Komplex im Bundesgebiet folgende Struktur:

"Montan-Komplex" Bundesgebiet

<u>Bergbau</u>	<u>Mineralöl</u>
<u>Eisen/Stahl</u>	<u>Steine/Erden</u>
<u>Stahlbau</u>	<u>NE-Metall</u>
<u>Glasindustrie</u>	<u>Ziehereien</u>
	Stahlverf. und EBM-Industrie

¹⁾ Vgl. hierzu besonders: van Wickeren, A.C.: Interindustry Relations, some Attraction Models, Diss. Nederlandse Economische Hogeschool te Rotterdam, April 1971

- b) In den angrenzenden Regierungsbezirken Düsseldorf/Köln/Arnsberg entwickelten sich folgende Komplexe:¹⁾

"Metall-Komplex"

<u>NE-Metall</u>	Stahlverfahren	Kunststoff- verarbeitung
<u>Zieherei</u>	EBM-Industrie	
<u>Gießerei</u>	Elektrotechnik Musik/Spielw.	

"Mechanik-Komplex"

Maschinenbau	<u>Chemie</u>	Elektrotechnik
Fahrzeugbau	Gummi-Industrie	Papierverarb.
Feinmechanik	EBM-Industrie	übrige Dienst- leistungen

Bei den geschlossenen eingerahmten Sektoren handelt es sich um Wirtschaftszweige, für die sich ein besonders enger räumlicher Zusammenhang auf der Ebene von 19 Sub-Regionen gezeigt hat. Die gestrichelt eingerahmten Sektoren befinden sich auch in der Nähe des "Basis-Komplexes" (eingerahmte Sektoren), doch zeigen sie einen viel geringeren räumlichen Zusammenhang.²⁾

Die genannten Industriezweige wurden aufgrund der Anwesenheit in den betrachteten Regionen, den Verflechtungsbeziehungen und den "Kommunikationskosten"³⁾ zusammengefaßt. Ihre Eigenschaft als Bestandteil eines Komplexes besagt,

1. daß die Anwesenheit mehrerer Komplex-Sektoren notwendiger Standortfaktor ist,
2. daß sie über die Verflechtungsbeziehungen mehr oder weniger starke Impulse auf die anderen Sektoren abgeben, bzw. empfangen.

¹⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.), a.a.O., S. 67.

²⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.), a.a.O., S. 62.

³⁾ Die die Raumbindung bewirkenden Kommunikationskosten sind: Transport-, Lager- und Telefon-/Telex-Kosten, Übernachtungen- und Bewirtungskosten, vgl. WICKEREN, van. A.C., a.a.O., S. 41 f.

Die "Leitsektoren" lassen sich bei der statistisch vorgenommenen Komplex-Bildung nicht erkennen. Ihre Kenntnis ist aber wichtig, um entscheiden zu können, wie stark die Ausstrahlungskraft der energieintensiven Wirtschaftszweige auf die gesamte regionale Wirtschaft ist.

Die Identifizierung von "Leitsektoren" wurde in verschiedenen Studien auf nationaler und regionaler Ebene durchgeführt.¹⁾

In Verbindung mit den in Abschnitt 4.3.3.2.2 aufgestellten und für die energieintensiven Industriezweige diskutierten wichtigsten Kriterien regionaler Schlüsselindustrien:

- hoher Verflechtungsgrad mit wenigen Wirtschaftszweigen auf der Input- und Output-Seite,
- große Kapazitäten der Betriebe aufgrund starker Kostendegressionen,
- Attraktion anderer Wirtschaftszweige aufgrund hoher Transportkostenempfindlichkeit der Einsatz- und/oder Absatzprodukte,

lassen sich folgende Industriezweige als Leitsektoren bezeichnen:

1. Die Eisen- und Stahlindustrie,
mit den Abnehmern:
 - EST-Gießereien,
 - Ziehereien und Kaltwalzwerke,
 - Stahlbau,
 und den Liefersektoren:
 - Bergbau,
 - Mineralölverarbeitung,

¹⁾ Vgl. allgemein: EISENHAMMER, D.: *Motorische Sektoren im Rahmen regionaler und nationaler Input-Output-Tabellen*, Diss. Würzburg 1974, und für spezielle Industrien: Eisen- und Stahlindustrie: STRASSERT, G.: *Möglichkeiten und Grenzen der Erstellung und Auswertung regionaler Input-Output-Tabellen*, a.a.O., und: ISARD, W., und KUENNE, R.: *The Impact of Steel upon the Greater New York-Philadelphia Industrial Region*, in: *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, Vol. I, 1955, S. 258 ff; Chemische Industrie: BÖLLHOFF, F.: *Die wirtschaftliche Bedeutung der Chemischen Industrie in sektoraler und regionaler Hinsicht*, a.a.O.; CHAPMAN, K.: *Agglomeration and linkage in the United Kingdom petrochemical industry*,

und assoziierten Industrien:

- Steine/Erden,
- Glasindustrie,

und Nichtbasis-Bereiche:

- Handel/Verkehr,
- übrige Dienstleistungen.

2. Die NE-Metallindustrie,

mit den Abnehmern:

- NE-Metallhalbzeug,
- NE-Gießereien,
- EBM-Industrie.

3. Die Chemische Industrie, insbesondere die Petrochemie (ohne Chemiefaser),

mit den Abnehmern:

- Chemiefasern,
- evtl. Kunststoffverarbeitern,

und dem Liefersektor:

- Mineralölverarbeitung.

Chemie- und NE-Metall-Komplexe lassen sich aus der für das Ruhrgebiet und Nordrhein-Westfalen durchgeführten Komplex-Analyse nicht erkennen. Einmal sind in dieser Untersuchung die Komplex-Industrien nicht isoliert aufgeführt, sondern zu einem Industriezweig zusammengefaßt. Die "NE-Metallindustrie" enthält die NE-Metallerzeugung, die NE-Metall-Halbzeugfertigung und die NE-Metall-Gießerei. Die Chemische Industrie umfaßt auch die Chemiefaserindustrie. Zum anderen liefert die Mineralölverarbeitung nur einen geringen Teil ihrer Produkte an die Chemische Industrie als Rohstoff- und Energieträger (in der Bundesrepublik Deutschland ca. 15 %). Der Hauptteil geht in die Haushalte und den Ver-

Fortsetzung 1)

a.a.O., S. 33 ff, 1973; MITTMANN, D.: Die Chemische Industrie im nordwestlichen Mitteleuropa in ihrem Strukturwandel, a.a.O.; Mineralölverarbeitung: WILLMS, M.: Die Stellung der Mineralölindustrie im Industrialisierungsprozeß, ein Beitrag zur sektoralen Wachstumsanalyse, in: Die industrielle Entwicklung, hrsg. von F. VOIGT, Abt. A, Untersuchungen zur Volkswirtschaftspolitik, Band 65, Köln und Opladen, 1964.

kehrsbereich,¹⁾ so daß sich statistisch kein enger Verbund zwischen den beiden Industriezweigen feststellen läßt, obwohl gerade Raffinerien und petrochemische Betriebe eng beieinander liegen und in intensivem, sogar gegenseitigem Leistungsaustausch stehen.²⁾

Lediglich die Komplexbildungsfähigkeit der Eisen- und Stahlindustrie läßt sich durch die aktuelle Komplex-Analyse für das Ruhrgebiet bestätigen.

Von den energieintensiven Wirtschaftszweigen des "Metall"-Komplexes kann nur die NE-Metallindustrie eine Schlüsselrolle spielen. Die Ziehereien und Gießereien sind Branchen mit kleinen und mittleren Betriebseinheiten. Für die gesamte Wirtschaft Nordrhein-Westfalens wird die NE-Metallindustrie aber kein Leitsektor sein können, da sie nur 1 % der gesamten Industriebeschäftigten umfaßt (vgl. Tab.15).

Eine Schlüsselfunktion der Chemischen Industrie für die im "Mechanik"-Komplex mit ihr räumlich verbundenen Wirtschaftszweige wurde von anderen Studien nicht bestätigt. Die Chemische Industrie kann daher nicht als Leitsektor dieses Komplexes betrachtet werden.

Beim "Metall"-Komplex und "Mechanik"-Komplex ist daher davon auszugehen, daß sie keine Leitsektoren besitzen. Der Metall-Komplex ist trotzdem von Interesse, da er drei besonders energieintensive Wirtschaftszweige aufweist und die meisten Sektoren mit dem Montan-Komplex verbunden sind bzw. zu ihm gehören. Die Sektoren des "Mechanik"-Komplexes weisen zwar keine enge Beziehung mit den Montan-Sektoren auf, sind aber als Randsektoren von ihnen ebenfalls abhängig. Veränderungen im Montan-Komplex greifen daher auch auf den gesamten Mechanik-Komplex

¹⁾ Vgl. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Energiebilanz 1975, Düsseldorf 1976

²⁾ Vgl. z.B.: Chapman, K.: Agglomeration and linkage in the United Kingdom petrochemical industry, a.a.O., S. 33 ff

über. Dies wird auch in den Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung über die regionale Ausstrahlungskraft der Montan-Industrie im Ruhrgebiet sichtbar.¹⁾

7.1.4 Standorteignung

Allgemeine Anhaltspunkte über die Standorteignung einer Region für einen Wirtschaftszweig oder eine ganze Gruppe von Wirtschaftszweigen können die Ergebnisse der oben genannten Shift-Analyse geben.²⁾

Shift-Analysen für Nordrhein-Westfalen und das Ruhrgebiet wurden im Rahmen der Strukturuntersuchungen des Rheinisch Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung für den Zeitraum von 1961 bis 1969/70 durchgeführt.³⁾ Es wurde eine regionale und sektorale Auswertung der Shift-Analyse vorgenommen.

Die regionale Auswertung für das Ruhrgebiet zeigt Tab. 64.⁴⁾

Aus der Tabelle geht hervor, daß das Ruhrgebiet neben der schon oben dargestellten ungünstigen industriellen Struktur für die betrachtete Industrie auch ungünstige Standortbedingungen besitzt.

Welche der energieintensiven Wirtschaftszweige zum negativen Standorteffekt besonders beitragen, das zeigt die Tab. 65 auf der folgenden Seite, das Ergebnis der sektoralen Auswertung der Shift-Analyse.⁵⁾

¹⁾ z.B. sind Umsatz und Nettoproduktion des Maschinenbaus im Ruhrgebiet schwächer geworden als im Bundesgebiet; Vgl. Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, a.a.O., S. 43 ff und besonders: Hennies-Rautenberg, H. u.a.: Die Auswirkungen alternativer Entwicklungen bei der Förderung von Steinkohle auf die Ruhrwirtschaft, a.a.O., S. 316 f

²⁾ Vgl. Abschnitt 4.3.1.3

³⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.), a.a.O., S. 22ff und Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, a.a.O., S. 41

⁴⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.), a.a.O., Tab. 2.2.2.2, S. 56

⁵⁾ Quelle: Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, a.a.O., Tab. 3.10, S. 130

	1961-1966		1964-1969	
	Struktur	Standort	Struktur	Standort
Aachen	+	---	0	---
Düsseldorf	+	---	---	-
Münster	---	-	---	---
Köln	---	---	---	---
Detmold	---	-	---	---
Arnsberg	---	---	---	-
NW	---	0	---	0
Hamburg	0	-	.	.
N. Württ.	---	0	.	.
W. Darm.	---	+++	.	.
Oberbayern	---	0	.	.
Bund	---	-	---	-
..: Keine Zahlen verfügbar ---: -8,0% der Norm-Entwicklung --: -8,0 -4,0% der Norm-Entwicklung -: -4,0 -2,0% der Norm-Entwicklung 0: -2,0 +2,0% der Norm-Entwicklung +: +2,0 +4,0% der Norm-Entwicklung ++: +4,0 +8,0% der Norm-Entwicklung +++: +8,0 der Norm-Entwicklung				

Tab. 64 : Schematische Übersicht der Struktur- und Standorteffekte des Ruhrgebietes gegenüber dem Bund und einer Anzahl ausgewählter Ballungsgebiete auf der Berechnungsgrundlage zweier Fünfjahresperioden

Der stark negative Standorteffekt gegenüber dem Bundesgebiet ist hier besonders auf ungünstige Standortbedingungen für das Baugewerbe und den tertiären Bereich zurückzuführen. Die Montansektoren führen ihre Wachstumsunterschiede eher auf ihren hohen Anteil an der Wirtschaftsstruktur als auf ungünstige Standortbedingungen zurück. Bei den Nicht-Montansektoren war der negative Standorteffekt so stark, daß er den positiven Struktureffekt annähernd kompensiert hat.

Eine Betrachtung der energieintensiven Industriezweige zeigt, daß sie, bis auf zwei, zu den Industrien mit negativem Standorteffekt gehören. Da in dem betrachteten Zeitraum eine gegenüber fast allen Bundesländern günstige Energieangebotssituation vor-

	Beschäftigte		Veränderung 1961 - 1970				
	1961	1970	An- teile %	% p.a.	absolut		
	Anzahl	ins- gesamt			Stand- ortbe- dingt	Struk- turbe- dingt	
Land- und Forstwirtschaft	5 354	5 901	0,31	+10,2	+ 547	-	+ 646
Verarbeitende Gewerbe ¹	1 082 807	867 955	46,33	-19,8	-214 852	- 52 164	-162 688
Montansektoren	570 057	353 023	18,84	-38,1	-217 034	- 26 938	-190 096
Bergbau	352 932	172 118	9,19	-51,2	-180 814	- 6 546	-174 268
Eisen- und Stahlerzeugung	171 103	150 911	8,06	-11,8	- 20 192	- 6 447	- 13 745
Eisen-, Stahl- u. Tempergießer.	17 410	11 205	0,60	-35,7	- 6 205	- 3 563	- 2 642
Ziehereien, Kaltwalzw., Stahlverf.	28 612	18 789	1,00	-34,3	- 9 823	- 10 382	+ 559
Nicht-Montansektoren ²	512 750	514 932	27,49	+ 0,4	+ 2 182	- 25 226	+ 27 408
Energiewirtschaft, Wasserversorg.	20 372	22 386	1,19	+ 9,9	+ 2 014	+ 511	+ 1 503
Chemie, Mineralölverarbeitung	51 564	50 617	2,70	- 1,8	- 947	- 6 519	+ 5 572
Kunststoffverarbeitung	4 969	7 929	0,42	+60,0	+ 2 960	- 831	+ 3 791
Gummi- u. Asbestverarbeitung	2 416	1 673	0,09	-30,8	- 743	- 1 264	+ 521
Steine und Erden	16 310	16 361	0,87	+ 0,3	+ 51	+ 2 244	- 2 193
Feinkeramik	801	182	0,01	-78,3	- 619	- 509	- 110
Glasindustrie	12 523	13 571	0,72	+ 8,4	+ 1 048	+ 1 236	- 188
NE-Metallerzeugung u. -gießereien	10 690	10 377	0,55	- 2,9	- 313	- 1 687	+ 1 374
übrige Industriezweige	384 171	385 760	20,59	11,1	+ 1 589	- 17 308	18 897
Baugewerbe	197 388	170 535	9,10	-13,6	- 26 853	- 25 526	- 1 327
Tertiäre Bereiche	795 078	828 982	44,25	+ 4,3	+ 33 904	- 68 720	+102 624
Alle Wirtschaftsbereiche	2 080 627	1873 373	100,00	-10,0	-207 254	-146 509	- 60 745

Quelle: Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Berlin 1976, Tab. 3.10, S. 135

Tab.65 : Struktur und Entwicklung der Beschäftigung im Ruhrgebiet 1961 bis 1970

lag, sind die ungünstigen Standorteinflüsse des Ruhrgebietes auf diese Industriezweige - mit Ausnahme der auf der Kohle basierenden Montansektoren - in anderen Standortfaktoren zu suchen, wie folgende Beispiele für die energieintensiven Nicht-Montanindustrien zeigen.

Chemische Industrie und Mineralölverarbeitung

Die Standortgunst des Reviers für die Mineralölverarbeitung wird durch die Aspekte "Umweltschutzauflagen" und "Wasserpreis" beeinträchtigt.¹⁾ Die entwicklungshemmenden Faktoren der Mineralölverarbeitung wirken indirekt auch auf die Entwicklung der Chemischen Industrie. Die expansivste Sparte der Chemischen Industrie war die Petrochemie, die nur an den Orten errichtet wurde, an denen Raffinerien standen bzw. geplant waren. Dabei gehörte eine künftige Ausbaumöglichkeit der chemischen Anlagen und der Raffinerie als Standortvoraussetzung dazu.

Der negative Standorteffekt der Chemie ist zum Teil auch auf den im Ruhrgebiet vorhandenen hohen Anteil der stagnierenden Zweige der anorganischen Chemie²⁾ zurückzuführen, und hat damit auch strukturelle Gründe, die allerdings bei der Shift-Analyse nicht sichtbar werden.

NE-Metallindustrie

Sie ist ein regional relativ stark konzentrierter Industriezweig. Fast 9 % aller Arbeitsplätze der NE-Metallhütten und Gießereien befinden sich im Ruhrgebiet. In Nordrhein-Westfalen sind es sogar 42 %.³⁾ Dieser Grund erklärt den hohen Struktureffekt des im Vergleich zum Industriedurchschnitt expandierenden Wirtschaftszweiges. Aufgrund der in diesem Industriezweig vorherrschenden Großbetriebe macht sich allerdings jede Standortverlagerung stark

¹⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.), a.a.O., S. 133

²⁾ Vgl. Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, a.a.O., S. 44

³⁾ Vgl. Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1976, Reihe XII, Industrie und Handwerk, Tab. 4, S. 314

bemerkbar, die mit der Verbesserung der Verkehrsverhältnisse und der Angleichung der Energiepreise in anderen Regionen, z.B. am Rhein oder an der Küste, eingetreten ist.

