

ERMITTLUNG DER ANFORDERUNGEN ALTERNATIVER ENERGIEVERSORGUNGSSTRATEGIEN  
AN DIE WIRTSCHAFT MITTELS INPUT-OUTPUT-MODELLEN

Kurzfassung

Anforderungen an die Wirtschaft durch verschiedene Energieversorgungsstrategien werden am IIASA im Rahmen der mittel- und langfristigen Analysen zur Energieproblematik untersucht. Der Energiesektor ist wie kaum ein anderer Wirtschaftssektor mit der Wirtschaft verknüpft und muß deshalb ständig auf Änderungen der übrigen Sektoren reagieren. Andererseits ändert sich die Technik innerhalb des Energiesektors laufend. Ein "Impact"-Modell wurde entwickelt, um direkte und indirekte Einflüsse der erheblichen Investitionen des Energiesektors bei unterschiedlicher Technologie zu untersuchen. Das übliche Leontief Modell wird um einen Investitionsterm erweitert, der die laufenden Investitionen durch Abnutzung ("Kapitalverzehr") je Einheit Bruttoproduktion berücksichtigt. Die Inverse dieser erweiterten Vorleistungsmatrix erfaßt also direkte und indirekte Vorleistungen sowie direkte und indirekte Investitionserfordernisse je Endnachfrageeinheit. Die Investitionserfordernisse des Energiesektors werden als Endnachfragekomponente sektoral, nach Jahrgängen aufgegliedert und über die verschiedenen Technologien summiert. Es lassen sich damit verschiedene Energieversorgungsstrategien in ihrer Auswirkung auf die Wirtschaft vergleichen. Einige Modellergebnisse werden wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die indirekten Auswirkungen nicht zu vernachlässigen sind, insbesondere bei kurzen Implementierungszeiten.

Gliederung	Seite
1. Einleitung	216
2. Problemstellung und Zielsetzungen	216
3. Ein methodischer Ansatz zur "Impact"-Analyse	217
4. Einige Modellrechnergebnisse	221
5. Ausblick	221
Literatur	222

## 1. Einleitung

Die im folgenden erläuterten Modellansätze zur Ermittlung der Anforderungen alternativer Energieversorgungsstrategien an die Wirtschaft sind ein Teil der umfangreichen Analysen zur Energieproblematik, die zur Zeit am International Institute for Applied Systems Analysis im Rahmen des Energieprogramms durchgeführt werden.

Wir beginnen unsere Ausführungen mit der Erläuterung der Zielsetzungen der Arbeiten und ihrer Integration in die anderen Modelluntersuchungen des Energieprogramms. Daran anschließend wird zunächst der den Modellrechnungen zugrundeliegende methodische Ansatz beschrieben um abschließend dann exemplarisch einige Modelluntersuchungsergebnisse zu erläutern.

## 2. Problemstellung und Zielsetzungen

IIASA's Energieprogramm ist in seinen Zielsetzungen im wesentlichen auf die mittel- und langfristigen Energieprobleme ausgerichtet. Um es mit einem Satz zu umreißen, würde man sagen, daß im Mittelpunkt der Analysen zum einen die langfristig, d.h. ressourcenseitig praktisch nicht limitierten Energieoptionen (Sonne, Kernspaltung und Kernfusion) stehen, und zum anderen der Frage nachgegangen wird, wie ein Übergang unserer heute vornehmlich auf Erdöl und Erdgas basierenden Energieversorgung auf eine oder mehrere dieser Energieversorgungsoptionen aussehen kann und welche Probleme dabei auftreten /1/. Dies ist gewiß keine leichte Aufgabe, und sie ist vielleicht heute wegen unzureichender Daten und Methoden und unserer mangelnden Erfahrung in der Analyse komplexer Systeme überhaupt nicht zufriedenstellend lösbar. Dennoch wird versucht, ausgehend von detaillierten Einzelproblemanalysen z.B. zu Fragen der Energiereserven, des Energiebedarfs, der Energietechnologien, der klimatischen Auswirkungen der Energienutzung, der mit einzelnen Energietechnologien verbundenen Risiken und ihrer Akzeptierung durch die Gesellschaft usw., eine möglichst umfassende Einsicht in die Problematik zu gewinnen und diese dann bei der Bewertung alternativer energetischer Zukünfte mitzuberücksichtigen.

Ein wichtiges Hilfsmittel zum einen zur Entwicklung in sich konsistenter Szenarien und zum anderen zur quantitativen Ermittlung der Konsequenzen alternativer Entwicklungen des Energiesystems ist dabei ein System von Modellen für diejenigen Bereiche, die für die Entwicklung des Energiesystems von besonderer Bedeutung sind, wie z.B. die wirtschaftliche Entwicklung oder der Umweltschutz.

Es ist hier nicht der Ort, auf die verschiedenen Modelle im einzelnen einzugehen, dies ist in /2/, /3/ erfolgt. Ziel der Modellentwicklung ist es, einmal die Randbedingungen der anderen Bereiche, wie der Wirtschaft und des Umweltschutzes für die Entwicklung des Energiesystems selbst mitzuerfassen und andererseits den "Impact" des Energiesystems auf diese Bereiche zu ermitteln. Dies gilt insbesondere für die Wechselwirkungen und Verflechtungen des Energiesystems mit den übrigen Wirtschaftssektoren.

