

Volkmann, Dietrich Johannes

Article — Digitized Version

40 000 Mrd. Dollar für die Energiezukunft: Folgerungen für Europa

Wirtschaftsdienst

Suggested Citation: Volkmann, Dietrich Johannes (1979) : 40 000 Mrd. Dollar für die Energiezukunft: Folgerungen für Europa, Wirtschaftsdienst, ISSN 0043-6275, Verlag Weltarchiv, Hamburg, Vol. 59, Iss. 11, pp. 565-572

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/135378>

Standard-Nutzungsbedingungen:

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

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

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

Terms of use:

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

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

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

40 000 Mrd. Dollar für die Energiezukunft

Folgerungen für Europa

Dietrich Johannes Volkmann, Bonn*

Seit einigen Monaten werden die künftig sehr hohen Investitionskosten der Energiewirtschaft diskutiert¹. Nach den systemanalytischen Schätzungen des IIASA² wird für den Übergang zu neuen, von fossilen Energieressourcen weitgehend unabhängigen Energieversorgungssystemen bei allen Optionen und Strategien weltweit ein zusätzlicher Kapitalstock von 40 000 Mrd. US-\$ (in konstanten 1975er Werten) notwendig sein – ein Betrag, der sich unserem Begriffsvermögen nur mit Mühe erschließt. Wie kam es zu dieser Entwicklung? Welche Investitionskonsequenzen ergeben sich für Europa?

Jahrzehntelang waren die Preise für Rohöl nichts Anderes als jeweils eine Momentaufnahme. Sie schienen anzuzeigen, daß das Erdöl als wichtigste Primärenergie in unendlichen Mengen verfügbar sei. Nach dem Umbruch in der Weltenergiewirtschaft von 1973/74 haben temporäre Überschüsse und Überkapazitäten die auf eine dauernde Verknappung und eine Zuspitzung der Versorgungssituation hinweisende Tendenz fünf Jahre hindurch überdeckt. Marktsignale für künftige Knappheitsrelationen blieben aus. Kostbare Zeit für die notwendigen Substitutionsprozesse ging verloren. Deshalb und weil sich im Energiebereich dadurch die Überflumentalität bis in die jüngste Zeit erhalten konnte, müssen die hochindustrialisierten Verbraucherländer nunmehr von heute auf morgen erkennen, „daß ihr öffentliches und privates Leben auf einem zu niedrigen Energiepreis, d. h. hier Erdölpreis, aufgebaut worden ist. Die Korrektur eines solchen Irrtums muß tiefgreifend und schmerzlich sein“³.

*Es ist dem Verfasser eine angenehme Verpflichtung, Prof. Dr. Wolf Häfele, Vizedirektor des IIASA und Leiter der Energieforschungsgruppe dieses Instituts, und seinem Mitarbeiter Dr. Wolfgang Sassin für die ihm bei seinen Aufenthalten in Laxenburg ermöglichten Studien, für die Fülle der erhaltenen Anregungen und für die frühzeitige Überlassung noch nicht im Druck erschienener Arbeitspapiere und Vortrags-
texte zu danken. Für Gespräche und sehr wertvolle Anregungen zum hier behandelten Thema dankt der Verfasser auch Prof. Dr. Gerhard Bischoff, Direktor des Geologischen Instituts der Universität zu Köln und Mitglied des IIASA-Rates, Prof. Dr. Bruno Fritsch, Direktor des Instituts für Wirtschaftsforschung der Eidg. Technischen Hochschule Zürich, und Dr. Helmut Schlesinger, Mitglied des Direktoriums der Deutschen Bundesbank, Frankfurt a. M.