Die Shift-Analyse zeigt auch, daß die allgemein genannten, vergleichsweise günstigen Standortvoraussetzungen des Landes Nordrhein-Westfalen mit¹⁾

- einem Absatzmarkt von 17 Mio Verbrauchern und einem "Einzugsgebiet" im Umkreis von 150 km von 30 Mio Menschen,
- der im Vergleich zu den Wirtschaftsräumen Europas am besten ausgebauten Infrastrukturausstattung,
- einer überdurchschnittlich industrieerfahrenen Bevölkerung,
- einer hohen weiblichen Arbeitskraftreserve,

nicht ausreichen, die für manche Industrien bestehenden Standortnachteile zu kompensieren. Aus Kap. 4.2.1 wird deutlich, daß sich die Faktoren und Gewichte der Standortbewertung aus technischer, wirtschaftlicher und auch soziologischer Sicht erheblich gewandelt haben. Zu Anfang des Jahrhunderts besaßen viele Industriezweige Standortanforderungen, die der Rhein-Ruhr-Raum im besonderen Maße erfüllen konnte. Der Wandel der Standortanforderungen einerseits und die besseren Produktions- und Umweltbedingungen in vielen Wirtschaftsräumen der Bundesrepublik Deutschland andererseits bewirkten, daß das Rhein-Ruhr-Gebiet nur noch eine mögliche Alternative für die Standortwahl darstellt. Auf die regionalpolitische Konsequenz dieser Bedingung wird in Kap. 7.3.1 eingegangen.

Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen, die zur Erfassung der Wachstumsfunktion herangezogen wurden und ihre Auswertung zeigen, daß die energieintensiven Wirtschaftszweige im Hinblick auf ihre Eigenschaft als Wachstumsträger des Ruhrgebietes und damit auch des Landes Nordrhein-Westfalens unterschiedlich zu beurteilen sind:

¹⁾ Vgl. Landesregierung Nordrhein-Westfalen: Nordrhein-Westfalen-Programm 1975, Düsseldorf 1970, S. 29

1. Nur wenige der energieintensiven Wirtschaftszweige können zu den gesamtwirtschaftlichen Wachstumsindustrien gezählt werden. Sie haben an den Industriebeschäftigten des Ruhrgebietes einen Anteil von 8 % und an den Industriebeschäftigten Nordrhein-Westfalens einen Anteil von 12 % (vgl. Tab. 15). Die Anteile an der industriellen Wertschöpfung der genannten Regionen betragen 14 % bzw. 23 %. Mit Ausnahme von zwei Wirtschaftszweigen, der Glasindustrie und der Industrie der Steine und Erden (ca. 3 % der industriellen Beschäftigung und Wertschöpfung, vgl. Tab. 15) weisen die energieintensiven Industrien negative Standortkoeffizienten auf. Ihre regionalen Wachstumsraten werden daher unter den gesamtwirtschaftlichen Wachstumsraten liegen.

2. Obwohl fast alle energieintensiven Wirtschaftszweige Basis-Bereiche sind (ca. 95 %), und mehrere in räumlichem Verbund mit anderen Wirtschaftszweigen stehen, erfüllt nur eine die Funktion als räumlicher Leitsektor für das Ruhrgebiet bzw. für Nordrhein-Westfalen: die Eisen- und Stahlindustrie. Sie zählt aber nicht zu den überproportional wachsenden Wirtschaftszweigen und wies in der Vergangenheit auch negative Standorteffekte auf, so daß sie nicht als "motorischer Sektor" im Sinne der Polarisierungstheorie angesehen werden kann.

3. Die Wirtschaftszweige Bergbau und Chemische Industrie haben auch Schlüsselpositionen im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen, da sie erheblich zur Basisbeschäftigung und Basisproduktion der Regionen beitragen (im Ruhrgebiet ca. 26 bis 28 %, in Nordrhein-Westfalen ca. 20 bis 25 %, vgl. Tab. 63). Da sie neben der Eisen- und Stahlindustrie vom Kernenergieeinsatz am stärksten betroffen sein werden, ist ihre Folgewirkung auf die gesamte Wirtschaft des Ruhrgebietes bzw. des Landes Nordrhein-Westfalens ebenfalls von besonderer Bedeutung. Für die Chemische Industrie kommt noch ein weiteres Argument hinzu. Als wachstumsstarke Nicht-Montanindustrie

ist sie der einzige energieintensive Wirtschaftszweig, durch den ein Beitrag zur Diversifizierung des Ruhrgebietes möglich ist. Auch aus diesem Grunde ist es wichtig, ihre Ausstrahlung auf die gesamte regionale Wirtschaft zu kennen und diese der Ausstrahlung des Montan-Sektors gegenüber zu stellen.

Im folgenden soll daher die regionale Ausstrahlung der Sektoren Eisenschaffende Industrie, Bergbau (Montan-Sektoren) und Chemische Industrie für Nordrhein-Westfalen und - soweit Daten verfügbar sind - für das Ruhrgebiet aufgezeigt werden. Dabei werden die Methoden verwandt, die in Abschnitt 4.3.3.2.1 im Hinblick auf die Messung der Komplementäreffekte von Investitionen dargestellt wurden.

7.2 Die Ausstrahlungskraft der relevanten Wirtschaftszweige

Die Quantifizierung der Polarisisationseffekte einer Schlüsselindustrie bereitet - im Gegensatz zur Quantifizierung der Basis-Wirkung - weit mehr Schwierigkeiten, da bei ihr mehrere Investitions- und Produktionsmultiplikatoren wirksam werden.¹⁾

Das Basis-Nichtbasis-Konzept erfaßt im allgemeinen hiervon lediglich die vom Bedarf der regionalen Wirtschaftsbereiche und der regionalen Bevölkerung abhängigen privaten und öffentlichen Dienstleistungen (einschl. Energiewirtschaft und Baugewerbe), deren Beschäftigte vereinfachend von der Anzahl der Beschäftigten in der Industrie und Landwirtschaft abhängig gemacht werden. Sie gibt damit die Veränderung im Dienstleistungsbereich in Abhängigkeit von der Entwicklung der Beschäftigten eines Basis-Bereiches (z.B. Industriebetriebes) bei Vollbeschäftigung an.

¹⁾ Vgl. Schurr, S.H. und Marschak, J.: Economic Aspects of Atomic Power, Princeton, University Press, 1950, S. 239 f und Abschnitt 4.3.3.2

Der gestiegene Bedarf einer wachsenden Bevölkerung ist berücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden aber die Nichtbasis-Wirkungen, falls die Neuerrichtung oder Erweiterung eines Industriebetriebes zur Neuerrichtung und Erweiterung vor- und nachgelagerter Basisbetriebe führt, die wiederum Nichtbasis-Leistungen beanspruchen.

Die Quantifizierung von Polarisisationseffekten kann mit Hilfe einer regionalen Input-Output-Tabelle erfolgen, etwa bei Berechnung von sogenannten "Mitzieheffekten",¹⁾ oder "Annulierungseffekten".²⁾ Da gegenwärtig weder für das Ruhrgebiet noch für Nordrhein-Westfalen eine ausreichend gegliederte und vollständige Input-Output-Tabelle existiert, wird hier auf die einfache, vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung für ihre Untersuchung verwandte Methode zur Berechnung der gesamten Ausstrahlungseffekte des "Montan"-Sektors und des "Nicht-Montan"-Sektors im Ruhrgebiet zurückgegriffen.³⁾ Sie läßt sich anhand des folgenden Schemas erklären (Abb.⁵⁴).

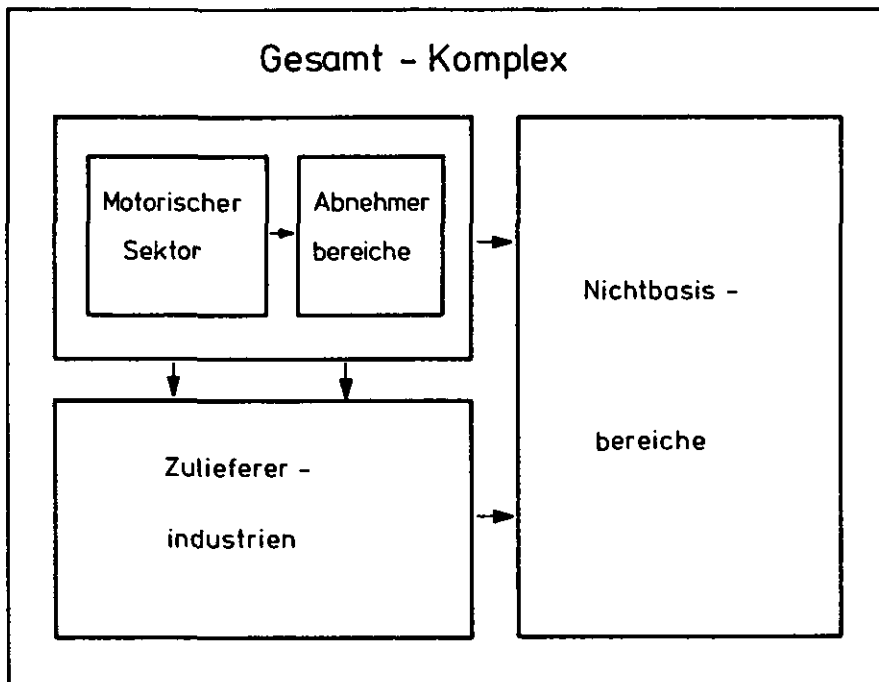
Hierbei wird wie folgt vorgegangen:

- a) Die Abnehmerbereiche des jeweils untersuchten Sektors werden den Ergebnissen des Abschnitts 7.1.3 entnommen.
- b) Die Inanspruchnahme von Leistungen der Zulieferindustrien wird aus der aktuellsten Input-Output-Tabelle der Bundesrepublik Deutschland errechnet, und zwar unter der Annahme, daß 70 % der Vorleistungen und der Investitionsgüter aus Nordrhein-Westfalen bezogen werden. Mit Hilfe der sektorspezifischen Arbeitsproduktivitäten (Beschäftigte pro Bruttoproduktionswert) wird anschließend ermittelt, wieviel Arbeitsplätze in den Zulieferindustrien insgesamt durch die Produktion des motorischen Sektors und seiner Abnehmerbereiche geschaffen bzw. erhalten werden.

¹⁾ Vgl. zu den verschiedenen Formen der "Mitzieheffekte": Eisenhammer, D.: Motorische Produktions-Sektoren im Rahmen regionaler und nationaler Input-Output-Tabellen, Diss. Würzburg 1974, S. 40 ff

²⁾ Vgl. Strassert, G.: Möglichkeiten und Grenzen der Erstellung und Auswertung regionaler Input-Output-Tabellen, Berlin 1968, S. 98 ff

³⁾ Fußnote 3) auf der folgenden Seite



Pfeile = Verflechtungsbeziehung

Abb. 54: Bestandteile eines Wirtschaftskomplexes

- c) Die Beschäftigung der Nicht-Basisbereiche ergibt sich mit Hilfe der Verwendung von Basis-Nichtbasis-Relationen, die aus dem Verhältnis der Beschäftigten in Handel, Verkehr und Dienstleistung zur Zahl der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe errechnet wurden.
- d) Die Summe aus den vom motorischen Sektor insgesamt abhängigen Beschäftigten und dem motorischen Sektor selbst werden den Gesamtbeschäftigten der betrachteten Region gegenübergestellt. Ihr Anteil ist das Maß für die Ausstrahlung des betreffenden Sektors auf die gesamte Wirtschaft der Region.

7.2.1 Montansektor (Bergbau und Eisen-Stahl)

Die Tabellen 66 und 67¹⁾ zeigen die nach der oben beschriebenen Methode errechnete Ausstrahlung des gesamten Montanbereiches auf die Beschäftigung im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen und ihre Veränderung von 1957/61 bis 1972.

¹⁾ Vgl. LÖBBE, K., und KRUCK, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Schriftenreihe des RWI, Neue Folge, Heft 37, Berlin 1976, S. 30.

²⁾ Quelle: LÖBBE, K., und KRUCK, R.: Die wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme des Ruhrgebietes, a.a.O., Tab. 3.2, S. 125, und eigene Berechnungen für Nordrhein-Westfalen (Quellen dazu vgl. Tab. 69).

		Eisen- und Stahlindus- trie		Bergbau		Montan- sektor insgesamt	
		1972	1957	1972	1957	1972	1957
Montansektor:		171,1	200,0	172,9	468,2	344,0	668,2
- Kohlenbergbau		-	-	172,9	468,2	172,9	468,2
- Eisen- und Stahlerzeugung		141,6	159,8	-	-	141,6	159,8
- Eisen-, Stahl- u. Temperguß		8,3	16,0	-	-	8,3	16,0
- Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung		21,2	24,2	-	-	21,2	24,2
Zulieferer:		39,2	78,1	14,1	41,1	30,0	58,3
- Kohlenbergbau	a	12,0	11,1	-	-	-	-
	b	20,7	51,9	-	-	-	-
- Eisen- u. Stahlind.	a	-	-	2,4	4,5	-	-
	b	-	-	4,1	9,0	-	-
- Chemie	a	1,4	3,9	1,6	4,3	3,0	8,2
	b	0,6	1,4	0,7	1,5	1,3	2,9
- Mineralölverarbeitung	a	2,3	6,1	0,8	1,6	3,1	7,7
	b	0,2	0,4	0,1	0,1	0,3	0,5
- Stahlbau und Leicht- metallbau	a	8,9	10,4	2,7	5,1	11,6	15,5
	b	3,6	6,0	1,1	3,0	4,7	9,0
- Maschinenbau	a	8,3	19,0	6,5	29,4	14,9	48,4
	b	6,2	10,8	4,8	16,7	11,0	27,5
- Elektrotechnik	a	9,6	19,4	7,0	28,9	16,6	48,3
	b	4,7	5,3	2,0	7,9	8,2	13,2
- EBM-Waren	a	16,6	14,5	4,0	8,4	20,6	22,8
	b	3,1	2,3	0,7	1,3	3,8	3,6
Montansektor und Zulieferer insgesamt:		200,3	278,1	186,0	509,3	365,2	692,4
Nicht-Basisbereiche	c	0,81	0,60	0,81	0,60	0,81	0,60
		170,3	166,8	151,5	305,6	302,9	435,9
Montankomplex insgesamt	d	380,6	444,9	338,5	814,9	676,9	1162,4
Anteil an den Beschäftigten	%	20,6	21,1	18,4	38,7	36,7	55,2

a = Lieferungen an die Montanindustrie in % des gesamten Umsatzes.

b = Betroffene Arbeitsplätze in 1 000 Pers.

c = Verhältnis der Zahl der Beschäftigten in Land- und Forstwirtschaft, Handel, Verkehr und Dienstleistungen zur Zahl der Beschäftigten im Produzierenden Gewerbe, extrapoliert aus 1961 bzw. 1970.

d = Wegen der internen Lieferverflechtungen innerhalb der Montansektoren ist der Wert für die Montansektoren insgesamt kleiner als die Summe aus Bergbau und Eisen- und Stahlindustrie.

Tab. 66 : Die Ausstrahlung des Montansektors auf die Arbeitsplätze im Ruhrgebiet 1957 und 1972, in 1000 Personen

		"Eisen- und Stahlindus- trie"		Bergbau		Montan sektor insgesamt	
		1972	1961	1972	1961	1972	1961
Montansektor		323	408	224	450	547	858
davon Kohlenbergbau				224	450	224	450
Eisen- und Stahlerzeugung		194	263			194	263
Eisen-, Stahl- u. Temperguß		57	68			57	68
Ziehereien, Kaltwalzwerke,		57	57			57	57
Stahlverformung		15	20			15	20
Unmittelbare Zulieferer		52	68	14	34	42	77
davon Kohlenbergbau	a						
	b	22	16	-	-	-	-
Eisen- u. Stahllind.	a						
	b	-	-	2	9	-	-
Chemie	a						
	b	2	3	1	2	3	5
Mineralölverarbeitung	a						
	b						
Stahl- u. Leichtmetallbau	a						
	b	6	15	1	12	7	27
Maschinenbau	a						
	b	13	14	7	5	20	19
Elektrotechnik	a						
	b	7	12	3	6	10	18
EBM-Waren	a						
	b	2	8			2	8
Industrie		375	476	238	484	590	935
Nicht-Basis	c	1,17	0,94	1,17	0,94	1,17	0,94
	b	438	447	278	455	689	878
Montankomplex*	d	813	923	516	938	1280	1815
Anteil an den Beschäftigten %		11	14	7	14	18	27

a = Lieferungen an die Montanindustrie in vH des gesamten Umsatzes.

b = betroffene Arbeitsplätze in 1 000.

c = Verhältnis der Zahl der Beschäftigten in Land- und Forstwirtschaft, Handel, Verkehr und Dienstleistungen zur Zahl der Beschäftigten im Produzierenden Gewerbe,

d = Wegen der internen Lieferverflechtungen innerhalb der Montansektoren ist der Wert für die Montansektoren insgesamt kleiner als die Summe aus Bergbau und Eisen- und Stahlindustrie.

Tab. 67 : Die Ausstrahlung des Montansektors auf die Arbeitsplätze in Nordrhein-Westfalen 1961 und 1972, in 1000 Personen

Während der gesamte vom Montansektor ausgehende Beschäftigungseffekt in 1957 /61 noch 55 % (Ruhrgebiet) bzw. 77 % (Nordrhein-Westfalen) der gesamten Erwerbstätigen der Region ausmachten, reduzierte er sich auf 37 % (Ruhrgebiet) bzw. 18 % (Nordrhein-Westfalen). Die auf den Montanindustrien aufbauende Beschäftigung ist auch heute noch beträchtlich, obwohl schon 15 Jahre seit Beginn der "Kohlekrise" und der damit auch abnehmenden Bedeutung des Standortes Nordrhein-Westfalens für die Eisen- und Stahlindustrie vergangen sind. Setzt sich diese Entwicklung fort, dann wird erst in weiteren 15 bis 20 Jahren (ca. 1990) ein Montan-Komplexanteil erreicht sein, der nicht mehr merkliche Auswirkungen auf die Gesamtbeschäftigung des Ruhrgebietes bzw. Nordrhein-Westfalens ausüben kann. Es ist aber nicht zu erwarten, daß sich die gerade in den 60er und Anfang der 70er Jahre bei den Nicht-Montanindustrien und beim Tertiären Sektor gezeigte Entwicklung fortsetzen wird, da allgemein von einer abnehmenden Wachstumsrate in der Gesamtwirtschaft und besonders in der Industrie auszugehen ist. Der Anteil des Montankomplexes an dem gesamtwirtschaftlichen Erwerbstätigen-Zahlen der beiden Regionen wird sich nicht in dem Maße verringern wie in der Vergangenheit. Der Montansektor wird demnach auch langfristig einen bedeutenden Einfluß auf die Gesamtbeschäftigung ausüben.