Die Rolle der Energieversorgung in unserer modernen Industriegesellschaft ist dabei eine doppelte. Auf der einen Seite fällt ihr die Bereitstellung der in jedem Produktionsprozeß und für den Endverbrauch benötigten Energie zu, und zum anderen benötigt der Energiesektor selbst nicht unerhebliche Mengen an Produkten anderer Wirtschaftssektoren: Investitionen, Arbeitskräfte und natürliche Ressourcen.

Die Stellung des Energiesektors, oder anders ausgedrückt, seine Bedeutung innerhalb unseres Wirtschaftssystems wird aus Tabelle 1 deutlich.

Der Energiesektor trägt etwa 5 % zum Bruttosozialprodukt bei und stellt etwa 2 % der Arbeitsplätze unserer Wirtschaft. Im Vergleich zu anderen Industriesektoren fällt sein verhältnismäßig hoher Investitionsanteil auf, was auf die Verwendung kapitalintensiver Technologien hindeutet.

Der Energiesektor ist, wie nahezu kein anderer Sektor über seine Output-Verflechtungen mit allen anderen Sektoren der Wirtschaft verknüpft. Er muß daher ständig auf Veränderungen in diesen Sektoren, aber auch auf die Strukturverschiebungen zwischen den Sektoren reagieren, d.h. er muß den sich aus verschiedensten Gründen verändernden Energiebedarf befriedigen. Auf der

anderen Seite sind auch die Input-Strukturen des Energiesektors nicht konstant, sondern sie verändern sich durch die Einführung neuer Energietechnologien. So sind z.B. die notwendigen Vorleistungen von anderen Wirtschaftssektoren einer Stromerzeugung auf Kohlebasis sicher völlig anders als bei einer Elektrizitätserzeugung durch Kern- oder Sonnenenergie. Was für die Vorleistungsverflechtung gesagt wurde, also in der Terminologie der Input-Output-Methode die Veränderung der Input-Koeffizienten des Energiesektors betrifft, gilt natürlich in einem vielleicht noch bedeutenderen Maße auch für die Investitionserfordernisse alternativer Energieversorgungsstrategien.

Gerade der zumindest langfristig notwendige Übergang auf die kapitalintensiven Energieversorgungsoptionen Kernenergie und Sonne läßt eine genaue Untersuchung der damit verbundenen Anforderungen an die übrigen Wirtschaftssektoren notwendig erscheinen, um möglichst frühzeitig notwendig werdende Veränderungen, sowohl in der Struktur als auch im Produktions-Output einzelner Sektoren, erkennen zu können.

Hierzu soll das sogenannte "Economic Impact" Modell dienen, das helfen soll, Fragen der folgenden Art zu beantworten:

- Wie groß sind die indirekten Kapitalinvestitionen und Materialerfordernisse alternativer Energiestrategien im Vergleich zu den direkten?
- Wie unterscheiden sich die Anforderungen verschiedener Energieversorgungssysteme in bezug auf die notwendige Entwicklung anderer Wirtschaftssektoren?
- Wie beeinflussen die Vorleistungsbedürfnisse verschiedener Energiestrategien die Struktur der übrigen Wirtschaft?
- Wieviel Kapital (direkt und indirekt), Arbeitskräfte und Material werden zur Realisierung einer bestimmten Energieversorgungspolitik gebraucht und wann?

Im nächsten Abschnitt wird zunächst ein methodischer Ansatz zur Ermittlung der Anforderungen alternativer Energieversorgungsstrategien an die Wirtschaft erläutert. Daran schließt sich dann die Darstellung einiger Ergebnisse an, die mit einem am Siberian Power Institute entwickelten Impact Modell, das am IIASA weiterentwickelt wurde, errechnet wurden /4/.

### 3. Ein methodischer Ansatz zur "Impact"-Analyse

In diesem Abschnitt soll nun kurz ein methodischer Ansatz zur Ermittlung der Anforderungen alternativer Energieversorgungsstrategien an die Wirtschaft erläutert werden. Dabei wollen wir uns hier auf die Beschreibung der Ermittlung der totalen Investitionserfordernisse beschränken. Eine ausführliche Darstellung des Ansatzes, die die Ermittlung der Vorleistungserfordernisse miteinschließt, ist in /5/ gegeben.

Wir wollen zunächst mit der Beschreibung eines statischen Modellansatzes beginnen, der also das Timing, d.h. die zeitliche Aufeinanderfolge der Investitionserfordernisse nicht mit-erfaßt.

Eine mögliche Frage, für deren Beantwortung dieser statische Ansatz benützt werden könnte, lautet:

- Wie hoch sind die direkten und indirekten, also die totalen Produktions-Outputs verschiedener Wirtschaftssektoren zur Errichtung eines Energieversorgungssystems, z.B. eines Kraftwerkes?