Obwohl Knappheit die Ursache des ökonomischen Problems bildet und die Ökonomie einmal aus praktischen Bedürfnissen entstand und obwohl die Produktionsprozesse seit Jahrzehnten einen immer höheren Energieeinsatz erfordern, so daß Erdöl und Erdgas immer schneller gefördert werden und den weltweiten Bedarf nur noch in fallenden Prozentanteilen werden decken können, hat die „nicht langfristig denkende Ökonomie“ (Bruno S. Frey) die Knappheit der Energieressourcen bis in jüngste Zeit nur unzulänglich problematisiert⁴. Wie Bruno Fritsch feststellte, gibt es in der Modellwelt der Ökonomie das Konzept der nichtregenerierbaren Ressourcen grundsätzlich nicht⁵. Aus die-

¹ So unterstrich der Vorstandsvorsitzende der VEBA AG, Rudolf von Bennigsen-Foerder, auf der Vortragsveranstaltung der Hannover-Messe 1979 die künftig sehr hohen Investitionskosten der Energiewirtschaft. Auch die vom 8. - 12. September 1980 in München stattfindende 11. Weltenergiekonferenz wird der vorrangigen Bedeutung des Kapitaleinsatzes besonders Rechnung tragen.

² Die umfassenden Kapitalbedarfsschätzungen des Internationalen Instituts für Angewandte Systemanalyse (IIASA) in Laxenburg bei Wien über einen Zeithorizont von 50 Jahren hätten eigentlich größtes Aufsehen erregen müssen, sind jedoch nicht so recht zur Kenntnis genommen worden. Hier können aus Platzmangel nur einige Publikationen des IIASA genannt werden. Weitere Quellenangaben dazu sowie Nachweise zu den Abbildungen und Tabellen finden sich in Dietrich Johannes Volkmann: Der Kapitaleinsatz beim Übergang zu neuen Energieversorgungssystemen, in: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, H. 5 und 6, 1979. Der 10. Weltenergiekonferenz vom 19. - 23. Sept. 1977 in Istanbul lag als offizieller Beitrag des IIASA das von Wolf Häfele und Wolfgang Sassin entwickelte 35-Terawatt-Referenzszenario „A Future Energy Szenario“ mit einer Kapitalbedarfsschätzung für diese globale 35-Terawatt-Energiewirtschaft vor. Als weiterer wichtiger Untersuchungsbericht des IIASA ist zu nennen Wolf Häfele und Wolfgang Sassin: *Resources And Endowments. An Outline On Future Energy Systems. Contribution to the NATO Science Committee Twentieth Anniversary Commemoration Conference*, April 11-13, 1978, Brussels.

³ Ernst Günter Vetter: Der große Wandel, in: *FAZ* vom 3. August 1979.

⁴ Vgl. Bruno S. Frey und Gerhardt Schwödiauer: Über die zeitliche Nutzung der Natur, in: *Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*, Bd. 91, 1971, S. 691 - 710.

Dr. rer. pol. Dietrich J. Volkmann, 50, Dipl.-Ingenieur, ist Referent für Energiepolitik der CDU/CSU-Bundestagsfraktion in Bonn.

sen Gründen fehlt in der Ökonomie ein der anstehenden Ressourcen- und Substitutionsproblematik adäquater analytischer Bezugsrahmen.

Versagen der Ökonomie

Allzu lange argumentierten die Ökonomen mit dem Hotellingschen Theorem der optimalen Nutzung erschöpfbarer Energieressourcen. Robert M. Solow, ein prominenter Vertreter der modernen Wachstumstheorie, resümierte dieses (partialanalytische) Theorem dahingehend: Die Realität der Oligopole und die starken politischen Einflüsse im Energiebereich sind eben nicht das, was die Lehrbücher der Ökonomie fordern bzw. unterstellen. Und er fügt hinzu: „Der ungewöhnliche Faktor, auf den die Theorie erschöpfbarer Ressourcen hinweist, ist die Bedeutung der langfristigen Sicht und des Wertes vernünftiger Informationen über Reserven, Technologie und Nachfrage der fernerer Zukunft.“⁶

Eben diese von Solow genannten Faktoren sind für unsere Energiezukunft ausschlaggebend. Um sie realistisch beurteilen zu können, bedarf es neben prinzipieller Überlegungen auch – zugegebenermaßen unsicherer – quantitativer Abschätzungen. Im Hinblick auf das Management des Übergangs zu neuen Energieversorgungssystemen seien hier die folgenden Faktoren hervorgehoben:

- Die Erschöpfung der einfach und billig (konventionell) zu gewinnenden Erdöl- und Erdgasvorräte;
- die Umwelt- und Klimaprobleme;
- die Änderung der technischen Versorgungsinfrastruktur im Primär-, Umwandlungs- und Sekundärenergiebereich der Energiewirtschaft;
- die Markteindringungszeiten für neue Energieträger (Kernenergie, Kohle in neuartigen Nutzungen).