7.2.2 Die Ausstrahlung der Chemischen Industrie im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen

Die Chemische Industrie ist zwar ebenfalls ein Industriezweig mit hohem Anteil an Vorleistungen und interindustriellen Lieferungen am Bruttoproduktionswert, doch ist ihre Anziehungskraft auf vorgelagerte und nachgelagerte Industriezweige mit wenigen Ausnahmen gering. Dies zeigen schon die geringen intersektoralen Korrelations-Koeffizienten der regionalen Verteilung der Chemie mit anderen Branchen auf, wie sie von Schröder¹⁾ und

¹⁾ Vgl. Schröder, D. u.a.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, prognostische Studie Nr. 3, Stuttgart-Berlin-Köln-Mainz 1968, S. 303 und 307

Streit¹⁾ berechnet wurden. Eine Ursache ist darin zu sehen, daß die Output-Ströme sich auf viele Abnehmer verteilen, so daß die an jeden Abnehmer gelieferten Werte und Mengen verhältnismäßig gering sind.(vgl. Tab. 68)

Umsatz 1974	83,5 Mrd. DM = 100 %
Chemieinterner Output	17
Andere Industriegruppen	18
Textilindustrie	4
Kunststoffverarbeitende Industrie	6
Fahrzeugbau	
Elektrotechnische Industrie	2
Maschinenbau	
Papierverarbeitung und Druckereien	1
Sonstiges (Gummiverarbeitung, EBM, Nahrungsmittelindustrie, Eisen- und NE-Metallhütten, Gießereien, Papier- erzeugung, Glasindustrie u.a.)	5
Land- und Forstwirtschaft	3
Baugewerbe	2
Privater Konsum	14
Dienstleistungsgewerbe und übrige inländische Abnehmer	2
Export	44

Tab.68 : Schätzung der Output-Struktur der Chemischen Industrie 1974 in % des Umsatzes

Außerdem ist der Anteil der wirklich transportkostenintensiven Produkte gering und der Anteil der Chemieprodukte am Wert des Folgeproduktes ist auch bei transportkostenempfindlichen Produkten niedrig.²⁾

¹⁾ Vgl. Streit, M.: Über die Bedeutung des räumlichen Verbunds im Bereich der Industrie. Ein empirischer Beitrag zur Regionalpolitik, Schriftenreihe Annales Universitatis Saraviensis, Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Abteilung, Heft 27, Köln 1967, S. 66 ff

²⁾ Vgl. Böllhoff, F.: Die wirtschaftliche Bedeutung der Chemischen Industrie in sektoraler und regionaler Hinsicht, in: Probleme der Weltwirtschaft, hrsg. von H. Predöhl, Deutsches Übersee-Institut, Hamburg 1968

Andererseits ist die Chemische Industrie im Gegensatz zur Eisen- und Stahlindustrie ein horizontal und vertikal tief gegliederter Wirtschaftszweig, von dem insbesondere die Primär- bzw. Grundstoffproduktionen in wenigen Großbetrieben erfolgt. Die Grundproduktionen umfassen im wesentlichen:¹⁾

- Herstellung anorganischer Industriechemikalien
- Herstellung organischer Industriechemikalien
- Herstellung chemischer Spezialerzeugnisse, vorwiegend zur Weiterverarbeitung.

Diese umfaßte 1975 annähernd 70 % des gesamten Produktionswertes der Chemischen Industrie in der Bundesrepublik Deutschland. Davon wiederum beruhen 70 % auf petrochemischer Basis.²⁾ 50 % des gesamtchemischen Umsatzes bzw. Produktionswertes werden demnach in petrochemischen Komplexen erzeugt, wie sie im folgenden abgegrenzt sind (Abb.55)³⁾

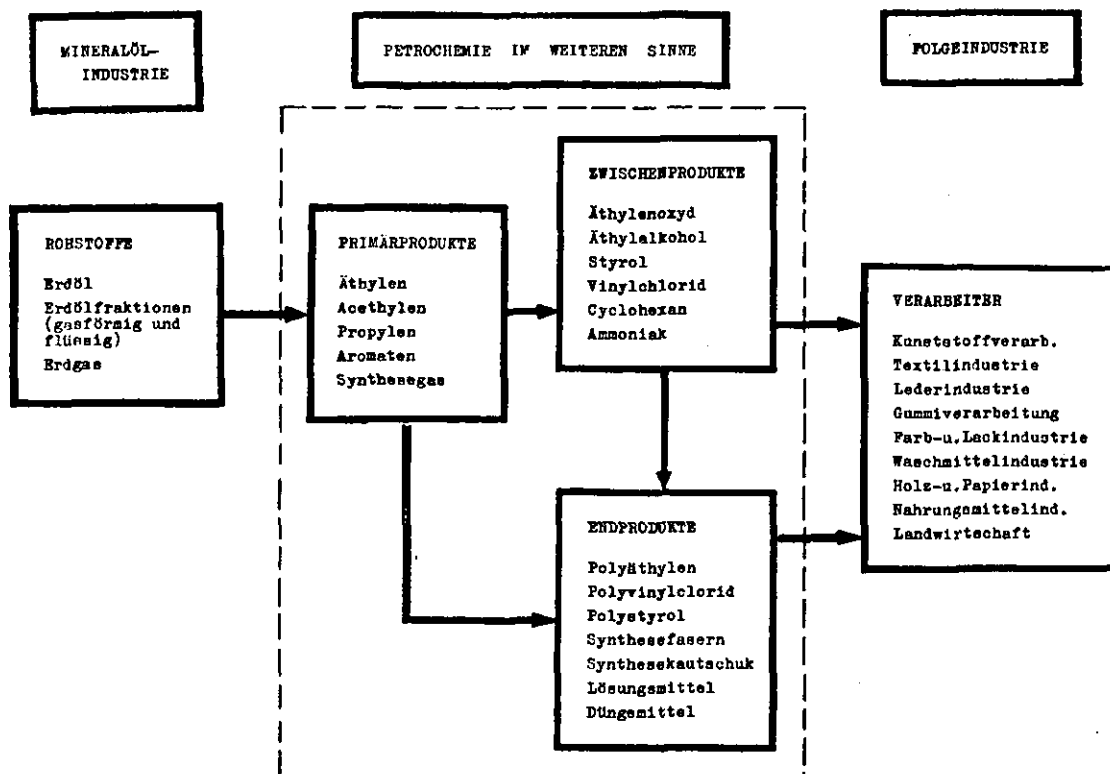


Abb. 55: Die Produkte der Petrochemie

¹⁾ Vgl. Verband der Chemischen Industrie, Chemiewirtschaft in Zahlen, 18. Auflage, Frankfurt 1976

²⁾ Hasserodt, U.: Volkswirtschaftliche Aspekte der Petrochemie, in: Erdöl und Kohle, Erdgas und Petrochemie, Band 28, Heft 12, Dezember 1975, S. 554

³⁾ Zusammengestellt nach: Kölbel, H., und Schulze, J.: Der Absatz in der Chemischen Industrie, Berlin-Heidelberg-New York 1970, S. 178 ff.

Gerade bei den Primärchemikalien besteht ein enger räumlicher Verbund, der sich im allgemeinen nicht nur auf die Produktionsstätten eines Unternehmens beschränkt, sondern sich auch auf Unternehmen mit einem ähnlichen Produktionsprogramm erstreckt.¹⁾ Häufig besteht neben dem technischen Verbund auch eine kapitalmäßige Verflechtung. Ein solcher Verbund besteht in ausgeprägter Weise im Ruhrgebiet.²⁾ Er kann als ein wesentlicher Standortvorteil für chemische Grundstoffproduktion im Ruhrgebiet oder in Nordrhein-Westfalen angesehen werden.

Von den angegebenen organischen und den energieintensiven anorganischen Grund-, Zwischen- und Endprodukten wurden 1973 in Nordrhein-Westfalen erzeugt³⁾ (Prozentanteil an der BRD-Produktion):

- Chlor	53 %
- Schwefelsäure	57 %
- Syntheseammoniak	61 %
- Äthylen	70 %
- Düngemittel	50 %
- Fasern	46 %
- Kunststoffe	43 %
- Synthesekautschuk	90 %
- Chemie insgesamt (Umsatz)	38 %

Da die Chemische Industrie in Nordrhein-Westfalen zudem einen höheren spezifischen Heizöl- und Stromverbrauch als die Chemische Industrie des Bundesgebietes aufweist, kann angenommen werden, daß der Anteil petrochemischer Produktion hier höher ist, als im Bundesgebiet. Es wird demnach mit einem Anteil von 60 % des Umsatzes bzw. der Beschäftigten gerechnet. Für das Ruhrgebiet können 80 % angenommen werden, da hier keine großen weiterverarbeitenden chemischen Betriebe bestehen.

¹⁾ Vgl. z.B.: Chapman, K.: Agglomeration and linkage in the United Kingdom petrochemical industry, in: Institute of Brit. Geographers Transactions, 60 (1973), S. 33 bis 68

²⁾ Vgl. z.B. Kauper, A. und Gorzny, K.: Verbund in der Chemischen Industrie am Beispiel von Hüls, in: Chemiker Zeitung, 98. Jahrgang, Heft 9, September 1974, S. 423 ff

³⁾ Vgl. Statistisches Jahrbuch des Landes Nordrhein-Westfalen 1974

Unter Verwendung dieses Anteils des von der energiewirtschaftlichen Lage des Landes Nordrhein-Westfalens besonders abhängigen Teils der Chemischen Industrie läßt sich die Ausstrahlungskraft dieses Wirtschaftszweiges auf Nordrhein-Westfalen auf dem gleichen Wege wie bei der Bildung des Montan-Komplexes berechnen. Die Ergebnisse sind aus den Tab.69¹⁾ ersichtlich.

7.2.3 Energieintensive Industrien insgesamt

Die Ausstrahlung aller energieintensiven Wirtschaftszweige auf die Arbeitsplätze des Landes Nordrhein-Westfalen ist in der Tab. 70²⁾ angegeben. Insgesamt beeinflussen diese Wirtschaftszweige im Jahr 1972 noch 36 % aller Arbeitsplätze des Landes Nordrhein-Westfalens.

¹⁾ Quellen: Statistisches Jahrbuch des Landes Nordrhein-Westfalen 1963, 1972-1976; Stäglin, R., Wessels, H. u.a.: Input-Output-Rechnung für die Bundesrepublik Deutschland 1954, 1958, 1962, 1966, in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Beiträge zur Strukturforchung, Heft 27, Berlin 1973; Pischner, R., Stäglin, R. und Wessels, H.: Input-Output-Rechnung für die Bundesrepublik Deutschland, in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Beiträge zur Strukturforchung, Heft 38, Berlin 1975; Baumgart, E.R.: Revidierte Investition für die Bundesrepublik Deutschland 1962 und 1966, in: Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, Heft 1/1970, S. 49 ff

²⁾ Quellen: ebenda

	Chemie- Sektor	zusätzl. Sektoren - Kunststoff - Gummi/Asbest	erweiterter Chemie- Sektor
Chemiesektor	292	98	390
dav.: Mineralöl	10		
Chemie	205		
Kunststoff	56	56	
Gummi	21	42	
Zulieferer	30	20	50
dav.: Bergbau	3		
Mineralöl	-		
Chemie	-	6	
Papiererzeugung			
Gummi/Asbest	-		
Stahlbau			
Maschinenbau	12	5	
Elektrotechnik	6	2	
EBM-Industrie	4	2	
Kunststoff	-	1	
Papierverarb.	3	1	
Textil	2	3	
Chemiesektor und Zulieferer:	322	118	440
Nicht-Basis: a	1,17	1,17	1,17
b	377	128	515
Chemie-Komplex insgesamt	699	256	955
Anteil an den Erwerbstätigen %	10	4	14

a) = Verhältnis der Zahl der Beschäftigten in Land- und Forstwirtschaft, Handel, Verkehr und Dienstleistungen zur Zahl der Beschäftigten im Produzierenden Gewerbe

b) = betroffene Arbeitsplätze in 1000

Tab. 69: Die Ausstrahlung des Chemie-Sektors auf die Arbeitsplätze in Nordrhein-Westfalen für das Jahr 1972
(in 1000 Pers.)

	Montan- Sektor	Chemie- Sektor	übrige energieint. Industrien	energie- intensive Industrien
direkt				1030
- Montan	547			547
Chemie		292		292
übrige			191	191
Zulieferer:	39	27	13	79
- Bergbau	-			-
Mineralöl		-		-
Steine Erden			-	-
Eisen/Stahl	-			-
Zieherei	-			-
NE-Metall			-	-
Chemie		-		-
Papierherzeugung			-	-
Gummi/Asbest		-	-	-
Stahlbau	7			7
Maschinenbau	20	12	5	37
Elektrotechnik	10	6	5	21
EBM-Industrie	2	4	1	7
Feinkeramik			-	-
Glasindustrie			-	-
Papierverarbeitg.		3	1	4
Kunststoffverarb.		-		-
Textil		2	1	3
Industrie insgesamt	586	319	204	1109
Nicht-Basis a)	1,17	1,17	1,17	1,17
b)	686	373	239	1299
insgesamt	1272	702	443	2408
Anteil an den Erwerbstätigen %	19	10	7	36

Tab. 70: Die Ausstrahlung der energieintensiven Industrien auf die Arbeitsplätze in Nordrhein-Westfalen im Jahr 1972 (in 1000 Pers.)

7.3 Strukturpolitische Bedeutung des Kernenergieeinsatzes für die relevanten Wirtschaftsbereiche

Bei einer Wertung der Kernenergienutzung für einen bestimmten Wirtschaftsraum ist auszugehen von den Zielen der Strukturpolitik dieses Raumes. Da hier im besonderen das Ruhrgebiet betrachtet wird, sei von den besonderen Zielen dieses Gebietes ausgegangen.

7.3.1 Ziele einer regionalen Strukturpolitik für das Ruhrgebiet

Wie oben gezeigt, weist das Ruhrgebiet seit ca. 1960 ein unterdurchschnittliches Produktions- und Einkommenswachstum und eine Netto-Abwanderung der Bevölkerung auf. Ursache der unterdurchschnittlichen Wirtschaftsentwicklung ist hauptsächlich die auf wenige, sich schwach entwickelnden bzw. schrumpfenden Basisbereiche konzentrierte Wirtschaftsstruktur. Wichtige Ziele der regionalen Wirtschaftspolitik sind demnach:¹⁾

1. das Pro-Kopf-Einkommen des Ruhrgebietes soll langfristig nicht unter den Durchschnitt des Bundesgebietes fallen,²⁾ was auch eine "gewisse" Abwanderung der Bevölkerung implizieren kann.³⁾
2. die Produktionsstruktur muß auf eine breitere Basis gestellt werden.⁴⁾

¹⁾ Während in Abschnitt 4.1 die allgemeinen Ziele zurückgebliebener und monostrukturierter Räume dargestellt werden, wird hier von den speziellen Zielen des Ruhrgebietes und den Vorschlägen zu ihrer Erreichung ausgegangen

²⁾ Vgl. Lamberts, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet - eine Zwischenbilanz, 2. Folge: Beurteilung der Entwicklung und regionalpolitischen Folgerungen für das Ruhrgebiet, in: Mitteilungen des RWI, 24. Jahrgang 1973, S. 23

³⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.): Wirtschaftsstrukturelle Entwicklung im Ruhrgebiet, a.a.O., S. 51

⁴⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (Hrsg.): a.a.O., S. 52

Als vordringliches Ziel wird in dieser Arbeit das Wachstumsziel betrachtet.

Geht man hierbei von der Beobachtung aus, daß sich das wirtschaftliche Wachstum nicht gleichförmig in allen Räumen, sondern auf der Grundlage funktionaler Schwerpunkte in großräumiger und auch kleinräumiger Hinsicht vollzieht - in den meisten Industriekernen des Bundesgebietes sind über 50 % der Industriebeschäftigten in nur drei Branchen tätig¹⁾ - dann kann eine Entwicklungsstrategie für das Ruhrgebiet nur darin bestehen, Schwerpunkte und Spezialisierungen zu schaffen, die langfristige Wachstumsaussichten besitzen.²⁾ Da das Ruhrgebiet seine auf den Kohlevorkommen beruhenden komparativen Standortvorteile verloren hat, kann es, ähnlich wie alle anderen Räume ohne natürliche Vorteile, durch diese Strategie neue Standortvorteile gewinnen.

"Die notwendigen Umstellungen im Revier müßten sich in Form von Komplexbildungen vollziehen, so daß durch zunehmende interne Verflechtungen der in diesen Prozeß einbezogenen Betriebe zusätzliche Wachstumsimpulse ausgelöst werden können.³⁾ Die Basis dieser Komplexe sollte soweit wie möglich aus bereits heute im Ruhrgebiet ansässigen Betrieben gebildet werden, Neuansiedlungen könnten hierbei lediglich eine ergänzende Funktion zukommen.⁴⁾

7.3.2 Bedeutung der Kernenergienutzung in der Chemischen Industrie

Gerade der zur Strukturverbesserung des Ruhrgebietes notwendigen Bildung alternativer Industriekomplexe kann die Chemische Grundstoffindustrie beitragen. Wenn sie auch nicht die Standortbin-

¹⁾ Vgl. Lamberts, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet - eine Zwischenbilanz, 2. Folge, a.a.O., Tab. 5, S. 42

²⁾ Vgl. Hennies-Rautenberg, H., u.a.: Standorte und Verflechtungen der Industriebetriebe im Ruhrgebiet - Konzept eines Forschungsvorhabens, in: Mitteilungen des RWI, 24. Jahrgang, 1973, S. 257 f und Lamberts, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet - eine Zwischenbilanz, 2. Folge, a.a.O., S. 43

³⁾ Lamberts, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet - eine Zwischenbilanz, 2. Folge, a.a.O., S. 43

⁴⁾ ebenda, S. 45

ungseigenschaften für Nachverarbeiter und Zulieferer besitzt, so ist ihr doch eine gewisse Komplexbildungsfähigkeit zuzuschreiben. Diese wird noch gefördert, wenn die Ansiedlungsregion günstige Standortvoraussetzungen für die Folgeindustrien bietet, wie im folgenden untersucht wird.

Die Chemische Industrie ist im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen vorwiegend als Grundstoffindustrie tätig. Durch Angliederung von Folgeproduktionen könnte der Veredelungsgrad der im Gebiet gefertigten Erzeugnisse erhöht und damit die regionale Produktivität und das regionale Einkommen gesteigert werden.