Ausgangspunkt des Ansatzes ist die Lösung des linearen Gleichungssystems der Input-Output-Analyse

$$\bar{X} = (\bar{E} - \bar{A})^{-1} \bar{D} \quad (1)$$

wobei

- $\bar{X}$  = Vektor des Produktionsoutputs
- $\bar{A}$  = Koeffizientenmatrix der Vorleistungen
- $\bar{E}$  = Einheitsmatrix
- $\bar{D}$  = Vektor der Endnachfrage

Die Komponenten des Vektors  $\bar{X}$  stellen dabei den Produktions-Output der einzelnen Wirtschaftssektoren dar, der unter Berücksichtigung der industriellen Vorleistungsverflechtung für die Bereitstellung der Endnachfrage  $\bar{D}$  notwendig ist. Da nun die Investitionen ein Teil der Endnachfrage sind, lassen sich die direkten und indirekten Produktionserfordernisse der gesamten Wirtschaftssektoren für die Bereitstellung einer Investition des Energiesektors wie folgt ermitteln

$$\bar{X}^I = (\bar{E} - \bar{A})^{-1} \bar{I}^E \quad (2)$$

wobei

$\bar{I}^E$  = Investition des Energiesektors

Durch Gleichung (2) wird aber nicht der Kapitalverzehr (Abnutzung des Anlagekapitals) erfaßt, der durch die Produktion des Outputs  $\bar{X}^I$  in den einzelnen Sektoren stattgefunden hat. Dieses Kapital, daß durch den Produktionsprozeß verbraucht wurde, ist natürlich zuvor von der Wirtschaft produziert worden und ist natürlich den Erfordernissen zur Bereitstellung der Investition  $\bar{I}^E$  zuzurechnen.

Es ist möglich, den Teil des Produktions-Outputs, der in Form des Anlagekapitals verzehrt wurde, mitzuerfassen. Formal führt man dazu in Gleichung (2) einen "Kapitalverzehr"-faktor ein, der angibt, wieviel Kapital im Sektor  $j$  bei der Produktion des Outputs  $X_j^I$  verbraucht wird und der als Investition vom Sektor  $i$  geliefert werden muß.

$$X_i^I = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j^I + \sum_{i=1}^n C_{ij} + I_i^E \quad (3)$$

wobei  $C_{ij}$  = Kapitalverzehr im Sektor  $j$  bei der Produktion von  $X_j^I$ , der als Investition von Sektor  $i$  geliefert wurde

Durch Einführung der Investitionsmatrix  $B = (b_{ij})$ , die die Investitionsnachfrage eines Sektors auf die einzelnen Wirtschaftssektoren aufteilt, erhält man

$$X_i^I = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j^I + \sum_{j=1}^n b_{ij} \cdot C_j + I_i^E \quad (4)$$

Unterstellt man nun eine direkte Proportionalität zwischen dem Produktionsoutput und dem Kapitalverzehr eines Sektors

$$C_j = r_j X_j \quad (5)$$

wobei

$r_j$  = spezifischer Kapitalverzehr pro Einheit Produktionsoutput  
und führt dies in Gleichung (4) ein, so erhält man

$$X_i^I = \sum_{j=1}^n (a_{ij} + b_{ij} \cdot r_j) X_j^I + I_i^E \quad (6)$$

oder in Matrixschreibweise

$$\bar{X}^I = \bar{A}^* \cdot \bar{X}^I + \bar{I}^E \quad (7)$$

wobei

$$a_{ij}^* = a_{ij} + b_{ij} \cdot r_j$$

Unter der Voraussetzung, daß die Inverse-Matrix  $(E - A^*)^{-1}$  existiert, errechnet sich somit der totale Produktions-Output der Wirtschaft zur Bereitstellung einer Investition des Energiesektors nach Gleichung (8),

$$\bar{x}_t^I = (\bar{E} - \bar{A}^*)^{-1} \cdot I^E \quad (8)$$

d.h., die totalen Produktionserfordernisse einer Investition können berechnet werden, indem man die technischen Koeffizienten der industriellen Vorleistungsverflechtung mit der Investitionsmatrix und dem spezifischen Koeffizienten des Kapitalverzehr pro Produktions-Output kombiniert.

Multipliziert man nun den so erhaltenen totalen Produktions-Output der einzelnen Wirtschaftssektoren mit einem Vektor bestehend aus spezifisch sektoralen Material- oder Arbeitskräftebedarf pro Produktions-Output, so läßt sich leicht der gesamte Arbeitskräfte- oder Materialbedarf der zu tätigenen Energieinvestition ermitteln.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung eines derartigen statischen Modellansatzes ist die in jüngster Zeit populär gewordene Methode der "Energy Analysis", deren Ziel es ist, die gesamten Energieaufwendungen für die Herstellung eines Gutes oder einer Dienstleistung zu ermitteln, so z.B. auch den Energieaufwand für den Bau und Betrieb eines Kernkraftwerkes.

Abb. 1 zeigt nun die Energieaufwendung verschiedener Wirtschaftssektoren der Bundesrepublik Deutschland zur Produktion eines Outputs im Werte von 100,-- DM. Ausgewiesen ist sowohl der direkte, wie auch der indirekte Energieaufwand /6/.

Bei den Sektoren sind zwei Gruppen deutlich zu unterscheiden. Zu der einen gehören Sektoren, die überwiegend der Rohstoffgewinnung und Materialerzeugung dienen. Sie haben hohe spezifische Energieaufwendungen von 140 kg SKE/100,-- DM (Eisenschaffende Industrie) bis 70 kg SKE/100 DM (Glas und Feinkeramik). Der Anteil des direkten Energieaufwandes beträgt bei diesen Sektoren mehr als 50 %.

Die andere Gruppe sind Sektoren, die überwiegend der Weiterverarbeitung dienen. Hier ist der spezifische Energieaufwand wesentlich kleiner. Er liegt zwischen 30 kg SKE/100 DM (Elektrotechnik) und 45 kg SKE/100 DM (Kernstoffverarbeitung). Der Anteil des direkten Energieaufwandes liegt bei all diesen Sektoren unter 20 %. Im Sektor Stahl- und Schiffbau werden sogar nur 9 % des Energieaufwandes direkt, z.B. zum Schweißen, eingesetzt.