Anders als in der auf momentanen Marktausgleich fixierten Ökonomie muß ein Zeithorizont gewählt werden, der sich auf die zeitlich am weitesten reichenden, strukturbestimmenden Entwicklungen und Maßnahmen erstreckt. Nur an den langfristigen Perspektiven kann gezeigt werden, welche Wege beschritten werden müssen, wenn unsere Energieversorgung auf die genannten neuen Grundlagen gestellt werden soll.

Offenkundig ist im Energiebereich die Verknüpfung von prinzipiell durch den Marktmechanismus lösbaren Problemen mit solchen, bei denen die marktwirtschaftliche Steuerung versagt: Denn mehr als den momenta-

nen Marktausgleich kann der Preismechanismus nicht herbeiführen, und in der heutigen Wirtschaft wird im allgemeinen in drei bis fünf Jahren nach einer Investition ein Nutzen erwartet. Bei langfristigen Entwicklungen wie im Energiebereich mit Vorlaufzeiten für Entwicklung und Markteinführung neuer Energietechnologien von 15 bis 20 Jahren und darüber hinaus kann es keine Allokation über den Preis geben. Darum ist die Ökonomie nicht in der Lage, die Transition zu erklären, die im Energiebereich vor sich geht (Bruno Fritsch). Längst sind hier übergreifende Untersuchungen vonnöten.

Analytische Anforderungen

Auch deshalb müssen die Energieprobleme interdisziplinär untersucht werden, weil die Technologiewahl gerade hier nicht isoliert von den längerfristigen Umwelteffekten bzw. umweltbedingten Beschränkungen (constraints) erfolgen kann – Wirkungen, die den Handlungsspielraum für die Energiewirtschaft und für die Energiepolitik in den kommenden Jahrzehnten entscheidend einengen werden (Häfele und Sassin). Besondere analytische Anforderungen ergeben sich auch aus dem Ineinander von kurz- und mittelfristigen Aspekten, gilt es doch im Energiebereich fast überall, die mittel- und langfristigen Notwendigkeiten des Überganges zu neuen Energiesystemen mit kürzerfristigen Erfordernissen zu harmonisieren. Zu denken geben sollte schließlich auch die Tatsache, daß schon die unmittelbaren und die mittelfristigen Energieprobleme weitgehend politischer Natur sind – und dies gilt noch mehr für die langfristigen. Alle Anzeichen deuten darauf hin, daß sich die Politisierungs- und Vermachtungstendenzen bei den Energieressourcen noch weiter verstärken werden.

Zahlreiche andere Gründe sprechen gleichfalls dafür, daß die fälligen Entscheidungen im Energiebereich nur durch interdisziplinäre, projekt- und problemorientierte Zusammenarbeit der Experten, d. h. durch Systemanalyse, vorbereitet werden können. Gegenüber der ökonomischen Analyse weist diese Vorgehensweise entscheidende Vorzüge auf:

- Der Komplexität und Dimensionalität der Energieprobleme sind die Methoden der Systemanalyse weit aus angemessener als andere, rein disziplinäre Vorgehensweisen;
- die Systemanalyse kann die Gefahr von Pseudolösungen, d. h. das Kurieren an Symptomen statt an den Ursachen, verringern und sicherstellen, daß die

⁵ Bruno Fritsch: Wirtschaftswachstum und Oekologie, in: Neue Zürcher Zeitung vom 17. Dezember 1972.

⁶ Robert M. Solow: Die Ökonomie der Ressourcen oder die Ressourcen der Ökonomie, in: Horst Siebert (Hrsg.): Umwelt und wirtschaftliche Entwicklung, Darmstadt 1979.

Probleme auf der Basis des insgesamt vorhandenen Wissensstandes untersucht und behandelt werden;

□ im Energiebereich liegen derartige umfangreiche systemanalytische Ergebnisse bereits vor.

Systemanalyse bedeutet Multikriterien- und Multifaktoren-Untersuchungen. Ihr Hauptmerkmal ist, daß sie multidisziplinäre Erkenntnisse interdisziplinär integriert.