Von den in Abb.55 aufgezählten Produktgruppen der petrochemischen Industrie¹⁾ werden alle, auch die Endprodukte, im Ruhrgebiet bzw. in Nordrhein-Westfalen hergestellt. Hier ist lediglich eine Erweiterung der vorhandenen Kapazitäten im gleichen Betrieb (z.B. Erdölchemie Köln) oder an noch vorhandenen günstigen Standorten im Ruhrgebiet (z.B. VEBA-Projekt Rheinberg) möglich. Wichtigster Hindernisgrund der Erweiterung integrierter petrochemischer Komplexe sind Umweltfragen. Ihre Lösung sollte allerdings angesichts der im folgenden aufgezeigten mittelfristigen (durch Komplexbildung) und langfristigen regionalpolitischen Bedeutung der Chemie (z.B. Bedeutung als motorischer Wirtschaftszweig auf Kohlebasis) mit zusätzlicher öffentlicher Finanzierung möglich sein.

Von den als "Weiterverarbeitet" petrochemischer Produkte bezeichneten Industriezweige sind im Ruhrgebiet folgende Industriezweige unter entwicklungspolitischen Gesichtspunkten besonders erwünscht:²⁾

- Kunststoffverarbeiter,
- Gummi- und Asbestindustrie.

¹⁾ Vgl. Abschnitt 7.2.2

²⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, a.a.O., S. 132, Tab. 5.3.1

Die Industrien wurden anhand folgender Kriterien ausgewählt:¹⁾

1. überproportionales Wachstum der Beschäftigung
2. überproportionale Einkommensquote pro Beschäftigten
3. Beitrag zur Diversifikation der Industriestruktur
4. Einbettung in die bestehende Industriestruktur.

Sie besitzen den höchsten Rang der nach diesen Kriterien für alle Industriezweige gebildeten Rangreihe.

Um festzustellen, ob für die gewünschten Sektoren Entwicklungsmöglichkeiten im Ruhrgebiet bestehen, wurden vom Nederlandse Economisch Instituut die Standortanforderungen dieser Sektoren mit den entwicklungsfördernden Standortgegebenheiten der Region verglichen.²⁾ Es zeigt sich, daß für die Gummi- und Asbestindustrie keine negativen Faktoren bestehen, für die Kunststoffverarbeitung der Faktor "Städte", da sie gegenwärtig nur in wenig verdichteten Räumen beheimatet ist, und der Faktor "Grund und Boden", der vermutlich mit dem eben genannten korreliert. Die Sektoren würden unter Standortgesichtspunkten in ihrer Entwicklung nicht gehemmt, wie auch die folgende Tab. 71 über den Einfluß der Standortfaktoren auf das Wachstum der im Ruhrgebiet zusätzlich erwünschten Industrien zeigt.

Angesichts ihres hohen entwicklungspolitischen Ranges und der Tatsache, daß sie mit folgenden, in Nordrhein-Westfalen ansässigen Industrien³⁾

¹⁾ Vgl. allgemein zu den Kriterien der Industrieauswahl: Jürgensen, H., u.a.: Produktivitätsorientierte Regionalpolitik als Wachstumsstrategie Hamburgs, a.a.O., S. 194 ff; Starbatty, D.: Regionale Strukturpolitik in der Marktwirtschaft, a.a.O., S. 119; Holdt, W.: Industrieansiedlungsförderung als Instrument der Regionalpolitik, a.a.O., S. 82 ff

²⁾ Vgl. Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, a.a.O., S. 131

³⁾ Vgl. die Ergebnisse der Komplexanalyse auf der Basis der Regierungsbezirke in Abschnitt 7.1.3

Sektor	▲ Bevölkerung	▲ BIP	Potential	Eigener Sektor	Anderer Sektor	Bodenknappheit	Wasserpreis	Straßennetz	Städte	Arbeitslosigkeit	Klima	Naherholung	Kultur	Spezifizierung anderer Sektoren
Kunststoffverarbeitung				+					-					▲ Mineralöl
Gummi- u. Asbestverarbeitung														
Chemische Industrie				+	+		-							
Mineralölverarbeitung	+						-							
Elektrotechnik			-	+							+	+		
Stahlfahrzeugbau etc.			-								+			
EBM-Waren										+				
Maschinenbau			+			-								
Ziehereien u. Kaltwalzwerke														
Papier- u. Zellstoffverarbeitung	+		+	-										
Papierverarbeitung					+				+					Landwirtsch.
Nahrungs- u. Genussmittel														
Feinmechanik, Optik														
Eisen/Stahlerzeugung				-			-					-		
NE-Metallerzeugung								+						
Eisen-, Stahlgießereien				-										
NE-Metallgiessereien						-								
Gebietskörperschaften														
Kreditinstitute		+											+	
Versicherungsgewerbe		+												
Architektur etc.		+						+						
Rechts- u. Wirtschaftsberatung		+						+					+	

Tab. 71: Der Einfluß einer Anzahl Faktoren auf das Wachstum der im Ruhrgebiet zusätzlich erwünschten Sektoren

- Stahlbau
- Maschinenbau
- Elektrotechnik
- Feinmechanik

im Verbund stehen, scheint eine Ansiedlungsförderung dieser Industriezweige besonders zweckmäßig.

Mittelfristig würde der Industriekomplex, bestehend aus

- Mineralölverarbeitung
- Petrochemie
- Kunststoffverarbeitung
- Gummi- und Asbestverarbeitung

auf der Basis von Erdöl aufgebaut sein. Er könnte, wie oben beschrieben, zu ca. 15 % zur Basis-Beschäftigung und zu ca. 20 % zur Basis-Produktion beitragen und damit ein wachstumstragender Bereich der Wirtschaft des Landes sein.

Mit einer voraussichtlich langfristigen Umstellung der Produktionsgrundlage des gesamten Komplexes auf Kohle kann die Kernenergie die Sicherung seiner Konkurrenzfähigkeit aufgrund der erheblichen Kosteneinsparungen ermöglichen. Sie würde dann dazu beitragen, daß die erwünschte Industriestruktur im Ruhrgebiet erhalten bleibt.

7.3.3 Bedeutung der Kernenergienutzung in der Montanindustrie

Es ist wahrscheinlich, daß es nicht gelingen wird, die wirtschaftliche Basis des Ruhrgebietes so schnell umzustrukturieren, daß der Anschluß an die gesamtwirtschaftliche Entwicklung bald wieder erreicht wird. Dagegen sprechen:

- die auch langfristig bestehende starke Ausstrahlungskraft des Montan-Sektors auf die gesamte Wirtschaft des Reviers.¹⁾
- die mangelnde Anpassungsfähigkeit der von den Montanindustrien zum Teil erheblich abhängigen Industriezweige, die eine neue Basisfunktion übernehmen könnten.²⁾
- der wahrscheinlich nicht genügende Beitrag der Chemischen Grundstoffindustrie und die noch anzugliedernden Verarbeitungsindustrien.
- das Unvermögen, mit der Ansiedlung heterogener Klein- und Mittelbetriebe einen durch Großindustrie geprägten Ballungsraum, der nahezu 10 % der gesamten Bevölkerung und 15 % der gesamtwirtschaftlichen Leistung der Bundesrepublik umfaßt, die Wirtschaftsstruktur bestimmen zu können.³⁾

¹⁾ Vgl. Löbbe, K. und Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, a.a.O., S. 26 ff

²⁾ Vgl. besonders: Hennies-Rautenberg, H.: Die montanabhängigen Wachstumsverluste des nordrhein-westfälischen Maschinenbaus, in: Mitteilungen des RWI, 25. Jahrgang 1974, S. 283 ff

³⁾ Vgl. Lamberts, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet - eine Zwischenbilanz, 2. Folge, a.a.O., S. 43 f

Das regionalpolitisch wichtige Verflechtungsargument tritt demnach neben dem sozialpolitischen und sicherheitspolitischen Argument der langfristigen Erhaltung von Bergbau und Eisen- und Stahlindustrie im Ruhrgebiet.

Auch wenn die politischen Ziele langfristig ein gewisses Schrumpfen dieser Wirtschaftszweige vorsehen, wird ihre Ausstrahlung erhalten bleiben. Die Nutzung der Kernenergie kann durch Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit und Sicherung der Absatzmöglichkeiten der Montanindustrie auch dann von strukturpolitischer Bedeutung sein.

8. Zusammenfassung und Ergebnisse

Ausgangspunkt dieser Arbeit war die Annahme, daß die Kernenergienutzung langfristig in erheblichem Maße zur Strukturverbesserung des Ruhrgebietes und damit auch des Landes Nordrhein-Westfalen beitragen kann. Das Ruhrgebiet wurde gewählt, weil es die Wirtschaftsregion der Bundesrepublik Deutschland mit dem höchsten Anteil an energieintensiven Industrien ist. Außerdem scheinen die günstigen Bereitstellungskosten von Strom und Wärme und die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie gerade den Industrien des Ruhrgebietes strukturpolitisch notwendige Entwicklungsimpulse geben zu können.

Zielsetzung der Arbeit war es, anhand der wichtigsten Einsatzbeispiele der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen diese These zu bestätigen.

Eingangs wurde die strukturelle Situation Nordrhein-Westfalens und des Ruhrgebietes dargestellt. Es zeigte sich, daß die energieintensiven Wirtschaftszweige im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen bis 1985/90 noch hohe Anteile (50 - 70 % der Nettoproduktion) an den Basis-Bereichen besitzen, die das Wachstum der gesamten regionalen Wirtschaft wesentlich beeinflussen.

Im Anschluß daran wurden Wirtschaftlichkeit und Einsatzbereiche der Kernenergie dargestellt und es wurden die strukturellen Konsequenzen diskutiert, die die Einführung der Kernenergie durch Energiepreisänderungen und Standorteinflüsse in Nordrhein-Westfalen haben kann. Berechnungen und Abschätzungen zeigen, daß die Kernenergienutzung gegenüber anderen in großem Maßstab nutzbaren Energieträgern wirtschaftlicher ist. Beispielsweise sind die Stromerzeugungskosten von Kernkraftwerken im Vergleich zu Steinkohlekraftwerken im Grundlastbereich bei Vollast um 3 bis 4 Pfg/kWh niedriger. Bei der Erzeugung anderer Energieträger, wie z.B. Synthetisches Erdgas aus Kohle, bedarf es lediglich realer Preissteigerungen für die fossilen Brennstoffe in der Höhe von 1 - 2 % p.a., bis die Wettbewerbsfähigkeit der nuklear erzeugten Energieträger erreicht ist.

Energiepreisveränderungen beeinflussen im wesentlichen diejenigen Wirtschaftszweige, die einen hohen direkten und indirekten Energiekostenanteil besitzen. Als "energieintensiv" wurden alle Wirtschaftsbereiche bezeichnet, bei denen dieser kumulative Energiekostenanteil über 10 % liegt. Die nach diesem Kriterium abgegrenzten wichtigsten Wirtschaftszweige des Ruhrgebietes und Nordrhein-Westfalens sind die Eisen- und Stahlindustrie und die Chemische Industrie. Ihr Anteil an der industriellen Wertschöpfung des Ruhrgebietes betrug 1975 38 %; in Nordrhein-Westfalen betrug er 29 %. Sie beschäftigen im Ruhrgebiet 26 % aller industriellen Erwerbstätigen und in Nordrhein-Westfalen ca. 16 %. Mit der Untersuchung des Einflusses der Kernenergienutzung auf die Wettbewerbsfähigkeit dieser Industriezweige wird daher ein erheblicher Teil der regionalen Strukturwirkungen des Kernenergieeinsatzes sichtbar.

Die Standortdiskussion hat gezeigt, daß ein günstiges Energieangebot zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für eine Attraktion von energieintensiven Wirtschaftszweigen bzw. die Verhinderung ihrer Abwanderung ist. Die Entscheidungen der Unternehmen gehen von der Standortgunst alternativer Standortfaktoren, wie Verkehrserschließung, Grundstücks- und Arbeitsmarktverhältnisse, Verbrauchsnähe und Nähe gleichartiger Betriebe aus, die mehr oder weniger große Bedeutung haben. Das Energieangebot ist nur ein Faktor im Rahmen der Standortentscheidung. Dies trifft Nordrhein-Westfalen besonders, da durch das Vordringen des Erdgases und der Kernenergie in Zukunft eine Vielzahl von Standorten ein gleich günstiges Energieangebot aufweisen wird. Angesichts dieser Entwicklung ist die frühzeitige Einführung der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen schon deshalb erforderlich, um die relative Standortgunst gegenüber anderen Regionen zu erhalten oder zu verbessern und damit eine Verschlechterung der Wettbewerbsbedingungen für die ansässigen Wirtschaftszweige zu verhindern.

Die Bestätigung der Ausgangsthese bildet den Schwerpunkt dieser Arbeit. Die Wirkungszusammenhänge zwischen Veränderungen in der Energiewirtschaft durch die Kernenergienutzung und deren Einflüsse auf die regionale Wirtschaftsstruktur wurden zu diesem Zweck in einzelwirtschaftliche Effekte und regionalwirtschaftliche Effekte untergliedert. Teilziele einzelwirtschaftlicher Betrachtungen waren:

- Bestimmung der Einflüsse der Kernenergienutzung auf die Wettbewerbsfähigkeit,
- Bestimmung der Einflüsse auf die Standortwahl und
- Untersuchung der Auswirkungen auf den Absatz

der im Ruhrgebiet ansässigen energierelevanten Wirtschaftszweige.

Teilziel der regionalwirtschaftlichen Betrachtung war:

- Darstellung der Funktion derjenigen Wirtschaftsbereiche für den regionalen Wachstumsprozeß, die durch die Kernenergienutzung wesentlich beeinflußt werden;

Die Bestätigung der Ausgangsthese verlangt ein Instrumentarium zur Messung der regionalpolitischen Bedeutung des Kernenergieeinsatzes. Dieses wurde mit Hilfe strukturpolitischer Ziele als Bewertungskriterien und auf der Grundlage regionalwissenschaftlicher Theorien erarbeitet.

Eine zweite Voraussetzung zur Begründung der These ist die Kenntnis des Einsatzpotentials der Kernenergie in Nordrhein-Westfalen insgesamt, weil nur von den gesamtregionalen Einsatzmöglichkeiten und -potentiale auf die sektoralen Einsatzpotentiale geschlossen werden kann. Ergebnis dieser Analyse war, daß die Kernenergie bis zu 50 % des voraussichtlichen Strombedarfs des Landes Nordrhein-Westfalen im Jahr 2000 decken kann, wenn die Pläne der Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen und der Bundesregierung verwirklicht werden können. Bei Einsatz aller im Inland zusätzlich verfügbaren Steinkohlemengen im Jahr 2000 müßte dennoch ca. 30 % des Stromes durch Kernenergie gedeckt werden. Der Gasbedarf Nordrhein-Westfalens im Jahre 2000 kann durch das nuklear

erzeugte Synthetische Naturgas zu 18 bis 20 % abgedeckt werden. Durch den Kernenergieeinsatz zur Deckung des Strom- und Gasbedarfs könnten in Nordrhein-Westfalen bis zu 10 Mrd DM/a eingespart werden, berechnet für das Jahr 2000. Vor bzw. nach dem Jahr 2000 würde dieser Betrag entsprechend dem Einsatzpotential kleiner bzw. größer als 10 Mrd DM betragen.

Die Analyse einzelwirtschaftlicher Teilziele ergibt, daß die Chemische Industrie des Landes durch die Kernenergienutzung im Jahr 2000 erhebliche Wettbewerbsvorteile erzielen kann. Bei Anwendung der alternativen Einsatzverhältnisse der Kernenergie des Jahres 2000 auf das Basisjahr 1973 ergibt sich eine durchschnittliche Gesamtkostensenkung in der Höhe von 9 %. Für die Standortwahl haben Modellrechnungen gezeigt, daß der Standort Nordrhein-Westfalen nach Einführung der Kernenergie Vorteile für petrochemische Komplexe besitzt, wenn die staatlichen Einflüsse auf die Standortbewertung unberücksichtigt bleiben.

Die Eisen- und Stahlindustrie erhält erst im Jahre 2010 eine wirksame Kostenentlastung durch die Kernenergienutzung, da die Marktreife des entsprechenden Reaktortyps erst ab 1995 erwartet werden kann. Möglich wäre dann eine Einsparung bis zu 5 % der Umsatzsumme. Die Standortanalyse für diesen Industriezweig zeigte, daß die Einführung von Direktreduktionsverfahren als Folge der Kernenergienutzung keine besonderen Vorteile, aber auch keine Nachteile für Nordrhein-Westfalen mit sich bringen würde.

Der Steinkohlenbergbau kann durch die Kohlevergasung in den 90er Jahre eine Erweiterung seiner Absatzmöglichkeiten erfahren. Bis dahin müßten zur Absatzsicherung Übergangslösungen geschaffen werden, falls nicht die Energiepreisentwicklung allein eine Rentabilität der Kohleförderung ermöglicht. Das nuklear erzeugte Synthetische Naturgas kann aufgrund seiner Kostenvorteile gegenüber der konventionellen Kohlevergasung einen höheren Marktanteil gewinnen. Im Jahre 2000 könntendadurch 30 Mio t Steinkohle abgesetzt werden, wenn man die konkurrierende Braunkohlevergasung ausschließt. Die vollständige Förderkapazität der Ruhrkohle AG von 72 Mio t könnte unter diesen Voraussetzungen im Jahre 2007 abgesetzt werden.

Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen zur Bestimmung der Wachstumsfunktion der im Ruhrgebiet ansässigen energieintensiven Industriezweige zeigen, daß diese Wirtschaftsbereiche im Hinblick auf ihre Eigenschaft als Wachstumsträger des Ruhrgebietes und damit auch des Landes Nordrhein-Westfalens unterschiedlich zu beurteilen sind:

1. Nur wenige der energieintensiven Wirtschaftszweige können zu den Wachstumsindustrien auf gesamtwirtschaftlicher Ebene gezählt werden. Sie haben an den Industriebeschäftigten des Ruhrgebietes einen Anteil von 8 % und an den Industriebeschäftigten Nordrhein-Westfalens einen Anteil von 12 %. Die Anteile an der industriellen Wertschöpfung der genannten Regionen betragen 14 % bzw. 28 %. Mit Ausnahme von zwei Wirtschaftszweigen, der Glasindustrie und der Industrie der Steine und Erden (ca. 3 % der industriellen Beschäftigung und Wertschöpfung), weisen die energieintensiven Industrien negative Standortkoeffizienten auf. Ihre regionalen Wachstumsraten werden daher unter den gesamtwirtschaftlichen Wachstumsraten liegen.
2. Obwohl fast alle energieintensiven Wirtschaftszweige Basisbereiche sind und mehrere im räumlichen Verbund mit anderen Wirtschaftsbereichen stehen, erfüllt nur einer die Funktion als räumlicher Leitsektor für das Ruhrgebiet bzw. für Nordrhein-Westfalen: die Eisen- und Stahlindustrie. Sie zählt aber nicht zu den überproportional wachsenden Wirtschaftszweigen und wies in der Vergangenheit auch negative Standorteffekte auf, so daß sie nicht als "motorischer Sektor" im Sinne der Polarisierungstheorie angesehen werden kann.