Eine statische Betrachtung kann natürlich der Dynamik der Wechselwirkungen zwischen dem Energiesystem und der Wirtschaft, die ja wesentlich von den langen Realisierungszeiten der Energieinvestitionen bestimmt wird, nicht gerecht werden. Es soll deshalb ein dynamischer Ansatz entwickelt werden, der die zeitliche Phasung von Anlageninvestitionen explizit mitberücksichtigt.

Wir gehen aus von einer zeitlichen Folge von Kapazitätzubauten verschiedener Energietechnologien  $C^K$ . Die gesamten Investitionserfordernisse zum Ausbau einer Energietechnologie in einem Jahr  $t$  ergeben sich dann zu

$$I^K(t) = \sum_{\tau=t}^{t+l_K} S^K(\tau - t) K_C^K(\tau) \quad (9)$$

wobei

$S^K(\tau - t)$  = Koeffizienten für die Verteilung der Investitionen der Energietechnologie  $K$  über die Bauzeit  $l_K$

$K^K$  = Investition pro Kapazitätseinheit der Energietechnologie

Multipliziert man nun  $I^K(t)$  mit einem Vektor  $\bar{F}^K$ , der die sektorale Aufteilung der Investition  $I^K$  angibt und summiert man über alle Technologien  $K$ , so erhält man die sektoralen Investitionserfordernisse des Energiesektors im Jahre  $t$

$$\bar{I}^E(t) = \sum^K \bar{F}^K \cdot I^K(t) \quad (10)$$

Um nun wieder die direkten und indirekten Produktions-Outputs zu errechnen, können wir sinngemäß Gleichung (2) des statischen Ansatzes benutzen

$$\bar{X}^I(t) = (\bar{E} - \bar{A})^{-1} \bar{I}^E(t) \quad (11)$$

wobei wiederum die Investitionen der übrigen Wirtschaftssektoren zur Produktion dieses Outputs nicht miteinfaßt sind.

Die zeitabhängige Produktionskapazität  $K_j(t)$  des Wirtschaftssektors  $j$  läßt sich als Funktion der Investitionen und Abschreibungen wie folgt beschreiben

$$K_j(t+1) = K_j(t) + C_j(t) - AK_j(t) \quad (12)$$

wobei

$K_j$  = Produktionskapazität des Sektors  $j$

$C_j$  = im Jahre  $t$  neu in Betrieb genommene Kapazität

$AK_j$  = außer Betrieb genommene Kapazität

Führt man nun ein, daß der maximal erzielbare Produktions-Output proportional zur Kapazität  $K_j$  ist

$$X_j(t) \leq \frac{1}{d_j} K_j(t) \quad (13)$$

und daß der Kapazitätsverzehr proportional der Produktion  $X_j$  ist

$$AK_j(t) = r_j X_j(t) \quad (14)$$

so ergibt sich der zeitabhängige Kapazitätszubau zu

$$C_j(t) = d_j X_j(t+1) = d_j X_j(t) + r_j X_j(t) \quad (15)$$

wobei  $C_j(t)$  aus ökonomischen Gründen nicht negativ sein kann. Unter Berücksichtigung der Realisierungszeit eines Kapazitätsausbaues ergeben sich dann die zeitabhängigen Investitionen der anderen Wirtschaftssektoren zu

$$I_j(t) = \sum_{\tau=t}^{t+1} S_j(\tau-t) \cdot K_j C_j(\tau) \quad (16)$$

wobei

$S_j$  = Verteilungsfunktion der Investitionen über die Bauzeit

$K_j$  = spezifische Investition pro Kapazitätseinheit

Zur Ermittlung der zeitabhängigen Investitionen mittels Gleichung (16) werden die Zeitreihen des erforderlichen Produktions-Outputs dieser Sektoren benötigt, der für die Investition des Energiesektors notwendig ist. Da diese aber nicht zur Verfügung stehen, ist eine geschlossene analytische Lösung des Gleichungssystems wie im statischen Fall nicht möglich. Aus diesem Grund wenden wir folgende iterative Vorgehensweise an. Ausgehend von Gleichung (11) werden zunächst die direkten und indirekten Produktions-Outputs der anderen Wirtschaftssektoren errechnet. Diese werden dann mit Hilfe von Gleichung (15) und (16) in die notwendigen Investitionen dieser Wirtschaftssektoren transformiert. Unter Verwendung einer Investitionsmatrix  $\bar{B}$  werden dann die sektoralen Investitionsnachfragen dieser Wirtschaftssektoren ermittelt,

$$\bar{I}(t) = \bar{B} \bar{I}(t) \quad (17)$$

die dann wiederum als Investitionsnachfrage in das Input-Output-Gleichungssystem eingehen (Gleichung (11)). Summiert man nun die Produktions-Outputs der Sektoren in den einzelnen Iterationsschritten, so erhält man schließlich den totalen zeitabhängigen Produktions-Output, der für die Verwirklichung der Investitionen des Energiesektors notwendig ist.

Das Prinzip des Iterationsansatzes ist in Abb. 2 noch einmal graphisch dargestellt. Hier sind auch die Vorleistungserfordernisse miteinbezogen, auf die in der vorangegangenen Beschreibung keine Rücksicht genommen wurde.