Referenzszenarien des IIASA

Bei den Untersuchungen, die z. B. das IIASA durchgeführt hat, handelte es sich zunächst darum, plausible Entwicklungen zu entwerfen, nicht aber Entwicklungsergebnisse oder -ziele einer Wirtschaftsregion auf die übrigen zu übertragen. Auf dieser Grundlage läßt sich dann der Energiebedarf schätzen. Darauf aufbauend hat das IIASA Energiestrategien ermittelt, die unter Berücksichtigung verschiedenster Beschränkungen eine optimale Aufteilung zwischen den Primärenergieträgern in den kommenden Jahrzehnten zulassen. Mit diesen konkreten Szenarien lassen sich die dazugehörigen direkten (d. h. energiewirtschaftlichen) und die entsprechenden indirekten Investitionen grob abschätzen und auf ihre Realisierbarkeit hin diskutieren. Das Ergebnis ist eine ordnende globale Perspektive des schrittweisen Überganges zu neuen Energiesystemen und der sich auf diese neuen Versorgungsgrundlagen umstrukturierenden Wirtschaft⁷.

Mit einem starken Anstieg des Weltenergiebedarfs muß aus zwei Gründen gerechnet werden. Der erste Grund ist ein Anstieg des durchschnittlichen Energieverbrauchs pro Kopf; der zweite ist das weitere Anwachsen der Weltbevölkerung. Auf dieser Basis nahm das IIASA im Rahmen seines Referenzszenarios eine Schätzung des Weltenergiebedarfs bis zum Jahre 2030 vor.

Für die Ermittlung des Pro-Kopf-Energieverbrauchs wurde die Welt in sieben Regionen aufgeteilt, wobei in den Ländern bzw. Ländergruppen ähnliche wirtschaftliche Voraussetzungen herrschen:

- Region I Nordamerika (USA und Kanada)
- Region II Sowjetunion und Osteuropa
- Region III Westeuropa, Japan, Australien, Neuseeland, Südafrika, Israel
- Region IV Lateinamerika
- Region V Afrika (außer Nordafrika und Südafrika) und Südostasien
- Region VI Naher Osten und Nordafrika (Ägypten, Algerien, Libyen)
- Region VII China und zentralgelenkte Länder Asiens.

Als Referenzpunkt dient der Weltenergieverbrauch im Jahre 1975, der rd. 7,5 TW betrug (1 TW-Jahr = rd. 1 Mrd. t SKE). Man kann sagen, daß im Jahre 1975 etwa 4 Mrd. Menschen 2 kW-Jahre pro Kopf und Jahr verbraucht haben. Das entspricht einer durchschnittlichen Leistung von 2 kW pro Kopf⁸.

Eine realistische Interpretation hat zu berücksichtigen, daß dieser Mittelwert für 1975 sich aus sehr unterschiedlichen Werten für die einzelnen Länder zusammensetzt. Während der Pro-Kopf-Verbrauch in den USA derzeit bei etwa 11 kW liegt, weist dieser in mehr als 80 Ländern der Welt – in denen über 70 % der Weltbevölkerung leben – den äußerst geringen Betrag von 0,2 kW für kommerziell angebotene Energien auf; hinzu kommen in diesen Ländern noch etwa 0,3 kW an nichtkommerziellen Energien (Holz, Biogas usw.). Die 0,2 kW für kommerzielle Energien sind ein Zehntel des heutigen Weltdurchschnitts von etwa 2 kW.