3. Die Wirtschaftszweige Bergbau und Chemische Industrie haben auch Schlüsselpositionen im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen, da sie erheblich zur Basisbeschäftigung und Basisproduktion der Regionen beitragen (im Ruhrgebiet ca. 26 bis 28 %, in Nordrhein-Westfalen ca. 20 bis 25 %, vgl. Tab.63). Da sie neben der Eisen- und Stahlindustrie vom Kernenergieeinsatz am stärksten betroffen sein werden, ist ihre Folgewirkung auf die gesamte Wirtschaft des Ruhrgebietes bzw. des Landes Nordrhein-Westfalens ebenfalls von besonderer Bedeutung. Für die Chemische Industrie kommt noch ein weiteres Argument hinzu. Als wachstumsstarke Nicht-Montanindustrie ist sie der einzige energieintensive Wirtschaftszweig, durch den ein Beitrag zur Diversifizierung des Ruhrgebietes möglich ist. Auch aus diesem Grund war es wichtig, ihre Ausstrahlung auf die gesamte regionale Wirtschaft zu kennen und diese der Ausstrahlung des Montan-Sektors gegenüber zu stellen.

Die Untersuchung der regionalen Ausstrahlungswirkung ergab, daß von den energierelevanten Wirtschaftszweigen des Ruhrgebietes besonders die Eisen- und Stahlindustrie erhebliche regionalwirtschaftliche Ausstrahlung besitzt. Sie hat zusammen mit dem Kohlenbergbau eine wichtige Schlüsselfunktion für das regionale Wirtschaftswachstum. Zusammen beeinflussen die Montanindustrien im Ruhrgebiet gegenwärtig 37 % der Gesamtbeschäftigten, in Nordrhein-Westfalen 18 %. Diese Anteile werden sich aufgrund der abnehmenden Wachstumsraten und der schwierigen Umstrukturierung auch langfristig nicht stark reduzieren lassen, so daß die aufgezeigten Nutzungsmöglichkeiten der Kernenergie für diese Wirtschaftszweige von erheblicher Bedeutung sein können.

Eine geringere Ausstrahlungskraft auf die Wirtschaft Nordrhein-Westfalens hat die Chemische Industrie. Von ihr sind 10 % aller Arbeitsplätze des Landes abhängig. Ihre Wachstumsintensität und ihre Möglichkeiten der Komplexbildung können erwünschte Folgeindustrien nach sich ziehen. Diese Effekte kann die Kernenergienutzung langfristig erhalten und verstärken. Wird die Struktur des Chemie-Komplexes um zusätzliche, in Nordrhein-Westfalen er-

wünschte Folgesektoren ergänzt, kann die Gesamtbeschäftigung Nordrhein-Westfalens zu 14 % beeinflusst werden und ein erhebliches Gegengewicht zum Montan-Komplex bilden.

Die Bedeutung der energieintensiven Wirtschaftszweige und die Einsatz- und Einsparungsmöglichkeiten durch die Kernenergie bestätigen die hier aufgestellte These über die strukturpolitische Bedeutung des Kernenergieeinsatzes in Nordrhein-Westfalen.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Ansatzpunkte und Ziele des Kernenergieeinsatzes zur
 Strukturverbesserung im Ruhrgebiet
- Abb. 2: Entwicklung der Anteile des Primären, Sekundären und
 Tertiären Sektors in Nordrhein-Westfalen bis zum
 Jahr 2000 im Vergleich zum Bundesgebiet
- Abb. 3: Entwicklung der Anteile des Primären, Sekundären und
 Tertiären Sektors im Ruhrgebiet bis 1980 im Vergleich
 zum Bundesgebiet
- Abb. 4: Strukturanteil der energieintensiven Industrien an
 der Industrie und den Basisbereichen von Nordrhein-
 Westfalen bis zum Jahr 1990
- Abb. 5: Strukturanteile der energieintensiven Industrien an
 der Industrie und den Basisbereichen des Ruhrgebie-
 tes bis zum Jahr 1985
- Abb. 6: Anwendungsbereiche der Prozeßwärme aus dem Hochtem-
 peraturreaktor
- Abb. 7: Kosten der Stromerzeugung mittels verschiedener
 Energieträger
- Abb. 8: Spezifische Anlagekosten für thermische Kraftwerke
 bei variablen Leistungseinheiten
- Abb. 9: Stromgestehungskosten für das Inbetriebnahmejahr
 1985 in Abhängigkeit von der Jahresbetriebszeit
- Abb. 10: Möglichkeiten der SNG-Erzeugung
- Abb. 11: Energiebilanz bei der Vergasung von Steinkohle zu
 Synthetischem Naturgas

- Abb. 12: SNG-Erzeugungskosten in Abhängigkeit von den Steinkohle- und Braunkohlekosten (fiktives Inbetriebnahmejahr 1976)
- Abb. 13: Kostenentwicklung des nuklear erzeugten Gases im Vergleich zur Preisentwicklung von Heizöl und Erdgas
- Abb. 14: Auswirkung von Energiepreissteigerungen auf das Güterangebot und die Güternachfrage eines Wirtschaftsraumes
- Abb. 15: Entwicklung der Raumstruktur in der Bundesrepublik Deutschland und Einfluß energiewirtschaftlicher Faktoren
- Abb. 16: Szenarien der Epochen der Energiebedarfsdeckung und der Anteile der Primärenergieträger
- Abb. 17: Regionale Wachstumsimpulse aufgrund regional unterschiedlicher Investitionen im Energiebereich
- Abb. 18: Wirkungsablauf des räumlichen Energieimpulses
- Abb. 19: Regionale Wachstumsimpulse aufgrund regionaler Unterschiede im Energieangebot
- Abb. 20: Regionale Wachstumsimpulse aufgrund globaler Veränderungen in der Energiewirtschaft
- Abb. 21: Zusammenhang zwischen Kernenergienutzung und regionalen Energieimpulsen
- Abb. 22: Einflußfaktoren auf den Gewinn und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen
- Abb. 23: Gliederung der energieintensiven Wirtschaftszweige nach ihrer Standortabhängigkeit

- Abb. 24: Einfluß von Transportkostenänderungen auf die Produktionsstandorte
- Abb. 25: Höhe des regionalen Preises bei geringer Preiselastizität und degressiven Grenzkosten
- Abb. 26: Optimale Kapazität bei Degression der Produktionskosten und Absatz-Transportkosten
- Abb. 27: Einmalige und dauerhafte Einkommenseffekte aus einer Investition
- Abb. 28: Entwicklung der Strukturanteile der einzelnen Energieträger im Endenergiebereich in Nordrhein-Westfalen
- Abb. 29: Entwicklung des Endenergiebedarfs Nordrhein-Westfalens bis zum Jahr 2000
- Abb. 30: Auffächerung des Endenergieverbrauchs auf Verbrauchsart und Sektoren in der Bundesrepublik Deutschland
- Abb. 31: Verwendung der kritischen Energieträger in der Bundesrepublik Deutschland
- Abb. 32: Entwicklung des Stromverbrauchs und der Bruttostromerzeugung in Nordrhein-Westfalen
- Abb. 33: Anteile der Energieträger an der Bruttostromerzeugung in Nordrhein-Westfalen unter alternativen Annahmen
- Abb. 34: Entwicklung des Gasverbrauchs in Nordrhein-Westfalen
- Abb. 35: Entwicklung des Gasaufkommens in Nordrhein-Westfalen
- Abb. 36: Gasbilanz des Landes Nordrhein-Westfalen

- Abb. 37: Angebot des nuklear erzeugten Synthetischen Naturgases
- Abb. 38: Energieträgereinsatz in der Chemischen Industrie
- Abb. 39: Die Entwicklung des Energieträgereinsatzes in der Chemie Nordrhein-Westfalens
- Abb. 40: Gliederungsschema für Standortplanungen in der Chemischen Industrie
- Abb. 41: Ballungszentren der Chemischen Industrie in den westeuropäischen Ländern
- Abb. 42: Kapitalwerte eines Modellchemiekomplexes an 120 Standorten in der Europäischen Gemeinschaft bei konventioneller Energieversorgung und ohne staatliche Förderungsmaßnahmen
- Abb. 43: Strukturanteile des Energieträgereinsatzes in der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens
- Abb. 44: Übersicht über die wichtigsten Produktionsstufen in der Eisen- und Stahlindustrie und Einordnung in nachgelagerte Produktionsbereiche
- Abb. 45: Einflußfaktoren auf eine zunehmende Konsumorientierung der Eisen- und Stahlindustrie
- Abb. 46: Einfluß des Materialindex auf die unterschiedliche Transportkostenbelastung eines Binnen- und Küstenhüttenwerkes
- Abb. 47: Struktur des Steinkohle-Absatzes in der Bundesrepublik Deutschland 1955 bis 1975 (in %)
- Abb. 48: Langfristige Entwicklung des Steinkohleeinsatzes der Ruhrkohle AG in den traditionellen Einsatzgebieten

- Abb. 49: Entwicklung des autotherm erzeugten Synthetischen Erdgases auf der Basis inländischer Braun- und Steinkohle (autotherme Strategie)
- Abb. 50: Entwicklung des nuklear erzeugten Synthetischen Erdgases auf der Basis inländischer Braun- und Steinkohle (nukleare Standardstrategie)
- Abb. 51: Entwicklung des nuklear erzeugten Synthetischen Erdgases auf der Basis inländischer Braun- und Steinkohle bei vollständiger Vergasung der Braunkohlefördermenge
- Abb. 52: Entwicklung des autotherm erzeugten Synthetischen Erdgases ausschließlich auf der Basis von Steinkohle
- Abb. 53: Entwicklung des nuklear erzeugten Synthetischen Erdgases ausschließlich auf der Basis von Steinkohle
- Abb. 54: Bestandteile eines Wirtschaftskomplexes
- Abb. 55: Die Produkte der Petrochemie

Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Langfristige Entwicklung des Bruttoinlandprodukts
in jeweiligen Preisen 1957 bis 1973
- Tab. 2: Einteilung der Industriezweige Nordrhein-Westfalens
nach ihren Wachstumsaussichten im Vergleich zum
Bundesgebiet
- Tab. 3: Kenndaten des Ruhrgebietes im Vergleich zu
Nordrhein-Westfalen und zur Bundesrepublik Deutschland
- Tab. 4: Einteilung der Industriezweige des Ruhrgebietes
nach ihrer Wachstumsstärke im Vergleich zum
Bundesgebiet
- Tab. 5: Basis-Bereiche in Nordrhein-Westfalen und im
Bundesgebiet, Jahr 1975
- Tab. 6: Anteil der Basisbereiche an der Gesamtwirtschaft
im Ruhrgebiet
- Tab. 7: Kosten der langfristig verfügbaren fossilen Ener-
gieträger
- Tab. 8: Anteile fixer und variabler Kostenkomponenten an
den Stromerzeugungskosten bei verschiedenen
Kraftwerkstypen in %
- Tab. 9: Dampferzeugungskosten bei Wärme/Kraft-Anlagen
- Tab. 10: Entwicklung der spezifischen Anlagekosten für
Wärme/Kraft-Anlagen auf der Basis von Kohle und
Kernenergie

- Tab. 12: Anteile der energieintensiven Industrien an der Industrie der Bundesrepublik Deutschland (1974)
- Tab. 13: Stromkostenbelastung der energieintensiven Industriezweige, Angaben für die Bundesrepublik Deutschland 1974, in DM pro 100 DM Bruttoproduktion (nominal)
- Tab. 14: Preiswirkungen durch die Verteuerung der Rohölimporte auf die energieintensiver Industrien
- Tab. 15: Anteil energieintensiver Industrien an der Industrie im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen
- Tab. 16: Wirtschaftszweige mit einem direkten Energiekostenanteil am Bruttoproduktionswert von über 5 %
- Tab. 17: Standortfaktoren energieintensiver Wirtschaftszweige und ihre relative Bedeutung
- Tab. 18: Anteil der energieorientierten Industriezweige an der gesamten Industrie der Bundesrepublik Deutschland
- Tab. 19: Intersektoraler Verflechtungsgrad ausgewählter Wirtschaftszweige der Bundesrepublik Deutschland 1970
- Tab. 20: Energieverbrauch der Endenergiebereiche des Landes Nordrhein-Westfalen nach Energieträgern im Jahre 1975
- Tab. 21: Fernwärmebedarf der privaten Haushalte in Nordrhein-Westfalen
- Tab. 22: Stromverbrauch in Nordrhein-Westfalen nach Verbrauchergruppen
- Tab. 23: Anteile der Energieträger an der Bruttostromerzeugung in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland (in %)

- Tab. 24: Bilanz der Stromversorgung des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000 bei konstantem Steinkohleneinsatz von 20 Mio t/a (Strategie I)
- Tab. 25: Bilanz der Stromversorgung des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000 bei steigendem Steinkohleneinsatz bis 37 Mio t/a (Strategie II)
- Tab. 26: Globale Energiekosteneinsparung durch den Kerneneigeeinsatz in Nordrhein-Westfalen im Jahre 2000
- Tab. 27: Verbrauch von Energieträgern der Chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1973
- Tab. 28: Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Prozeßdampf- und Strombedarfsdeckung in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahr 2000
- Tab. 29: Dampf- und Strombedarf ausgewählter Chemiebetriebe in Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000
- Tab. 30: Einsparung von Energiekosten durch die nukleare Eigenerzeugung von Strom und Dampf im Koppelprozeß
- Tab. 31: Entwicklung des spezifischen Wärmebedarfs bei der Naphtha-Spaltung (in Gcal/t)
- Tab. 32: Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Äthylenerzeugung im Bundesland Nordrhein-Westfalen
- Tab. 33: Einsparung von Energiekosten in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen durch den Einsatz nuklearer Wärme zur Äthylenerzeugung

- Tab. 34: Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Methanol- und Ammoniakherzeugung im Bundesland Nordrhein-Westfalen
- Tab. 35: Einsparung von Energiekosten durch Bezug nuklear erzeugten Synthesegases zur Methanol- und Ammoniakherzeugung
- Tab. 36: Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Naphtha-Herstellung nach ausgewählten Verfahren
- Tab. 37: Einsparung von Energiekosten durch den Bezug nuklear erzeugten Rohbenzins zur Äthylen-Herstellung
- Tab. 38: Verbrauch an Strom aus dem öffentlichen Netz der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen und Anteil des nuklear erzeugten Stroms
- Tab. 39: Einsparung von Energiekosten in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen im Jahre 2000 und dem Referenzjahr 1973 durch den Bezug nuklear erzeugten Stroms aus dem öffentlichen Netz (schon enthalten)
- Tab. 40: Gasverbrauch der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahr 2000 und Anteil des synthetischen Naturgases
- Tab. 41: Einsparung an Energiekosten durch den Bezug von nuklear erzeugtem Synthetischen Naturgas
- Tab. 42: Gesamtes Einsatzpotential der Kernenergie in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen und Menge der dadurch subventionierten fossilen Brennstoffe

- Tab. 43: Gesamte potentielle Einsparung an Energiekosten in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen durch den Einsatz der Kernenergie, fiktives Einsatzjahr 1973
- Tab. 44: Gesamte potentielle Einsparung an Energiekosten in der Chemischen Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen durch den Einsatz der Kernenergie, Jahr 2000
- Tab. 45: Endenergieverbrauch in den wichtigsten Prozessen der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens des Jahres 1974
- Tab. 46: Primärenergiebedarf verschiedener Verfahren der Eisen- und Stahlerzeugung und Substitutionsmöglichkeiten durch die Kernenergie
- Tab. 47: Entwicklung der Eisen- und Stahlerzeugung in Nordrhein-Westfalen und der mögliche Anteil der Direktreduktion
- Tab. 48: Theoretisches Einsatzpotential der Kernenergie zur Bereitstellung von Reduktionsgas für die Eisen- und Stahlindustrie von Nordrhein-Westfalen
- Tab. 49: Selbstkosten je t flüssigem Rohstahl bei alternativen Verfahren
- Tab. 50: Einsparung von Energiekosten durch Verwendung nuklearer Prozeßwärme durch Reduktionsgaserzeugung
- Tab. 51: Entwicklung des Strombedarfs der Eisen- und Stahlindustrie Nordrhein-Westfalens bis zum Jahr 2000
- Tab. 52: Potential der Kernenergie zur Deckung des Strombedarfs der Eisenschaffenden Industrie des Landes Nordrhein-Westfalen

- Tab. 53: Gasverbrauch der Eisen- und Stahlindustrie des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 2000 und Anteil des nuklear erzeugten SNG
- Tab. 54: Gesamtes Einsatzpotential der Kernenergie in der Eisen- und Stahlindustrie des Landes Nordrhein-Westfalen und Menge der dadurch substituierten Brennstoffe
- Tab. 55: Gesamte potentielle Einsparung an Energiekosten in der Eisen- und Stahlindustrie des Landes Nordrhein-Westfalen durch den Einsatz der Kernenergie, Bezugsjahr 2000 und 1973 (in 10^6 DM)
- Tab. 56: Entwicklung des Materialindex bei der Eisen- und Stahlerzeugung
- Tab. 57: Vorräte und Reichweite der deutschen Steinkohle
- Tab. 58: Aufkommen und Verwendung von Steinkohle 1972 bis 1974 und 1985, in Mio t, Bundesgebiet und Ruhrgebiet
- Tab. 59: Kennzeichnung der energieintensiven Wirtschaftszweige als Wachstumsindustrien
- Tab. 60: Deckungsgrad der energierelevanten Wirtschaftszweige im Ruhrgebiet
- Tab. 61: Exportquote energieintensiver Industrien Nordrhein-Westfalens
- Tab. 62: Einfluß der energieintensiven "Basis"-Industrien auf die Gesamtbeschäftigung 1973
- Tab. 63: Anteil der Basisindustrien an der Gesamtindustrie und ihr Einfluß auf die Gesamt-Beschäftigung 1973