#### 4. Einige Modellrechnungsergebnisse

Nach der Beschreibung eines methodischen Ansatzes zur Ermittlung des ökonomischen "Impacts" verschiedener Energieversorgungsstrategien im vorangegangenen Abschnitt, sollen nun einige Modellrechnungen erläutert werden, die mit dem in /4/ näher beschriebenen Modell ermittelt wurden. Es handelt sich dabei um Modellrechnungen, die zunächst Antworten auf die folgenden zwei Fragen geben sollten:

- Wie groß sind die indirekten Kapitalinvestitionen und Materialerfordernisse im Vergleich zu den direkten?
- Welchen Einfluß hat die Implementierungsgeschwindigkeit eines Energiesystems auf die indirekten Erfordernisse?

Die wichtigsten Inputdaten für die Modellrechnungen sind die sektoralen Aufgliederungen der Vorleistungserfordernisse und Investitionen der einzelnen Energietechnologien. In Abb. 3 sind die sektoralen Investitionsanforderungen für die Realisierung eines Kohlenbergwerks und eines Kohlenkraftwerks beispielhaft dargestellt. Die hier angegebenen Daten entstammen aus /7/. Ausgehend von diesen Daten und der Input-Output-Verflechtung der Wirtschaft (bei den hier erläuterten Rechnungen wurde eine Input-Output-Tabelle der USA benutzt), wurden verschiedene Energietechnologien untersucht. In Abb. 4 sind die direkten und indirekten<sup>1)</sup> Investitionen der Errichtung eines Kohleverflüssigungs-, Ölschiefergewinnungs- und einer Ölgewinnungsanlage in Alaska gegenübergestellt. Die Kapazität beträgt in allen Fällen eine Million tSKE Rohöloutput pro Jahr; die Bauzeit wurde einheitlich zu drei Jahren angenommen. Die Investitionen sind hier als Funktion der Implementierungszeit der Anlagenkapazität aufgetragen, d.h. es wurden unterschiedliche Annahmen gemacht, in welchem Zeitraum der Kapazitätsausbau erfolgt. Dabei steigt die betriebsbreite Kapazität linear von Null über dem Implementierungszeitraum an und erreicht an diesem Ende jeweils die Kapazität von  $10^6$  tSKE Rohöloutput pro Jahr. Der untersuchte Bereich der Implementierungszeit reicht von 5 bis 15 Jahren. Aus Abb. 4 ist deutlich ersichtlich, daß die indirekten Investitionen mit fallender Implementierungszeit stark ansteigen. Bei einer Implementierungszeit von nur 5 Jahren betragen die indirekten Investitionen im Falle der Kohleverflüssigungsanlage fast 60 % der direkten; sie nehmen dann mit zunehmender Implementierungszeit auf 25 bis 30 % ab. Sie sind also auch in diesem Fall nicht vernachlässigbar.

Abb. 5 zeigt nun die zeitliche Verteilung der direkten und indirekten Investitionen einer Ölschiefergewinnungsanlage bei einer Implementationszeit von 5 Jahren. Die Investitionen in den anderen Wirtschaftssektoren sind dabei den eigentlichen Investitionen in die Energiegewinnungsanlage bis zu 10 Jahren vorgelagert.

#### 5. Ausblick

Die bisher durchgeführten Modellrechnungen haben gezeigt, daß neben den direkten Anforderungen einer Energieversorgungsstrategie an die übrigen Wirtschaftssektoren, die indirekten nicht zu vernachlässigen sind. Weitere Modelluntersuchungen, die alternative Energieversorgungsstrategien vergleichen, werden zur Zeit unternommen. Von besonderer Bedeutung für die Aussagekraft der erzielten Ergebnisse ist aber die verwendete Datenbasis. Die Datensituation insbesondere in bezug auf die Charakterisierung der Investitions-, Vorleistungs-, Arbeitskräfte- und Materialerfordernisse einzelner Energietechnologien kann heute noch nicht als zufriedenstellend angesehen werden. Aus diesem Grunde wird ein wesentlicher Teil der zukünftigen Arbeit auf die Verbesserung der Datenbasis ausgerichtet sein.

<sup>1)</sup> Die direkten Investitionen enthalten die notwendigen Investitionen der anderen Wirtschaftssektoren.

## L i t e r a t u r

- /1/ Häfele, W. et. al., "Second Status Report on the IIASA Project on Energy Systems, 1975", IIASA-RR-76-1, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria
- /2/ Häfele, W. und A. Makarov, "Modelling of Medium- and Longrange Energy Strategies", Internaitonal Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, to be published
- /3/ Agnew, M., L. Schrattenholzer und Voss, A., "MESSAGE: A Model for Energy Supply Systems Alternatives and their General Environmental Impact", International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, RM-78-26/1978
- /4/ Kononov, Y., "Modelling of the Influence of Energy Development on Different Branches of the National Economy", IIASA RR-76-1, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, October 1976
- /5/ Voss, A., "A Model Approach for Evaluating the Impact on the Economy of Different Energy Strategies", in Technologieeinsatz und wirtschaftlicher Strukturwandel als Problem für die Input-Output-Analyse, Programmleitung "Angewandte Systemanalyse" ASA-PW/09/76, Köln, Dezember 1976
- /6/ Private Mitteilung von H. Wagner, Kernforschungsanlage Jülich
- /7/ Carasso, M. und J.M. Gallgher et. al., "The Energy Supply Planning Model, Final Project Report", Bechtel Dorporation, San Francisco, Calif., USA, 1975