Annahmen

Für die Region Nordamerikas nimmt das Referenzszenario des IIASA lediglich einen Pro-Kopf-Verbrauch von 16,5 kW im Jahre 2030 an, obwohl bereits heute in den USA der Verbrauch bei 11 kW liegt. Für die Region Südostasien wird bis zum Jahre 2030 nur eine Verdoppelung des heutigen – äußerst niedrigen – Verbrauchs von 0,6 kW angenommen. Für Westeuropa und Japan in der Region III rechnet man bis zum Jahre 2030 mit einer Sättigung des Energiebedarfs bei etwa dem Doppelten des heutigen Verbrauchsniveaus. Die in diesen Verbrauchsschätzungen des IIASA enthaltenen wirtschaftlichen Wachstumsraten sind keineswegs Fortschreibungen gewohnter Wachstumsraten. Vielmehr liegen diese unter dem im Nord-Süd-Dialog geforderten und auch unter dem von Leontief in seiner Untersuchung für die UNO vorgeschlagenen wirtschaftlichen Wachstum. Variiert man wesentliche Einflußfaktoren, so ergeben sich Verschiebungen zwischen den Regionen. Das IIASA untersucht in der Tat auch alternative Verbrauchsszenarien. Die hier genannten Zahlen stellen also einen mittleren Entwicklungspfad dar. Gemessen an den wirtschaftlichen Entwicklungszielen, vor allem denen der Dritten Welt, können diese Extrapolationen des Pro-Kopf-Energie-

⁷ Grundlegend dazu der Beitrag von W. Häfele und W. Sassin für die 10. Weltenergiekonferenz, a.a.O.

⁸ 1 TW (Terawatt) = 1 Billion Kilowatt (kW). Es ist zu berücksichtigen, daß das Jahr mit 8760 Stunden gerechnet wird, d. h. ein Pro-Kopf-Verbrauch von 2 kW-Jahren bedeutet, daß pro Jahr und Kopf 17 520 kW-Stunden verbraucht werden. 1 kW-Stunde Strom enthält 860 Kilokalorien (kcal) bzw. 0,123 Steinkohleeinheiten-Kilogramm (SKE/Kg), während 1 SKE 7000 kcal/Kg entspricht. 17 520 kW-Stunden zu 0,123 SKE/Kg bedeuten also einen Pro-Kopf-Verbrauch pro Jahr von 2,155 t SKE.

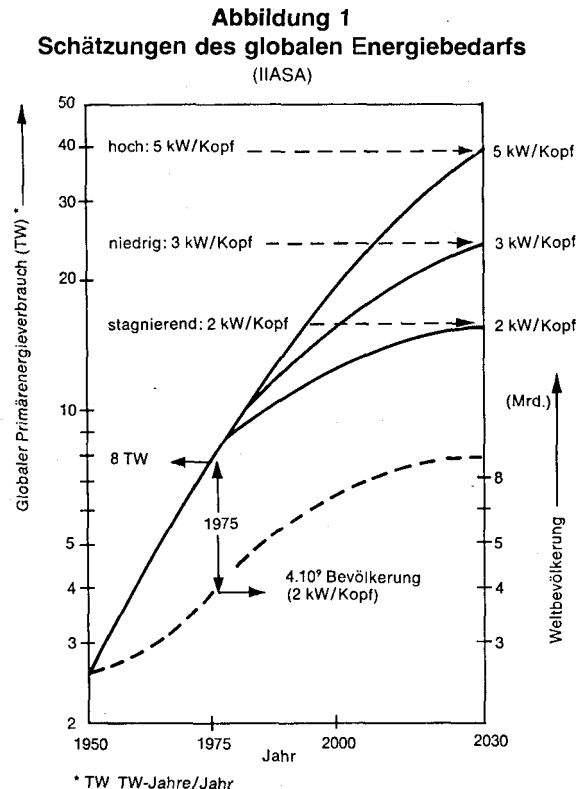
verbrauchs ausnahmslos als vorsichtig betrachtet werden.

Ähnlich zurückhaltend erscheint es, wenn das Szenario für das Jahr 2030 mit einer Weltbevölkerung von etwa 8 Mrd. Menschen rechnet. Die Annahmen der UNO liegen höher.

Als globaler Energiebedarf im Jahre 2030 ergeben sich 35 TW bei einem für diesen Zeitpunkt angenommenen Pro-Kopf-Verbrauch von 4,4 kW.

Eine Bestätigung fand diese Verbrauchsschätzung des IIASA inzwischen durch die Ergebnisse der von der Conservation Commission der Weltenergiekonferenz abgeschlossenen Studie „World Energy – looking ahead to 2020“. Danach wird der jährliche Weltprimärenergieverbrauch von derzeit etwa 9,5 Mrd. t SKE schon bis zum Jahre 2020 auf etwa 34 Mrd. t SKE ansteigen. Diese Untersuchung beruht ebenfalls auf einer regionalisierten Betrachtung mit den drei Regionen OECD-Länder, Staatshandelsländer und Entwicklungsländer.