- Tab. 64: Schematische Übersicht der Struktur- und Standorteffekte des Ruhrgebietes gegenüber dem Bund und einer Anzahl ausgewählter Ballungsgebiete auf der Berechnungsgrundlage zweier Fünfjahresperioden
- Tab. 65: Struktur und Entwicklung der Beschäftigung im Ruhrgebiet 1961 bis 1970
- Tab. 66: Die Ausstrahlung des Montansektors auf die Arbeitsplätze im Ruhrgebiet 1957 und 1972, in 1000 Personen
- Tab. 67: Die Ausstrahlung des Montansektors auf die Arbeitsplätze in Nordrhein-Westfalen 1961 und 1972, in 1000 Personen
- Tab. 68: Schätzungen der Output-Struktur der Chemischen Industrie 1974 in % des Umsatzes
- Tab. 69: Die Ausstrahlung des Chemie-Sektors auf die Arbeitsplätze in Nordrhein-Westfalen für das Jahr 1972 (in 1000 Personen)
- Tab. 70: Die Ausstrahlung der energieintensiven Industrien auf die Arbeitsplätze in Nordrhein-Westfalen im Jahre 1972 (in 1000 Personen)
- Tab. 71: Der Einfluß einer Anzahl Standortfaktoren des Ruhrgebietes auf das Wachstum zusätzlich erwünschter Sektoren

Abkürzungsverzeichnis

AGF	=	Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen
ASA	=	Programm Angewandte Systemanalyse
AVR GmbH	=	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH
BF	=	Bergbau Forschung GmbH
BMFT	=	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMWI	=	Bundesministerium für Wirtschaft
DIW	=	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EG	=	Europäische Gemeinschaft
EWG	=	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
Gcal	=	Giga-Kalorien
GHT	=	Gesellschaft für Hochtemperaturreaktor-Technik mbH
gwf	=	Gas- und Wasserfach
H.d.R.R.	=	Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung
HEA	=	Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung
HTR	=	Hochtemperaturreaktor
HTR-PR	=	Hochtemperatur-Prozeßwärmereaktor
IFO	=	Institut für Wirtschaftsforschung
Kcal	=	Kilo-Kalorien
KFA	=	Kernforschungsanlage Jülich GmbH
KFK	=	Kernforschungsanlage Karlsruhe
kW_e	=	Kilowatt elektrisch
kW_h	=	Kilowatt-Stunde
LD-Verf.	=	Linz-Donawitz-Verfahren
LWR	=	Leichtwasserreaktor
Max.	=	Maximalwert
Mcal	=	Mega-Kalorien
Min.	=	Minimalwert

MW	=	Mega-Watt
MW _e	=	Megawatt elektrisch
MW _{th}	=	Megawatt thermisch
NE-Metalle	=	Nichteisen-Metalle
NEI	=	Nederlands Ekonomisch Instituut
Nm ³	=	Norm-Kubikmeter
NRW	=	Nordrhein-Westfalen
OECD	=	Organisation of Economic Cooperation and Development
OPEC	=	Organization of Petroleum Exporting Countries
PNP	=	Prototyp Nukleare Prozeßwärme
RAG	=	Ruhrkohle AG
RBW	=	Rheinische Braunkohlenwerke AG
RWI	=	Rheinisch Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung
SKE	=	Steinkohleneinheiten
SNG	=	Synthetisches Naturgas
STEAG	=	Steinkohlen-Elektrizitäts AG
SVR	=	Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk
TA-Luft	=	Technische Anleitung - Luft
TW	=	Terra-Watt
VDEW	=	Verband Deutscher Elektrizitätswerke
VDI	=	Verein deutscher Ingenieure
VEBA	=	Vereinigte Elektrizitäts- und Bergbau AG
VIK	=	Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft
ZBZ	=	Zentrum Berlin für Zukunftsforschung e.V.

Literaturverzeichnis

- Andrews, R.B.: Mechanism of the Urban Economic Base. In: Land Economics, verschiedene Beiträge im Vol. XIX (1953) bis Vol. XXXII (1956)
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanz 1974, Düsseldorf
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland 1975, Düsseldorf 1976
- Arbeitsgemeinschaft Nukleare Prozeßwärme: Nukleare Prozeßwärme, Einsatzmöglichkeiten, Marktchancen, Programm, Essen-Köln-Duisburg-Mülheim 1975
- Arens, H.J.: Zur Theorie und Technik räumlicher Verteilung von Energieversorgungsanlagen, Gräfelfing-München 1975
- Bansamir, G.: Standorttendenzen in der Eisen- und Stahlindustrie, in: Informationen zur Raumforschung, 21. Jahrgang, 1971, Nr. 15
- Barnert, H., Engelmann, P. (Redaktion): Strategie-Studie für die Entwicklung und Einführung von Hochtemperaturreaktoren, nicht veröffentlichte Studie der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jülich, Februar 1976
- Batelle-Institut e.V.: Szenarien Chemische Technik und Entwicklung zur Sicherung der Rohstoffversorgung, Frankfurt/Main, Januar 1976, Tab. 10-14
- Beckermann, W.: Naturwissenschaftler, Wirtschaftswissenschaftler und Umweltkatastrophe, Kiel 1972
- Behrens, K.Ch.: Allgemeine Standortbestimmungslehre, Köln-Opladen 1961
- Bergbau Forschung GmbH u.a.: Prototyp Nukleare Prozeßwärme, Statusbericht zum Ende der Konzeptphase vom 1.8.1975 bis 30.11.1976, Markt- und Wirtschaftlichkeitsstudie zur nuklearen Kohlevergasung, Band II, Forschung und Entwicklungsarbeiten, Jülich, Januar 1977

Bergbau Forschung GmbH, Fichtner Beratende Ingenieure GmbH, u.a.:
Technologien zur Einsparung von Energie, Studie
im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung
und Technologie, Teil II, Essen-Stuttgart-Jülich
1976

Bergschmidt, H.: Zur Messung und Erklärung von regionalen Wachstumsunterschieden in der Bundesrepublik Deutschland. In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Heft 6 (1962)

Böllhoff, F.: Die wirtschaftliche Bedeutung der Chemischen Industrie in sektoraler und regionaler Hinsicht, in: Probleme der Weltwirtschaft, hrsg. von A. Bredöhl, Münster 1968

Böllhoff, F.: Die wirtschaftliche Bedeutung der Chemischen Industrie in sektoraler und regionaler Hinsicht, in: Probleme der Weltwirtschaft, hrsg. von H. Bredöhl, Deutsches Übersee-Institut, Hamburg 1968

Bogdandy von, L.: Entwicklungstendenzen in der Eisen- und Stahlindustrie, Stahl und Eisen 92 (1972), Nr. 22

Bogdandy von, L., Engell, H.J.: Die Reduktion des Eisenerzes, Düsseldorf 1967

Bogdandy von, L., Förster, E.: Direktreduktion von Eisenerzen, in: Entwicklungslinien der Energietechnik, VDI-Bericht Nr. 236, Düsseldorf 1975

Bohn, Th.: Kohlestrom bleibt teurer als Kernenergiestrom, in: VDI-Nachrichten, Nr. 4/28. Januar 1977

Bohn, Th., Eich, P., Hansen, U.: Stromerzeugungskosten von Großkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbereitung, erscheint 1977

Bohn, Th., Kelleter, H., Walbeck, M.: Steinkohle, vorläufiger Endbericht der Studie E 1.3, angefertigt im Auftrag der Programmleitung "Angewandte Systemanalyse" in der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen, Jülich 1977

Bohn, Th.; Eich, P.; Hansen, U.; Jehle, B.: Künftige Stromgestehungskosten von Großkraftwerken, Spezieller Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-Spez 2, Jülich 1977.

- Bombach, G.: Der Strukturbegriff in der Ökonomie, in: Strukturwandlungen einer wachsenden Wirtschaft, Schriften des Vereins für Sozialpolitik, NF. Band 30/I
- Bonnhoeffer, F.O., Brischkat, C., Stiller, P.: Zur Kosten- und Preisentwicklung der Rohölverteuerung, in: Wirtschaftskonjunktur, Heft 2/74
- Borries von, H.: Ökonomische Grundlagen der westdeutschen Siedlungsstruktur, in: Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Abhandlungen, Band 56, Hannover 1969
- Böventer von, E.: Die räumlichen Wirkungen von öffentlichen und privaten Investitionen, in: Grundfragen der Infrastrukturplanung für wachsende Wirtschaften, Schriften des Vereins für Sozialpolitik N.F. Band 58, Berlin 1971
- Brede, H.: Bestimmungsfaktoren industrieller Standorte, Schriftenreihe des ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung, Nr. 75, Berlin-München 1971
- Brösse, U.: Ziele in der Regionalpolitik und in der Raumordnungspolitik, Berlin 1972
- Buch, A.: Stand und Entwicklungsaussichten der Fernwärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 1262, Dezember 1975, Abb. 5, S. 17, Tab. 24, S. 83, Tab. 27
- Bülow, H., Eckerle, K. u.a.: Entwicklungstendenzen der für die Energienachfrage relevanten Strukturelemente von Wirtschaft und Gesellschaft, Studie der Firma Prognos AG für das Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Forschungsbericht K 76-03, Kernforschung, Künftiger Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit von wirtschaftspolitischen Entwicklungen und dessen Deckung, insbesondere mit Hilfe der Kernenergie, Bonn, Juli 1976
- Budde, K.: Determinanten und Entwicklungstendenzen des Absatzes der Ruhrkohle AG und die Problematik einer absatzorientierten Produktion, Diss. Köln 1974.

- Büker, H. u.a.: Kernenergie und Umwelt, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Teil IV der Studienreihe: Technischer und wirtschaftlicher Stand sowie Aussichten der Kernenergie in der Kraftwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-929-HT-WT, KFK-1366, Jülich-Karlsruhe, März 1973
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Die künftige Entwicklung der Energienachfrage und deren Deckung, Perspektiven bis zum Jahre 2000, Abschnitt III: Das Angebot von Energie-Rohstoffen, Hannover 1976
- Bundesministerium des Innern: Bewertungsdaten für Kernkraftwerkstandorte, Sonderdruck aus "Umwelt", Nr. 43, September 1975
- Bundesminister für Forschung und Technologie (Hrsg.): Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Programmstudie "Sekundärenergiesysteme" in 6 Teilen, Bonn 1975
- Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Energiequellen für morgen? Nichtfossile-Nichtnukleare Primärenergiequellen, Programmstudie in 6 Teilen, Teil I: Zukünftige Energiebedarfsdeckung und die Bedeutung der nichtfossilen und nichtnuklearen Primärenergieträger, Bonn 1976
- Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Künftiger Bedarf in Abhängigkeit von wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Entwicklungen, insbesondere mit Hilfe der Kernenergie, Forschungsbericht K76-o3, Juli 1976
- Bundesministerium für Forschung und Technologie (Auftraggeber): Planstudie über eine halboffene Fernenergieversorgung, insbesondere für den Raum Frankfurt/Main mit Heißwasser-Fernwärmeversorgung für den Raum Köln, bearbeitet von der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH u.a., in Vorbereitung

- Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Auswirkungen von Entwicklungen im Energiesektor auf die Raum- und Siedlungsstruktur, Forschungsbericht Nr. 06.011, in: Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn-Bad Godesberg 1977
- Bundesministerium für Wirtschaft, III D4: Daten zur Entwicklung der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, Bonn Dezember 1974
- Bundesministerium für Wirtschaft: Daten zur Entwicklung der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, 1975, Bonn 1976
- Bundesminister für Wirtschaft: Strukturbericht 1969 der Bundesregierung, Drucksache V/4564, Bonn 1969
- Chapmann, K.: Agglomeration and linkage in the United Kingdom petrochemical industry, in: Institute of Britain Geographers Transactions, 60, 1973
- Der Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Untersuchungen zur Energiesituation, Input-Output-Analysen, Düsseldorf, Juli 1967
- Der Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Technologie-Programm Energie, Nordrhein-Westfalen, Schriftenreihe des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr, Band 5, Köln 1974
- Dernburg, Th.F., McDougall, D.M.: Lehrbuch der Makroökonomischen Theorie, 2. Auflage, Stuttgart 1974
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Entwicklungstendenzen des Energieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen bis 1980, Untersuchung im Auftrag des Wirtschaftsministeriums von Nordrhein-Westfalen, Berlin, Dezember 1971

- Ditlevsen, R.: Standortwahl und räumliche Konzentration von Betrieben der Äthylenerzeugung und -verarbeitung in der Bundesrepublik Deutschland, Diplom-Arbeit angefertigt am Lehrstuhl für Wirtschaftskunde der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Aachen 1971
- Dolinski, U., Ziesing, H. u.a.: Sicherheits-, Preis- und Umweltaspekte der Energieversorgung, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Sonderheft 113, Berlin 1976
- Düring, K.: Vorarbeiten zum Projekt: Prototyp Nukleare Prozeßwärme, Manuskript, unveröffentlicht, Jülich 1976
- Eder, R.: Volkswirtschaftliche Theorie des technischen Fortschritts, Volkswirtschaftliche Schriften, Nr. 111, Berlin 1967
- Eickhoff, H.G., Kugeler, K.: Kohlenwasserstoff-Synthese unter Einsatz von Kohle und Nuklearer Prozeßwärme, in: Erdöl und Kohle, Band 28, 1975, Heft 8
- Eickhoff, H.G., Kugeler, K.: Kohlenwasserstoffsynthese unter Einsatz von Kohle und Nuklearer Prozeßwärme, in: Erdöl und Kohle, Band 29, Heft 9, September 1974
- Eisenhammer, D.: Motorische Produktions-Sektoren im Rahmen regionaler und nationaler Input-Output-Tabellen, Dissertation, Würzburg 1974
- Engelhardt, H.R.: Einsatzmöglichkeiten und Einsatzpotential von Hochtemperaturreaktoren in der Industriegruppe Chemie unter Berücksichtigung von technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-966-RG, Jülich, Juni 1973
- Ermisch, K.u.a.: Systemanalyse und Wirtschaftlichkeitsaspekte einer Verbundanlage mit Hochtemperaturreaktor zur Stahlerzeugung, Sonderdruck aus: Kerntechnik, 15. Jahrgang (1973), Nr. 1-3
- Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (Hrsg.): Der wirtschaftliche Einfluß des Energiepreises, in: Kollektion Studien, Reihe Wirtschaft und Finanzen, Nr. 4, Brüssel 1966

- Faehndrich, H.: Die Determinanten der Wirtschaftsstruktur, Versuch einer systematischen Darstellung, in: Zeitschrift für Nationalökonomie, 23, 1963
- Fels, G., Schatz, K.-W.: Sektorale Entwicklung und Wachstumsaussichten der westdeutschen Wirtschaft bis 1980, in: Weltwirtschaft, Tübingen 1974, Heft 1
- Femmer, U.: Systemtechnische Studien zur Projektplanung einer Eisenschwamm-Erzeugungsanlage, Dissertation Aachen 1973
- Fichtner Beratende Ingenieure GmbH: Technologien zur Einsparung von Energie, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Kurzfassung und Erläuterung, Stuttgart, September 1976
- Fischer, G.: Praxisorientierte Theorie der Regionalforschung, Analyse räumlicher Entwicklungsprozesse als Grundlage einer rationalen Regionalpolitik für die Schweiz, Tübingen 1973
- Fischer, J.: Struktur der Wirtschaft bis 1985 im Bundesgebiet und in Nordrhein-Westfalen, in: Mitteilungen des RWI, Jahrgang 24, 1973
- Flore, C.: Globale Arbeitsplatzentwicklung im Bundesgebiet bis 1990, Prognosen und Konsequenzen für die Raumordnung, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 1/2, 1977
- Flore, C.: Zur Regionalisierung der Arbeitsplätze in der Raumordnungsprognose 1990, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 1/2, 1977
- Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklöpädie der technischen Chemie, 3. Auflage, Ergänzungsband: Neue Verfahren, Neue Produkte, Wirtschaftliche Entwicklungen, München-Berlin, Wien 1970
- Frei, R.: Groß-Cracker verlangen eine andere Markteinschätzung, in: Chemische Industrie, XIII, 1970
- Fürst, D.: Die Standortwahl industrieller Unternehmer, Ein Überblick über empirische Erhebungen, in: Jahrbuch für Sozialwissenschaft, Band 22, 1971, Heft 2

Fürst, D., Klemmer, P., Zimmermann, K.: Regionale Wirtschaftspolitik, Tübingen 1976

Fürst, D., Zimmermann, K.: Unternehmerische Standortentscheidung, Ergebnisse einer empirischen Untersuchung, in: Internationales Verkehrswesen, 25, 1973

Geisenberger, S. u.a.: Zur Bestimmung wirtschaftlichen Notstandes und wirtschaftlicher Entwicklungsfähigkeit von Regionen, Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Abhandlungen, Band 59, Hannover 1970

Gemeinschaftsveröffentlichung der Statistischen Landesämter: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder, Heft 5, Entstehung, Verteilung und Verwendung des Sozialprodukts in den Ländern, Standardtabellen 1974, Gesamtherstellung: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart 1975

Gerfin, H.: Gesamtwirtschaftliches Wachstum und regionale Entwicklung, in: Kyklos, Nr. IV, 1964

Gesellschaft für Hochtemperaturreaktor-Technik GmbH u.a.: Kohlevergasung mit nuklearer Prozeßwärme, Kurzfassung der Studie des Konsortiums GHT-BF-RBW-STEAG für den Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2. Auflage, Düsseldorf, Januar 1975

Giersch, H.: Aufgaben der Strukturpolitik, in: Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik, Jahrgang 9, 1964

Giersch, H., Richter, R.: Beiträge zur Multiplikatortheorie, Schriften des Vereins für Socialpolitik, N.F., Band 9, Berlin 1954

Gorrison, Ch.B.: The impact of a new industry, in: Land Economics (Madison/Wis.) 48, 1972, Heft 4

Grawe, J.: Chancengleichheit mit anderen Bundesländern, Entwicklungstendenzen in der Energieversorgung Baden-Württembergs, in: Wirtschaft und Standort, Juni 1970