	BEITRAG ZUM BPS			BESCHÄFTIGTE			INVESTITIONEN		
	10 <sup>9</sup> DM	%	%	10 <sup>6</sup>	%	%	10 <sup>9</sup> DM	%	%
ENERGIESEKTOR	44,1	13	5	0,5	6	2	12,7	25	6
INDUSTRIE	335,1	100		8,9	100		50,1	100	
GESAMTE WIRTSCHAFT	844,3		100	26,6		100	217,4		100

Tabelle 1: DIE STELLUNG DES ENERGIESEKTORS IN DER GESAMTWIRTSCHAFT (1972)

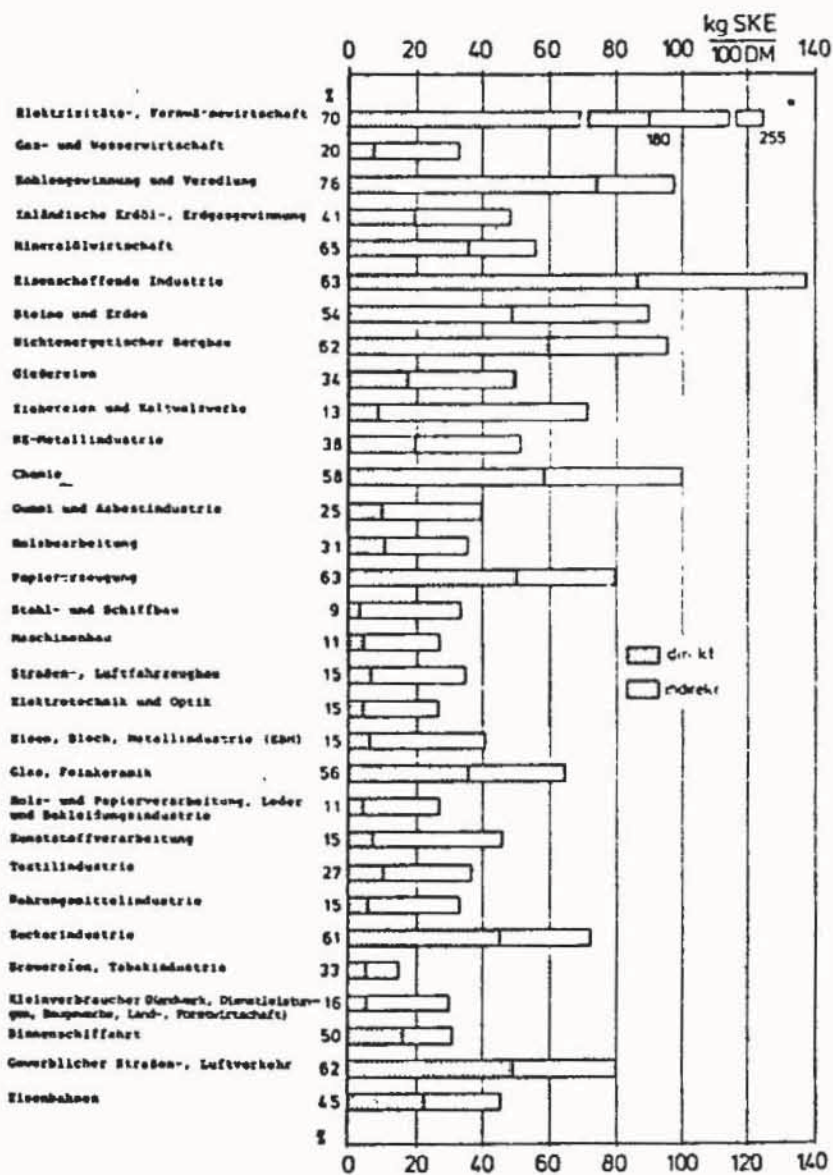


Abb. 1  
 Durchschnitt der Exporte = 48 kg SKE/100 DM  
 Die Prozentzahlen geben den Anteil des direkten Energieaufwandes an  
 Spezifische Energieaufwendungen der Wirtschaftssektoren  
 in der Bundesrepublik Deutschland 1972 /6/