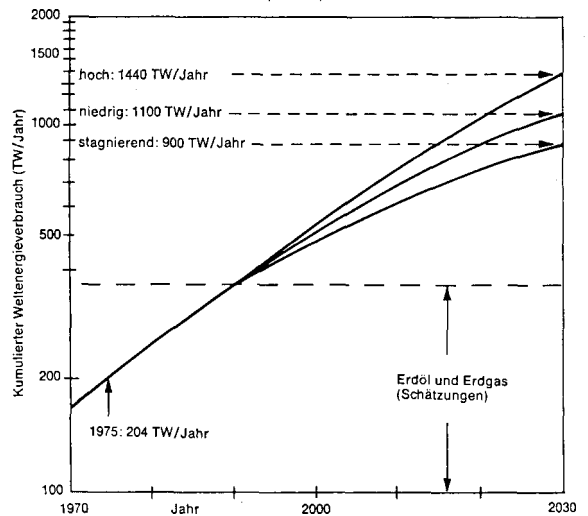
In Abbildung 1 sind auf der Grundlage einer mittleren Annahme über die Weltbevölkerungsentwicklung verschiedene Entwicklungen des Weltenergiebedarfs eingezeichnet, die durch unterschiedliche (geschätzte) Sättigungswerte des durchschnittlichen Energieverbrauchs charakterisiert sind.



Die Notwendigkeit der Loslösung von Erdöl und Erdgas aus Lagerstätten und zu Bedingungen, wie wir sie heute kennen, innerhalb der vom IIASA ermittelten Übergangsphase von vier bis fünf Jahrzehnten ergibt sich aus Abbildung 2. Dort sind die aufaddierten jährlichen Energiebedarfswerte mit den bekannten und vermuteten Welterdöl- und -erdgasvorräten in Beziehung gesetzt. Wir ersehen daraus, daß

- Erdöl und Erdgas bereits in einem absehbaren Zeitraum erschöpft sein werden und daß
- Energiesparmaßnahmen zwar einen (begrenzten) Zeitgewinn bringen, aber das Problem der langfristigen Versorgung mit Primärenergien nicht lösen⁹.

Abbildung 2
Erdöl- und Erdgasvorräte der Welt
und kumulierter Energieverbrauch
(IIASA)



Drei Optionen

Es gibt drei große Optionen, die sowohl von der Energieproduktion wie von den Vorräten her langfristig den globalen Energiebedarf decken können, auch wenn er Dutzende von TW beträgt. Diese drei großen Optionen sind:

- Kernenergie unter Verwendung des Brutprinzips;
- Sonnenenergie unter Verwendung von Millionen von Quadratkilometern Landfläche;
- fossile Energie unter Verwendung sehr teurer und schwer zugänglicher, nicht-konventioneller Ressourcen, wie sie heute noch nicht in Betracht kommen.

⁹ Wolf Sassin und Wolfgang Häfele: Die Energiefrage und die zukünftige wirtschaftliche und politische Entwicklung, in: Dietrich J. Volkman (Hrsg.): Alternativen der Energiepolitik, Gräfelfing/München 1978, S. 25 ff.

In allen drei Fällen führt die Nutzung dieser Optionen zu großtechnischen Maßnahmen. Im Falle der Sonnenenergie beispielsweise kann man von einer zweiten Art von Landwirtschaft sprechen, wenn man sich vor Augen führt, daß die Einsammlung von solarer Strahlungsenergie Flächen benötigt, die in die Größenordnung der heute etwa 10 Mill. qkm landwirtschaftlich genutzten Fläche kommen. Die großtechnischen Maßnahmen erhalten einen globalen Zug, und ohne Zweifel ist das auch eine der Kategorien, in denen man insbesondere die nukleare Option zu beurteilen hat.