- Grosse, N.: Ökonomie der Kernenergie, Veröffentlichungen der List Gesellschaft, Band 29, Basel-Tübingen 1963
- Guck, K.: Standorte für Kernkraftwerke, in: atw, August/September 1973
- Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band 2: Der Absatz; 11. Auflage, Berlin-Heidelberg-New York 1968
- Häusler, A.: Ökonomische Folgeerscheinungen des technischen Fortschritts, Dissertation Berlin 1960
- Hansen, F.H.: Die Entwicklung des Rohölmarktes und der Energie- und Rohstoffversorgung, in: Chemische Industrie, Band 26, Oktober 1974
- Hansen, J.W.: Langfristige Versorgung der chemischen Industrie mit Rohstoffen aus Erdöl, in: Chemische Industrie, Band 24, Juli 1973
- Hansen, K., Röper, B.: Standortprobleme unter besonderer Berücksichtigung des Umweltschutzes, in: Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 125, Dortmund, 1971
- Hasserodt, U.: Volkswirtschaftliche Aspekte der Petrochemie, in: Erdöl und Kohle, Erdgas und Petrochemie, Band 28, Heft 12, Dezember 1975
- Haury, G., Schikarski, W., Thöne, E.: Zusammenstellung der in der Bundesrepublik Deutschland durch die Erzeugung und den Verbrauch von Energie bedingten Auswirkungen auf die Umwelt und der legislativen und technischen Maßnahme zu ihrer Verminderung. Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, KFK 2103 U.F., Karlsruhe, Dezember 1974
- Heinemann, W.R.: Zusammenhänge zwischen Elektrizitätswirtschaft und Raumordnung, in: Raum und Siedlung, 5. Jahrgang, 1969
- Hennies-Rautenberg, H., Kruck, R., Löbbe, K.: Die Auswirkungen alternativer Entwicklungen bei der Förderung von Steinkohle auf die Ruhrwirtschaft, 1. Teil: Darstellung der Ergebnisse, in: Mitteilungen des RWI, 27. Jahrgang, 1976, Heft 4

- Hennies-Rautenberg, H. u.a.: Die Auswirkungen bei der Förderung von Steinkohle auf die Ruhrwirtschaft, in: Mitteilungen des RWI, 29. Jahrgang, 1976, Heft 4
- Hensel, W.: Beitrag zur Standardisierung der Standortbestimmung von Kernkraftwerken, Dissertation, Essen 1977
- Heseler, K.: Erdgaspreise auf expandierenden Wettbewerbsmärkten, und Pallas, H.I.: Mineralölpreise, Einflußfaktoren und ihre Auswirkungen, in: Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln (Hrsg.): Preisbildung in der Energiewirtschaft, Tagungsberichte des Energiewirtschaftlichen Instituts, Heft 19, München 1977
- Hirschmann: Die Strategie der wirtschaftlichen Entwicklung, 21. Ausgabe, Stuttgart 1967
- Vgl. Hörner, G.: Strukturwandel des Energieträgereinsatzes und des Energieverbrauchs in einem großen Werk der chemischen Industrie, in: VDI-Berichte Nr. 222, 1974
- Hofer, P.: Veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen als Vorgabe für die Raumordnungsprognose 1990, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 1/2, 1977
- Hoffmann, F., Gabel, R.: Die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs der Bundesrepublik Deutschland unter dem Einfluß von Konjunktur-, Temperatur- und Spareffekten, in: Glückauf, Nr. 10, 1975, S. 486/493
- Holdt, W.: Industrieansiedlungsförderung als Instrument der Regionalpolitik, Beiträge zum Siedlungs- und Wohnungswesen und zur Raumplanung, hrsg. von W. Ernst und R. Thoss, Münster 1974
- Hromek, R.: Aufteilung der Investitions- und Erzeugungskosten in der Heizkraftwirtschaft, in: Brennstoff-Wärme-Kraft, 24. Jahrgang, 1972, Nr. 9
- Irsch, N.: Die Bedeutung der Kernenergie für die Energieversorgung, in: Wirtschaftsdienst, 1977, Heft 1

- Isard, W.: Regional Cycle and Multiplier Analysis, in: Isard, W.: Methods of Regional Analysis, an Introduction to Regional Science, 6. Auflage, Cambridge, Mass. 1969
- Isard, W., Kuenne, R.: The Impact of Steel upon the Greater New York-Philadelphia Industrial Region, in: Papers and Proceedings of the Regional Science Association, Vol. I, 1955
- Jacob, W.: Preispolitik, Wiesbaden 1963
- Jansen, P.G.: Infrastrukturinvestitionen als Mittel der Regionalpolitik, Beiträge zur Raumplanung, hrsg. vom Zentralinstitut für Raumplanung an der Universität Münster, Band 3, Gütersloh 1967
- Jensen, W.G.: Energy and the economy of nations, Cambridge 1970
- Jochimsen, R.: Grundfragen und zusammenfassende Darstellung raumbedeutsamer Planungen und Maßnahmen gemäß § 4 Abs. 1 des Raumordnungsgesetzes vom 8.4.1965, Forschungsbericht, erstellt im Auftrag des Bundesministers des Innern, Mitteilungen aus dem Institut für Raumordnung, Heft 76, Bonn-Bad Godesberg, 1977
- Jones, G.K.: Cost Benefits Analysis of choice between nuclear and other fuels, operational Research Society Conference Fastbourne, November 1969
- Jüntgen, H.: Herstellung gasförmiger Energieträger aus fossilen Brennstoffen, in: VDI-Berichte Nr. 224, 1974
- Jürgensen, H.: Produktivitätsorientierte Regionalpolitik als Wachstumsstrategie, Weltwirtschaftliche Studien, Heft 8, Göttingen 1965
- Junius, H.P.: Zur Frage des Standorts neuzeitlicher Eisenhüttenwerke in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Absatzorientierung, Dissertation, Aachen 1962

- Kalla, U., Lange, Ch., Pantke, H.D.: Die Verfahren der Direktreduktion unter Berücksichtigung ihrer Erzversorgung, in: Stahl und Eisen, 91, 1971, Nr. 14
- Kauper, A., Gorzny, K.: Verbund in der Chemischen Industrie am Beispiel von Hüls, in: Chemiker Zeitung, 98. Jahrgang, Heft 9, September 1974
- Kebschull, D., Schopp, H.G.: Rohstoffsicherung und Entwicklungsländer, in: Wirtschaftsdienst, 1974/II
- Kerstan, F.: Weltstahlindustrie zieht Bilanz - Energiesituation zwingt zu neuen Überlegungen, in: Glückauf, 111, 1975, Nr. 5
- Kistenmacher, H.: Basic-Nonbasic-Konzept, in: HdRR, 2. Auflage, Hannover 1970
- Klemmer, P.: Die komparative Kostenanalyse, in: Informationen des Instituts für Raumordnung, 19. Jahrgang 1969, Nr. 20
- Klemmer, P.: Die Shift-Analyse als Instrument der Regionalforschung, in: Methode der empirischen Regionalforschung, 1. Teil, Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Forschungs- und Sitzungsberichte, Band 87, Hannover 1973
- Klemmer, P.: Die Theorie der Entwicklungspole - strategisches Konzept für die regionale Wirtschaftspolitik? in: Raumforschung und Raumordnung, 30. Jahrgang, 1972, Heft 3
- Klimesch, H.: Beiträge zu einer regionalen Wachstumstheorie, Dissertation Tübingen 1966
- Kloten, N., Müller, J.H.: Regionale Strukturpolitik und wirtschaftliches Wachstum in der Marktwirtschaft, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, hektographiert, Tübingen und Freiburg, 1965
- Koch, K.: Energie als Kostenfaktor in der westdeutschen Wirtschaft, in: Vierteljahreshefte für Wirtschaftsforschung, Berlin 1972

- Kölbel, H., Schulze, J.: Ertragsschätzungen für neue chemische Anlagen, in: Chemische Zeitung für Chemische Apparatur/Verfahrenstechnik, 93. Jahrgang, Nr. 3
- Kraftwerk-Union: Stromerzeugungskosten fossil-gefeuerter Kraftwerke, Kernkraftwerke, Anlagekosten, Planungsunterlagen der Kraftwerk-Union, nicht veröffentlicht, Erlangen, Januar 1976
- Krieb, K.H.: Berechnung der Strom- und Wärmeerzeugungskosten, in: VDI-Bildungswerk, BW 1745, Düsseldorf
- Kugeler, K., Kugeler, M., Nießen, H.F.: Über eine Möglichkeit der Äthylenerzeugung mit Hilfe von nuklearer Wärme, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-704-RG, Oktober 1970
- Kugeler, M.: Verfahren zur Direktreduktion von Eisenerz und möglicher Einsatz der Kernenergie, Interner Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, IRE-70-21, Jülich 1971
- Lehbert, B.u.a.: Untersuchungen der kurz- und langfristigen Elastizitäten der Energienachfrage in bezug auf die Energiepreise, Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, an das Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, Zwischenbericht, Kiel 1976, nicht veröffentlicht
- Lamberts, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet, eine Zwischenbilanz, 1. Folge: Die Bedeutung des Montankomplexes für die Ruhrwirtschaft, in: Mitteilungen der RWI, 23. Jahrgang 1972, S. 169 ff.
- Lamberts, W.: Der Strukturwandel im Ruhrgebiet, eine Zwischenbilanz, 2. Folge: Beurteilung der Entwicklung und regionalpolitische Folgerungen für das Ruhrgebiet, in: Mitteilungen des RWI, 24. Jahrgang, 1973, Heft 1, S. 23 ff.
- Landesregierung Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Entwicklungsprogramm Ruhr 1968-1973, Düsseldorf 1968, S. 11; Landesregierung Nordrhein-Westfalen; Nordrhein-Westfalen-Programm 1975; Düsseldorf 1970,
- Landesregierung Nordrhein-Westfalen: Notwendige Maßnahmen zur Verbesserung der Landesstruktur in Nordrhein-Westfalen, Druckschrift, 1. Teil: Analyse und Vorschläge zur regionalen Strukturverbesserung, Düsseldorf 1964

- Liesen, K.: Erdgas in Westeuropa, Vortrag vor der Delegiertenversammlung des Verbandes der Schweizerischen Gasindustrie, Zürich, 25.5.1977, als Fotokopie von der Firma Ruhrgas AG erhalten
- Lindenlaub, J.: Energieimpulse und regionale Wachstumsdifferenzierung, in: Schriftenreihe des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln, Band 14, München 1968
- Lipsey, R.G.: Einführung in die positive Ökonomie, Köln 1971
- Löbbecke, K., Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Schriftenreihe des RWI, N.F. Heft 37, Berlin 1967
- Löbbecke, K., Kruck, R.: Wirtschaftsstrukturelle Bestandsaufnahme für das Ruhrgebiet, Berlin 1976
- Mandel, H.: Die Kernenergie und ihr künftiger Beitrag zur Energieversorgung, in: Chemie-Technik, 5. Jahrgang 1976, Nr. 4
- Mandel, H.: Standortfragen bei Kernkraftwerken, in: atw, Januar 1971
- Manthey, Ch.: Einsatz von Hochtemperaturreaktoren in der Eisen- und Stahlindustrie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-1180-RG, Jülich, März 1975
- Marshall, T.N.: Will nuclear power pay off? in: Electronics and Power, Februar 1971
- Martell, H.: Theoretische Grundlagen und empirische Grenzen der Multiplikatoranalyse, in: Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, Berlin 1950, Heft 3
- Marx, D.: Wachstumsorientierte Regionalpolitik, Wirtschaftliche Studien 3, hrsg. Institut für Europäische Wirtschaftspolitik der Universität Hamburg, Göttingen 1966
- Meadows, D. et al.: Die Grenzen des Wachstums, Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit, Stuttgart 1972

- Meyer, W.: Die Theorie der Standortwahl, Entwicklung, Inhalt und wirtschaftstheoretische Behandlung des Standortproblems, Volkswirtschaftliche Schriften, Heft 54, Berlin 1960
- Michaelis, H.: Energiepolitik der Europäischen Gemeinschaft, in: Probleme der Energiewirtschaft, Institut für Unternehmungsführung und Unternehmensforschung, Ruhruniversität Bochum, Arbeitsbericht Nr. 9, April 1976, hrsg. von H. Besters
- Michaelis, H.: Kernenergie, München 1977
- Michaelis, H.: Perspektiven der Energieversorgung, Beitrag zum Energiewissenschaftlichen Seminar "Die Zukunft der Energie-Trends und alternativer Lösungen, veranstaltet vom Zentrum für Zukunftsforschung e.V., am 23./24. September 1976, Berlin, als Manuskript erhalten
- Michaelis, H.: Wettbewerbsfähigkeit und Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie im Lichte der jüngsten energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Entwicklung, Referat gehalten auf der Reaktortagung 1977, Mannheim, März 1977
- Mineralölwirtschaftsverband e.V., Arbeitsgemeinschaft Ölgewinnung und -Verarbeitung, Jahresbericht 1974
- Ministerpräsident Kühn, H. und Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr, Riemer, H.L.: Vorrang für die Kohle, Regierungserklärung zur Energiepolitik vom 12. Mai 1977, Dokumente und Meinungen 2/77, hrsg. vom Presse und Informationsamt der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1977
- Mittmann, D.: Die Chemische Industrie im nordwestlichen Mitteleuropa in ihrem Strukturwandel, in: Kölner Forschungen zur Wirtschafts- und Sozialgeographie, hrsg. von E. Otremba, Band 20, Wiesbaden 1974
- Moranville, C., Patarin, L., Rastoin, J.: Industrielle Anwendungsmöglichkeiten für Kernenergie zu nicht ausschließlich elektrizitätserzeugenden Zwecken, nicht veröffentlichtes Manuskript, Jülich 1976

- Mount, T.D., Chapman, L.D., Ty, T.J.: Electricity Demand in the United States: An Econometric Analysis; Work Supported by the National Science Foundation under Interagency Agreement No. AEC 40-237-70 (NSF AG 398), Oak Ridge National Laboratories, Oak Ridge, Juni 1973
- Müller, H.J.: Die räumlichen Auswirkungen der Wandlungen im Energiesektor, in: Energiewirtschaft und Raumordnung, Forschungs- und Sitzungsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Band 13, Hannover 1967
- Müller, J.H.u.a.: Probleme der Wirtschaftsstruktur des Saarlandes, Hrsg.: Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, Hohe Behörde - Luxemburg 1967
- Müller von Blumencron, H., Steinrötter, H.: Der erste Schritt zu einem westeuropäischen Äthylenverbundnetz, in: Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie, 22. Jahrgang, Nr. 5, Mai 1969
- Narberhaus, H.: Möglichkeiten zur Sicherung und Verbesserung der Energieversorgung durch den Einsatz von Hochtemperaturreaktoren auf dem Strom- und Wärmemarkt, gezeigt am Beispiel Spaniens, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-1103-RG-SE, Jülich, August 1974
- Nickel, H.: Die regionale Strukturpolitik in Frankreich, Dissertation Köln 1965
- North, D.C.: Location and Regional Growth, Journal of Political Economy, Vol. LXIII, 1955
- Ochel, W.: Die Industrialisierung der Dritten Welt, insbesondere der OPEC-Länder, und ihre Folgen für die Bundesrepublik Deutschland, in: ifo-Schnelldienst 11/12, 30. Jahrgang, April 1977
- Ockenfels, H.D.: Regionalplanung und Wirtschaftswachstum, dargestellt am Beispiel Frankreichs, Köln und Opladen 1969
- Oesterwind, D.: Einführung des synthetischen Erdgases auf dem Energiemarkt in der Bundesrepublik Deutschland unter Berücksichtigung alternativer Kohleangebotsstrategien und der konkurrierenden Energieträger, Dissertation Köln 1977

- Oesterwind, D., Voß, A.: Brauchen wir Kernenergie? in: Nutzen und Risiko der Kernenergie, Seminarvorträge, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-Conf-17, Abb. 12
- Organisation for Economic Co-Operation and Development, Energie and Environment, Methods to Analyse the long-term Relationship, Paris 1974
- Organisation für Economic Co-Operation and Development, Energy Prospects to 1985, An Assessment of Long Term Energy Developments and Related Policies, Vol. 1, Paris 1974
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (Hrsg.): Oil, The present Situation and future Prospects, OECD Oil Committee, Paris 1973
- Ortmann, F.: Überlegungen zur regionalpolitischen Anwendbarkeit des Multiplikatorkonzeptes, Kieler Studien Nr. 122, Tübingen 1973
- Ott, A.E.: Artikel "Technischer Fortschritt", in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 10, Stuttgart 1965
- Ott, A.E.: Technischer Fortschritt in einem stationären Zwei-Sektorenmodell, in: IBM-Nachrichten, 18. Jahrgang, 1968, Nr. 192
- o.V.: Der Protest der Leute von Orsoy und Rheinberg gegen ein neues Chemie-Werk, in: Die Welt, Nr. 212, 13.9.1971
- o.V.: Direkter und indirekter Einsatz von Energie in der Bundesrepublik Deutschland, in: Wochenbericht des DIW, Berlin, 41, 1974, Heft 1/2
- o.V.: Durchbruch der Petrochemie in Bayern, in: VWD (Vereinigte Wirtschaftsdienste GmbH), Frankfurt, 20.4.1970
- o.V.: Elbe-Mündung zieht Industrie an, in: VWD (Vereinigte Wirtschaftsdienste GmbH), Frankfurt, 5.5.1970

- o.V.: Petrochemie in der EWG, in: Handelsblatt, Sonderteil Nr. 230, 1. Dezember 1969, S. 13-16
- o.V.: Petrochemieprognosen spiegeln nüchterne Erwartungen, in: Chemische Industrie, 29. Jahrgang, 1977, Heft 2
- o.V.: ROW peilen 2 Mio t/a Äthylen an, in: Chemische Industrie XXI, November 1969
- o.V.: Übersicht über die wichtigsten Erzeuger petrochemischer Vorprodukte in der Bundesrepublik Deutschland, in: Oel, Zeitschrift für die Mineralölwirtschaft, Heft 2, 1974 (1976)
- o.V.: Vor einem petrochemischen Verbund in Bayern, in: FAZ (Frankfurter Allgemeine Zeitung), 25.2.1970
- Pantke, H.D., Pohl, U.: Purofer - technische Anwendung der Direktreduktion, in: Stahl und Eisen, 93, 1973, Nr. 5
- Paulsen, A.: Zum Begriff "Wirtschaftsstruktur", in: Zeitschrift für Nationalökonomie, Wien, 24. Jahrgang, 1964, 3
- Perloff, H.S., Dunn, E.S. Jr., Lampard, E.E., Muth, R.F.: Regions, Resources and Economic Growth, 2. Auflage, Baltimore (Maryland) 1961
- Perroux, F.: Note sur la notion de "pole de croissance", Economie appliquée, Jahrgang 8, Nr. 1-2, Januar-Juni 1955
- Plessner, N., Göpner, W.: Die Entwicklung der Gaswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1974, in: gwf (Gas- und Wasserfach), Gas, Erdgas, 116. Jahrgang, Heft 8, 1975
- Pöttgen, H.G., Bühl, E.: Auswirkungen der Struktur eines Unternehmens auf seine Energiewirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Energieausnutzung, Stahl und Eisen 95 (1975), Nr. 3
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.): Grundlinien und Eckwerte für die Fortschreibung des Energieprogramms, Beschluß des Bundeskabinetts vom 23.3.1977, in: Bulletin, Nr. 30/S. 265, Bonn, 25.3.1977