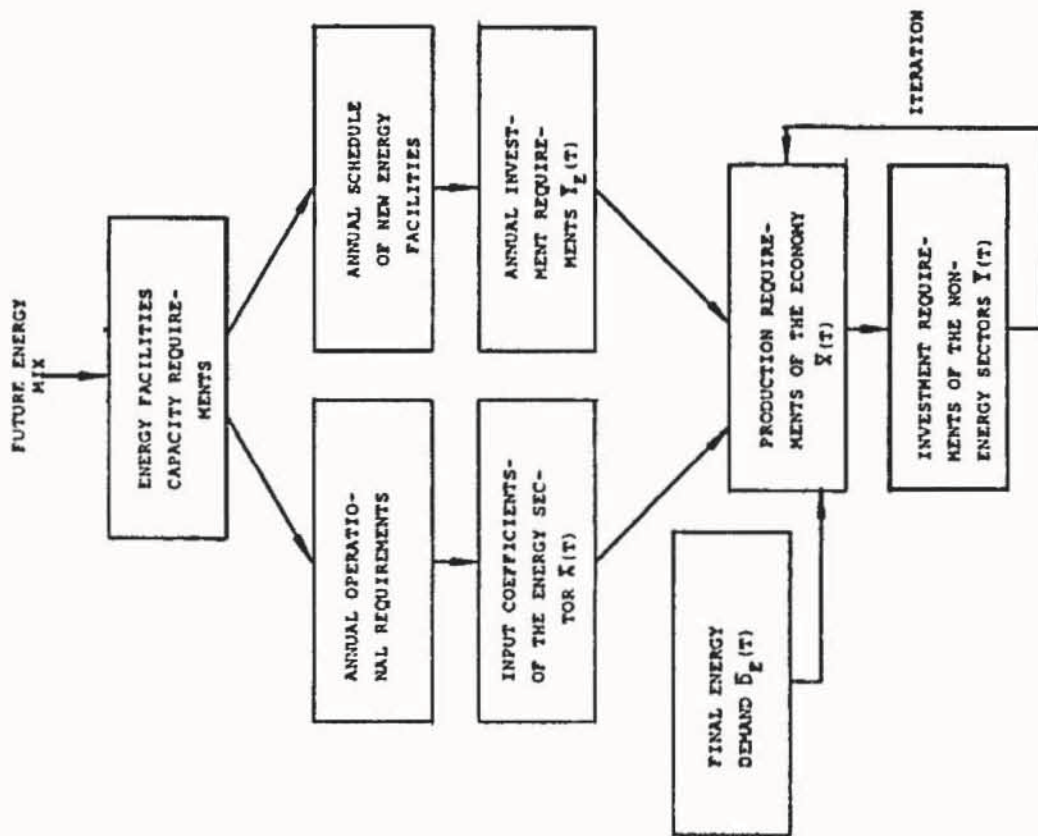


ABB. 2: SCHEMA DES RECHANGANGES

	COAL MINE UNDERGROUND	COAL FIRED POWER PLANT
1 PRIMARY IRON & STEEL PRODUCTS	31	6
2 PRIMARY NON-FERROUS METALS	15	11
3 FABRICATED PRODUCTS	79	30
4 PETROLEUM PRODUCTS	12	9
5 STONE & CLAY PRODUCTS	9	12
6 CHEMICAL PRODUCTS	6	2
7 WOOD PRODUCTS	3	9
8 MISCELLANEOUS MATERIALS	2	20
9 TURBINES	-	90
10 CONSTRUCTION & MINING EQUIPMENT	298	29
11 MATERIALS HANDLING EQUIPMENT	71	9
12 ELECTRICAL EQUIPMENT	35	21
13 INSTRUMENTATION & CONTROLS	-	8
14 GENERAL INDUSTRY EQUIPMENT	10	20
15 FABRICATED FLATE PRODUCTS	25	212
16 HEATING & COOLING UNITS	4	5
17 MISCELLANEOUS EQUIPMENT	5	7
<b>TOTAL MATERIAL &amp; EQUIPMENT</b>	<b>605</b>	<b>500</b>

ABB. 3: DIRECT MATERIAL AND EQUIPMENT REQUIREMENTS FOR CONSTRUCTION (10<sup>3</sup>\$/10<sup>6</sup>\$ CAPITAL INVESTMENT)