Aus Abbildung 2 folgt, daß im Jahre 2030 unabhängig von den erreichbaren Wachstumszielen und von Erfolgen bei dem Bemühen, Energie einzusparen, die neuen Energietechnologien bereits einen großen Teil des Primärenergiebedarfs der Welt decken müssen. Es ist klar, daß dabei der Kernspaltungsenergie als der am weitesten ausgereiften, umweltfreundlichen und in den benötigten Kapazitäten mittelfristig etablierbaren Technologie eine besondere Bedeutung zukommt.

Die Optionen für die künftige globale Energieversorgung hat das IIASA mit seinem globalen 35-TW-Referenzszenario bis zum Jahre 2030 der 10. Weltenergiekonferenz in Istanbul vorgelegt (vgl. Tabelle 1). Dieses Referenzszenario ist der erste Entwurf zur Loslösung von den ihrer Erschöpfung entgegengehenden fossilen Primärenergien Erdöl und Erdgas und des schrittweisen Überganges zu neuen Energieversorgungssystemen mit technisch errichteten, das heißt quasi unerschöpflichen Primärenergiequellen. Das Szenario geht von einem jährlichen weltweiten Wirtschaftswachstum aus, das sich von derzeit rund 3 % pro Jahr allmählich verringert und nach 2030 einer Sättigung zustrebt.

Kapitalbedarfsschätzung

Für Zukunftsgüter gibt es keine Preise. Um trotzdem die Entwicklungen bei realisierbaren neuen Energietechnologien, soweit diese sich in den Kapitalkoeffizienten der Energieprozesse niederschlagen, möglichst zutreffend in Form variabler Koeffizienten veranschlagen zu können, entschloß man sich beim IIASA, zur Ermittlung der Kapitalkoeffizienten (Investitionsausgaben je Leistungseinheit der zu erstellenden Energieanlagen) mit der Methode des „direct accounting“ zu arbeiten. Das ist eine Schätzmethode, die sich auf das Urteil von Experten aus den in Frage kommenden Sachgebieten stützt. Diese Methode wurde bereits in den 50er Jahren von Wissenschaftlern der Rand Corporation entwickelt und hat inzwischen vielfache Anwendung gefunden. Hier sind es Expertenschätzun-

Tabelle 1
Referenz-Versorgungsszenario (TW)
Welt für das Jahr 2030

(nach Häfele und Sassini)

Öl, Gas, Kohle	5 (th)	direkt fossil
Lokale regenerierbare Energiequellen (Bio-Gas, Wind, dezentrale Sonne)	3 (th)	Ersatz fossiler Energien
Wasserkraft 0,7 TW (e) \triangleq	2 (th)	Ersatz fossiler Energien
Leichtwasser-Reaktor 3 TW (e) \triangleq	10 (th)	Ersatz fossiler Energien
Methanol (nukleare Prozeßwärme und Kohle)	10 (meth)	Ersatz von Öl
Methanol (Zentrale Sonne und Kohle)	5 (meth)	Ersatz von Öl
	35 TW *	
Gesamter fossiler Energieverbrauch	12 TW *	

(e) elektrisch (th) thermisch (meth) Methanol * TW TW-Jahre/Jahr

Tabelle 2
Kapitalbedarf der Welt
im Energiebereich bis zum Jahre 2030

(nach Häfele und Sassini)

	Referenzfall TW	Produktion		Übertragung & Verteilung	
		\$/kW	10 ¹² \$	\$/kW	10 ¹² \$
Öl, Gas, Kohle	5 (th)	200 (th)	1	80 (th)	0,4
Sich natürlich		Biogas 100 (th)		20 (th)	
erneuernde Energiequellen	3 (th)	„Soft“ Solar 1000 (th)	2,1	200 (th) *	0,42
		Wind 1000 (th)		200 (th) *	
Wasserkraft	2 (th)	1000 (th)	0,7	700 (e)	0,5
LWR	3 (e)	700 (e)	2,1	700 (e)	2,1
Methanol durch Kernenergie	10 (th)	1500 (meth)	15	80 (th)	0,8
Methanol durch Sonnenenergie	5 (th)	3000 (meth)	15	80 (th)	0,4
			36		4,6
Gesamt	35 TW \blacktriangle		40 · 10¹² \$ (Kapitalstock)		

* mit Speicherung \blacktriangle Primärenergieäquivalent

gen über die zukünftige Entwicklung der Kapitalkosten auf der Grundlage von Annahmen über die Komponentenentwicklung bei neuen Energietechnologien und über die verfahrenstechnologische Entwicklung bei der Herstellung dieser Energieanlagen¹⁰.