- Prognos AG: prognos euroreport 1977, Annual Report on the Economic and Demographic Trend in the Industrial Countries of Western Europe and USA up to 1990, Basel, November 1976
- Prognos AG: prognos report Nr. 5: "Die Bundesrepublik Deutschland 1985", Basel 1975
- Prognos AG: prognos report Nr. 7: Die Bundesrepublik Deutschland 1985; Die Entwicklung von Wirtschaft und Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland und den Bundesländern 1960-1985, Prognos AG, Band 1975
- Prognos AG: prognos report Nr. 7: Die Bundesrepublik Deutschland 1980/85/90, Band 1976
- Programm Angewandte Systemanalyse (Hrsg.): "Wird künstlich erzeugtes Gas einschließlich Wasserstoff der wichtigste Sekundärenergieträger im nächsten Jahrhundert?" ASA-Arbeitsseminar, durchgeführt am 30.11.1976 bei der DFVLR e.V., Stuttgart, ASA-Seminarbericht IG/o3, Köln, März 1977
- Programm Angewandte Systemanalyse der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen (AGF/ASA) (Hrsg.): "Ausbau von Sekundärenergiesystemen", AGF/ASA-Studie E.3.2, Energiebedarfsentwicklung der Industrie, bearbeitet von Turowski, R., vorgesehen als Anlageband zum Jahresbericht 1977, in Vorbereitung
- Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung: Die Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland - Untersuchung mit Hilfe eines dynamischen Simulationsmodells, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, in Vorbereitung, Band II
- Rath-Nagel, St.: Alternative Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, Untersuchungen mit Hilfe eines Simulationsmodells, Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-1203, Jülich 1975
- Raumordnungsgesetz vom 8.4.1965, in: Bundesgesetzblatt, Teil I, Jahrgang 1965, Nr. 16

- Redl, F.: Wirtschaftsstruktur und wirtschaftliches Wachstum, in: Zeitschrift für Nationalökonomie, Wien, 23. Jahrgang, 1963, 1/2
- Reintges, H. u.a. (Hrsg.): Jahrbuch für Bergbau, Energie, Mineralöl und Chemie, 1976/77, die Mineralölversorgung Europas, Essen 1977
- Reuss, G.E.: Produktivitätsanalyse, Veröffentlichungen der List Gesellschaft, Band 17, Basel-Tübingen 1960
- Richter, R.: Preistheorie, Wiesbaden 1963
- Riedt, P.V.: Umweltschutz u. Petrochemie, Widerstand gegen geplante Raffinerie der VEBA-Chemie bei Rheinberg ungebrochen, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 180, 7.8.1971
- Riemer, H.L., Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Memorandum, Energiepolitik in Nordrhein-Westfalen/Kernenergie-Steinkohle, als Manuskript gedruckt, Düsseldorf, März 1977
- Rijst, A., Woestijne, W.J.: Veränderungen der Einflußfaktoren für die Standortwahl von Hüttenwerken in Westeuropa, in: Stahl und Eisen, 90, 1970, Nr. 10
- Ritschel, W. u.a.: Bisherige und zukünftige Entwicklung der Stromerzeugungskosten auf der Basis von Steinkohle und Kernenergie, Essen 1976
- Rittenbruch, K.: Zur Anwendbarkeit der Exportbasiskonzepte im Rahmen von Regionalstudien, in: Schriften zu Regional- und Verkehrsproblemen in Industrie- und Entwicklungsländern, hrsg. von J.H. Müller und Th. Daner, Band 4, Berlin 1968
- Ruhrkohle AG u.a.: Kohleöl, Herstellung von Öl durch Hydrierung von Steinkohle, Kurzfassung der Studie des Konsortiums RAG/STEAG für den Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, September 1975
- Rumberger, M., Wettig, E.: Bedingungen für Angebot und Nachfrage nach Koks-kohle in der Welt bis 1985, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Beiträge zur Struktur-forschung, Heft 44, Berlin 1977

- Schalk, H.J.: Alternative Ansätze zur Schätzung regionaler Produktionsfunktionen, in: Interregionales Gesamtmodell für die Bundesrepublik Deutschland, Forschungsbericht der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Zwischenbericht, Münster, Mai 1974, als Fotokopie vom Institut für Siedlungs- und Wohnungswesen der Universität Münster erhalten
- Schilling, K. u.a.: Kostenabschätzung über zukünftige Versorgungsmöglichkeiten der Bundesrepublik Deutschland mit Importerdgas, interner Bericht des Steinkohlenbergbauvereins, Nr. KV-3-1970, Essen, Juni 1976, nicht veröffentlicht
- Schilling, H.: Standortfaktoren für die Industrieansiedlung, Veröffentlichung des Österreichischen Instituts für Raumplanung, Nr. 27, Wien 1968
- Schlachter, H.: Energie- und Rohstoffversorgung für die Chemie, in: Chemische Industrie, Band 27, November 1975
- Schmidt, H.: Räumliche Wirkung der Investitionen im Industrialisierungsprozeß, in: Die industrielle Entwicklung, Analyse der wirtschaftlichen, sozialen und politischen Auswirkungen der Industrialisierung, hrsg. von F. Voigt, Band 9, Köln und Opladen 1966
- Schmidt-Küster, W.J.: Bedeutung und Probleme der Kernenergie, in: König, Chr. (Hrsg.): Energie und Umwelt, Vorträge des Internationalen Kongresses Energie und Umwelt vom 8.2. bis 10.2.1977 in Düsseldorf anlässlich der Envitec 77, Essen 1977
- Schmidt, D., Schulz, W. u.a.: Die Auswirkungen von Kernkraftwerken auf die Wirtschaftsstruktur, Untersuchung des energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln im Auftrag des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, November 1972
- Schneider, A.: Die Energieversorgung eines Grundstoffwerkes der Chemie, in: Energie und Technik, Nr. 26, 1974, Heft 1
- Schneider, A.: Energieversorgung eines Chemiewerkes nach betrieblichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten, in: VDI-Berichte, Nr. 222, 1974

Schneider, H.K.: Anstöße zum wirtschaftlichen Strukturwandel durch die Ölkrise, in: ifo-Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.): Technischer Fortschritt - Ursache und Auswirkungen wirtschaftlichen Handelns, München 1975

Schneider, H.K.: Artikel "Energiewirtschaft und Raumordnung", in: H.d.R.R., Band I, Hannover 1970

Schneider, H.K. u.a.: Die Entwicklung des Elektrizitätsbedarfs der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000 in Abhängigkeit von wirtschaftlichen und sozialen Faktoren, in: Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Künftiger Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit von wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Entwicklungen und dessen Deckung, insbesondere mit Hilfe der Kernenergie, Forschungsbericht K76-o3, Bonn, Juli 1976

Schneider, H.K.: Über die Notwendigkeit regionaler Wirtschaftspolitik, in: Beiträge zur Regionalpolitik, hrsg. von H.K. Schneider, Schriften des Vereins für Sozialpolitik, N.F., Band 41, Berlin 1968

Schnur, P.: Projektion des Arbeitskräftebedarfs für die Jahre 1980, 1985 und 1990, Modellrechnung nach 26 Wirtschaftszweigen, in: Mitteilungen aus Arbeits- und Berufsforschung, 7. Jahrgang, 1974, Nr. 3

Schnurr, S.H., Marschak, J.: Economic Aspects of Atomic Power, published for the Cowle Commission for Research in Economics, by Princeton University Press, New York 1950

Schröder, D. u.a.: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, Bestimmungsgründe der regionalen Wachstumsunterschiede der Beschäftigung und Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 1950 bis 1980, Prognos-Studie Nr. 3, Stuttgart-Main 1968

Schröder, D.: Künftige Entwicklung der Arbeitsplätze in der Bundesrepublik Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 4/5, 1975

- Schröder, G., Wischnewski, R., Barnert, H. et al: Tätigkeitsbericht über das Vorhaben "Nukleares Fernwärmesystem mit Hochtemperaturreaktor" der Studiengesellschaft für Nukleare Prozeßwärme mbH (AVR GmbH, Ruhrkohle AG, STEAG AG, Kernforschungsanlage Jülich GmbH), Jülich 1973
- Schulten, R.u.a.: Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie zur Deckung des Wärmebedarfs einer hochindustrialisierten Region und die sich daraus ergebenden Strukturänderungen, dargestellt am Beispiel Nordrhein-Westfalen, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2493, Opladen 1975
- Schulten, R., Krieb, U.H. et al: Industriekraftwerk mit Hochtemperaturreaktor, PR 500, - "Otto-Prinzip" - zur Erzeugung von Prozeßdampf, Abschlußbericht mit der Firma STEAG AG, Essen, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül. Nr. 941, Jülich, April 1973, fertiggestellt Dezember 1973
- Schulten, R.: Nukleare Prozeßwärme, in: Chemie-Ingenieur-Technik, 48. Jahrgang, 1976, Nr. 5
- Schulz, W.u.a.: Die Strompreise in den verschiedenen Gebieten der Bundesrepublik Deutschland, Köln 1972
- Schwarz, H.: Modellstudie über den Einfluß des Hochtemperaturreaktors auf die Standortorientierung der Großchemie, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Nr. 1184, Jülich, April 1975
- Schwarz, K.: Umweltbeeinflussung durch Energieanlagen, in: König, Chr. (Hrsg.): Energie und Umwelt, Vorträge des Internationalen Kongresses Energie und Umwelt vom 8.2 bis 10.2.1977 in Düsseldorf anläßlich der Envitec 77, Essen 1977
- Schwegmann, P.: Modellstudie über Kosten und Wirtschaftlichkeit möglicher Kombinationen von Industrieanlagen mit dem Hochtemperaturreaktor als Energiequelle, Bericht der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jül-842-RG, Jülich, April 1972
- Siedlungsverband Ruhrkohlenrevier (Hrsg.): Wirtschaftliche Entwicklung im Ruhrgebiet, Schriftenreihe des SVR, Nr. 46, Essen 1974

- Starbatty, J.: Regionale Strukturpolitik in der Sozialen Marktwirtschaft, Dissertation, Köln 1967
- Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften: Die Entwicklung der Heizölpreise in den neun Ländern der Europäischen Gemeinschaft von 1960 bis 1974, Energie-Statistik, Sonderheft 1974, Nr. 2, Tab. 32
- Statistisches Landesamt Nordrhein-Westfalen: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung Nordrhein-Westfalen, 1958 bis 1966, Beiträge zur Statistik des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 252, Düsseldorf 1969
- Statistische Jahrbücher Nordrhein-Westfalens 1960-1976
- Stockmann, W.: Beschäftigtenrückgang und Regionalpolitik in monoindustriellen Problemgebieten, Beiträge zur Raumplanung, Band 10, Düsseldorf 1972
- Storbeck, D.: Ansätze zur regionalen Wirtschaftspolitik, ein Beitrag zur Begriffserklärung, in: Raumforschung und Raumordnung, 22. Jahrgang, 1964
- Strassert, G.: Möglichkeiten und Grenzen der Erstellung und Auswertung regionaler Input-Output-Tabellen, Schriften zu Regional- und Verkehrsproblemen der Industrie- und Entwicklungsländer, Band 2, Berlin 1968
- Streit, M.: Über die Bedeutung des räumlichen Verbunds im Bereich der Industrie, ein empirischer Beitrag zur Regionalpolitik, Schriftenreihe Annales Universitatis Saraviensis, Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Abteilung, Heft 27, Köln 1967
- Studiengesellschaft für Nukleare Fernwärme mbH (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH, Ruhrkohle AG, STEAG AG, Kernforschungsanlage Jülich GmbH), Tätigkeitsbericht über das Vorhaben "Nukleares Fernwärmesystem mit Hochtemperaturreaktor", Essen-Jülich, September 1976
- Suding, P.H., Wohlgemuth, R.: Möglichkeiten und Grenzen der Elastizitätsbetrachtung in der Energiewirtschaft, in: Elektrizitätsverwertung Nr. 2, Zürich 1975

Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Köln, Berlin, Bonn, München 1974

Theiler, R.W.: Vergleich der Stahlerzeugung in Oxigen- und Elektrostahlwerken bei Wirtschaftlichkeitsermittlung auf der Grundlage abgeschätzter Herstellkosten für Eisenschwamm in Drehöfen, Dissertation Aachen 1973

Thumen, U.: Regionalpolitik als Instrument der französischen Wirtschaftspolitik, Schriften zu Regional- und Verkehrsproblemen in Industrie- und Entwicklungsländern, hrsg. von J. Müller und Th. Dams, Band 3, Berlin 1968

Töpfer, K.: Regionalpolitik und Standortentscheidung, Band 6 der Beiträge zur Raumplanung, hrsg. vom Zentralinstitut für Raumplanung an der Universität Münster, Bielefeld 1969

Union Rheinische Braunkohlen Kraftstoff AG: Erzeugung von vornehmlich petrochemischen Roh- und Grundstoffen nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Wesseling, Januar 1976

van Wickeren, A.C.: Interindustry Relations, some Attraction Models, Dissertation Nederlandse Economische Hogeschool te Rotterdam, April 1971

Verband der Chemischen Industrie (Hrsg.): Chemiewirtschaft in Zahlen, 18. Auflage, Frankfurt/Main, 1976

Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, Düsseldorf 1971

Verein Deutscher Eisenhüttenleute: Stahleisen-Kalender 1974, Düsseldorf 1974

Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke - VDEW: Anhaltszahlen über den Elektrizitäts-, Kraft- und Wärmebedarf der Industrie, Lose-Blatt-Sammlung, Frankfurt, ohne Jahrgang, Band II

Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) (Hrsg.): Wirtschaftliche Investitionsplanung in der Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt 1964

Vereinigung industrieller Kraftwirtschaft: VIK-Mitteilungen, Heft 1/2, 1977

Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft (Hrsg.): Tätigkeitsbericht 1974/75, Essen 1976

Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft: Tätigkeitsbericht 1975/76, Essen 1976

Vögele, H.: Die Auswirkungen des gesamtwirtschaftlichen Strukturwandels auf die Nachfrage nach Arbeitskräften in den Bundesländern, eine Prognose der Wirtschaftsstruktur und des Arbeitsplätzeangebots bis 1985, Kieler Diskussionsbeiträge Nr. 43, Institut für Weltwirtschaft, Kiel, November 1975

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Heft 5, Gemeinschaftsveröffentlichung der Statistischen Landesämter, Stuttgart 1974

Wagner, G.: Auswirkungen der Energie- und Mineralölverknappung auf die Entwicklung der Produktions- und Standortstruktur, in: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 3, 1974

Wenzel, H., Schaefer, H.: Bestimmung des Energiekostenanteils am Listenpreis ausgewählter Walzstahlerzeugnisse als Maß für den Einfluß der Energiepreise auf die Wettbewerbsfähigkeit der Eisenschaffenden Industrie; Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, hrsg. von L. Brandt, Nr. 1706, Köln und Opladen 1966

Wenzel, W.: Verwendung der Kernenergie für hüttentechnische und chemische Prozesse, in: Technische Mitteilungen, 62. Jahrgang (1969) Nr. 12

Wessels, Th.: Die Einordnung der Kernenergie in die langfristige Entwicklung der Energiewirtschaft, in: Energiewirtschaftliches Institut (Hrsg.): Tagungsberichte, Heft 15, München, Oldenburg 1969

- Wessels, Th.: Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Energiekosten. Schriftenreihe des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln, Band 11, München 1966
- Wessels, Th.: Die volkswirtschaftlichen Konsequenzen des Strukturwandels in der Energiewirtschaft, in: Schweizerische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft und Verkehrspolitik, Zürich, 24. Jahrgang 1969, Heft 3
- Wiel, A.: Kohle als Grundlage der Ruhrgebietswirtschaft, in: Mitteilungen des RWI, 13. Jahrgang, 1962
- Willms, M.: Die Stellung der Mineralölindustrie im Industrialisierungsprozeß, ein Beitrag zur sektoralen Wachstumsanalyse, in: Die industrielle Entwicklung, hrsg. von F. Voigt, Abt. A, Untersuchungen zur Volkswirtschaftspolitik, Band 65, Köln und Opladen 1964
- Wilson, C.L. (Project Director): Energy: Global Prospects 1985-2000, Report of the Workshop on Alternative Energy Strategies, New York, St. Jones, San Francisco, 1977
- Winkens, H.P. u.a.: Die wirtschaftlichen und technischen Ausbaumöglichkeiten der Fernwärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, in: Fernwärme International, Jahrgang 5, 1976
- Winnacker, K.: Rohstoffe und Vorprodukte für die Chemische Industrie, in: Chemische Industrie, XIX, August 1967, S. 490-495
- Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie: Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie 1975 und 1976, Düsseldorf 1976
- Wohlgemuth, R.: Die volkswirtschaftliche Beurteilung des Recycling am Beispiel der Abwärmenutzung für die Fernwärmeversorgung, Schriftenreihe des Energiewirtschaftlichen Instituts, Band 19, München 1975
- Wohlleben, G.: Nichtkonventionelle Energieträger für integrierte Energieversorgung in der Petrochemie, in: VDI-Berichte Nr. 222, 1974

- Woll, A.: Allgemeine Volkswirtschaftslehre, 3. Auflage, München 1971
- Wolter, F.: Strukturelle Anpassungsprobleme der westdeutschen Stahlindustrie; Zur Standortfrage der Stahlindustrie in hochindustrialisierten Ländern, Kieler Studien, Nr. 127, Tübingen 1974