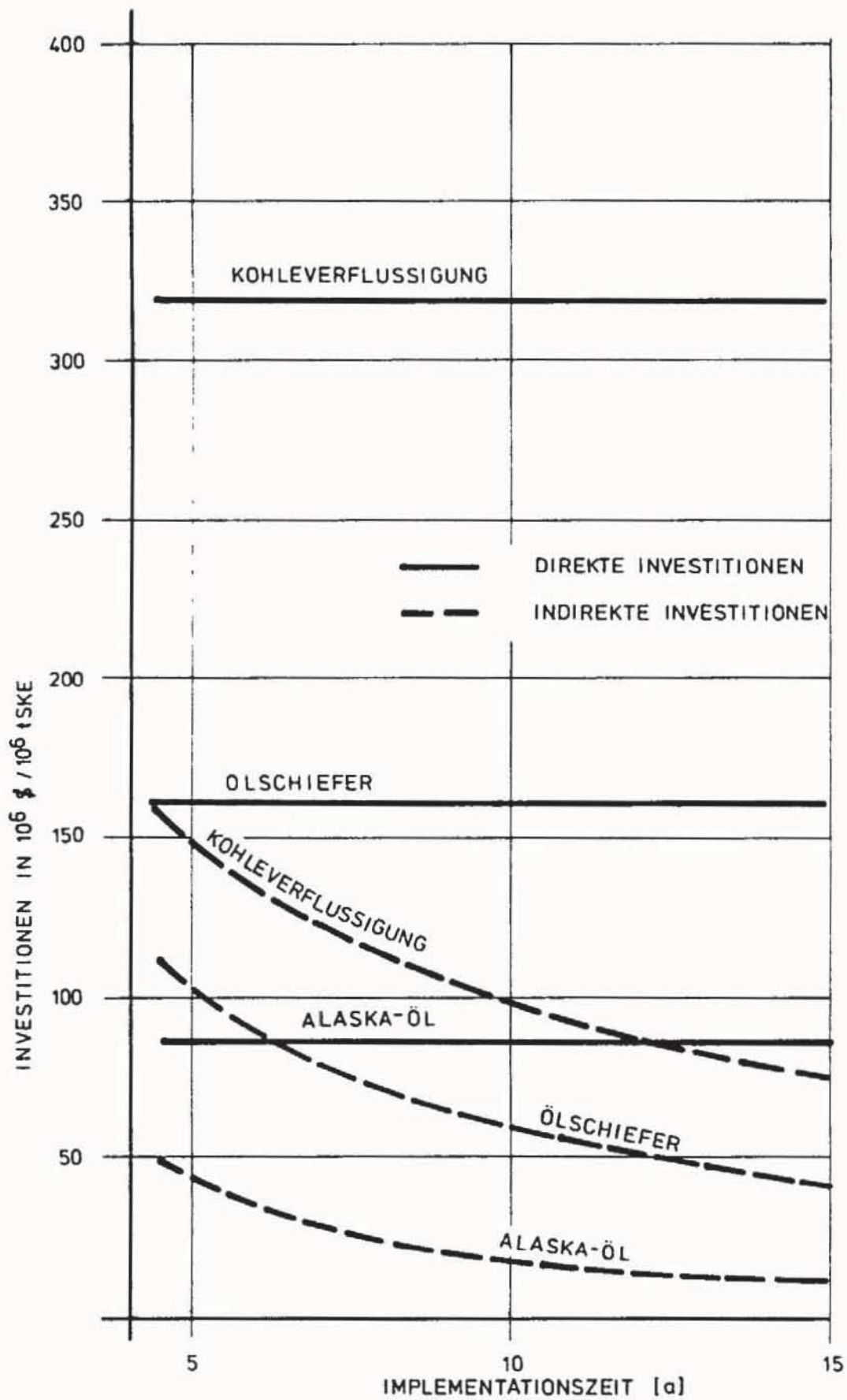
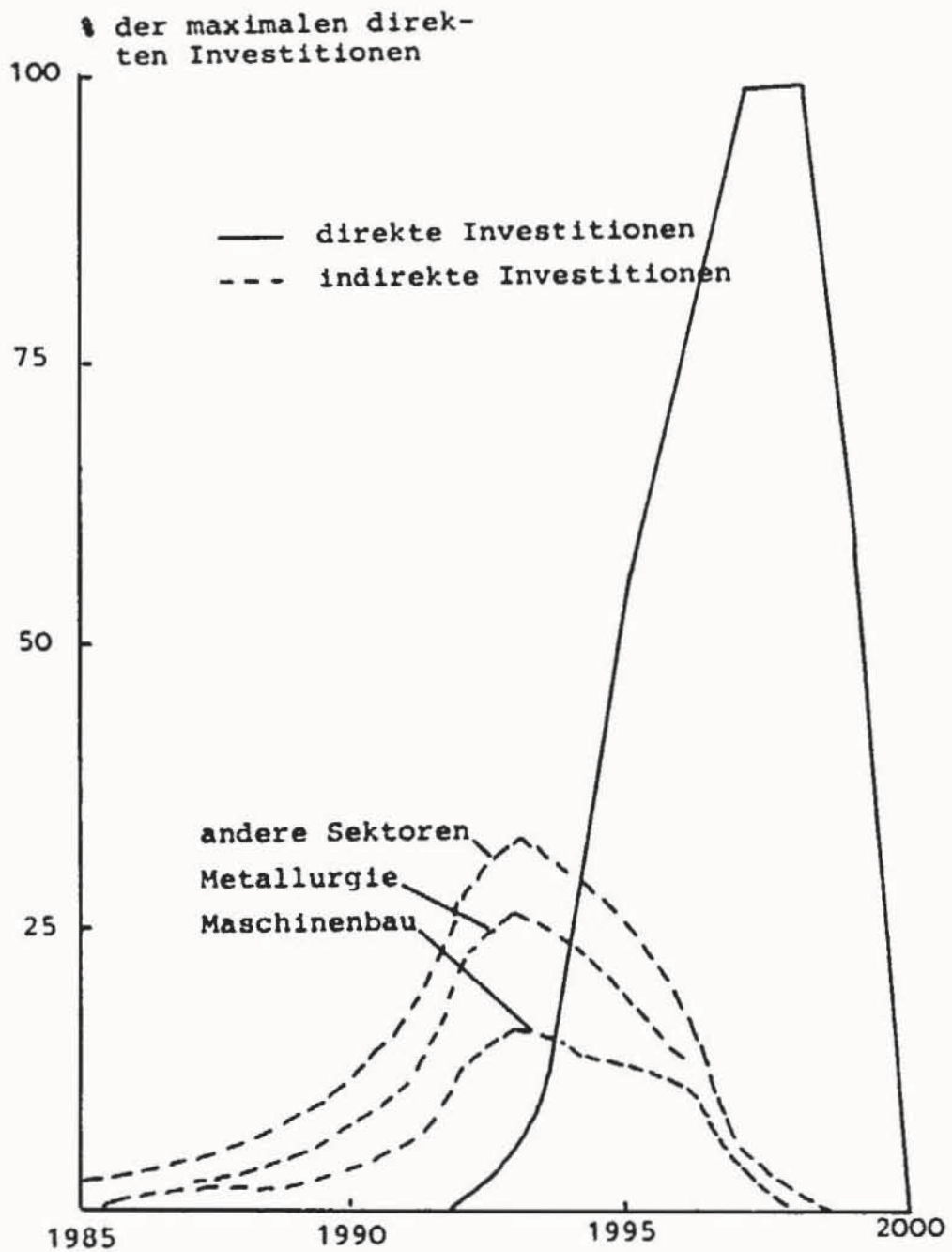


ABB. 4: DIREKTE UND INDIREKTE INVESTITIONEN ALS FUNKTION DER IMPLEMENTIERUNGZEIT



**Abbildung 5:** Verteilung der direkten und indirekten Investitionen eines Ausbaues der Oelschiefergewinnung