Die Untersuchungen des IIASA über den Kapitalbedarf und Kapitalbildungsstrategien beim Übergang zu neuen Energiesystemen zeigen die Investitionskonsequenzen in ihrer Größenordnung. Als Zeithorizont wurde auch hier das Jahr 2030 gewählt. Die Kapitalbedarfsschätzung des IIASA erstreckte sich auf die Primärenergie-Gewinnung, die Anlagen zur Umwandlung von Primärenergien in Sekundärenergien, auf den gesamten Energietransport und die Verteilung der Sekundärenergien an die Endverbraucher. In Tabelle 2, die genauso aufgelistet ist wie das Versorgungsszena-

¹⁰ Ausführlicher in dem in Fußnote 2 aufgeführten Beitrag des Verfassers.

rio, sind die für die einzelnen Energieträger vom IIASA geschätzten Kapitalkosten zusammengestellt.

Als Gesamtergebnis stellte sich heraus, daß der Übergang zu neuen Energieversorgungssystemen den wirklich gigantischen, wenn man so will, unvorstellbaren, Kapitalbedarf in der Größenordnung von 40 000 Mrd. US-\$ (in konstanten Werten von 1975) bis zum Jahre 2030 erfordern wird. Zum Vergleich sei das Weltbruttosozialprodukt angeführt, das im Jahre 1970 zwischen 3600 und 4000 Mrd. \$ lag. Daran wird überdeutlich, daß die Epoche einfach zu gewinnender, billiger Energien unwiderruflich hinter uns liegt und daß die Sicherung unserer zukünftigen Energieversorgung äußerste Anforderungen an den Faktoreinsatz Kapital mit sich bringen wird.

Alternative Versorgungsstrategien

In einem Szenario II mit Rückgriff auf unkonventionelle Kohlenwasserstoffe, also Schweröle, Teersande, Ölschiefer, vor allem aber Kohle im größten Stile und in neuartiger Nutzung, würden den politischen Akteuren die vermutlich sehr weitreichenden und ernsten Beschränkungen durch Umweltprobleme und einen im Vergleich zur Kernenergienutzung kaum geringeren Kapitalbedarf vor Augen geführt. In der Tat zeigen die noch nicht veröffentlichten Rechnungen des IIASA zu diesem Szenario, daß der gesamte Kapitalbedarf für eine solche Versorgungsstrategie nicht nennenswert geringer ist, obwohl natürlich erhebliche regionale Verschiebungen im Kapitalbedarf auftreten.

Ein Szenario III schließlich zeigt den Kapitalbedarf bei weiter reduzierten wirtschaftlichen Wachstumsraten und damit auch einem deutlich verminderten Verbrauch an konventionellen Energieträgern. In einem solchen Szenario III ist allerdings auch der Spielraum für Energiesparmaßnahmen im Wege einer raschen Umstrukturierung auf eine energieeffizientere Infrastruktur eingeschränkt

Auch dieses Szenario ist beim IIASA noch in Arbeit. Die vorläufigen Ergebnisse deuten wider Erwarten an, daß auch bei einer solchen Entwicklung das Kapitalproblem unverändert im Raume stehen bleibt. Dem verminderten absoluten Investitionsbedarf steht auf der anderen Seite eine gleichfalls verminderte Kapitalbildungsfähigkeit der langsamer wachsenden Wirtschaft gegenüber.

Zur Umstrukturierung der Energieversorgungsgrundlagen wird also die Investitionsquote der Verbraucherländer deutlich steigen müssen. Neu daran ist, daß die strategischen Energieinvestitionen neben den Investitionen im konventionellen Sinne (Ersatz-

und Erweiterungsinvestitionen) als zusätzlicher Kapitalstock aufzubringen sind. Insbesondere diese Erkenntnis brachten erst die Untersuchungen des IIASA. Nur wenigen ist bis heute klar, welche völlig neuen wirtschaftlichen und politischen Probleme diese strategischen Energieinvestitionen aufwerfen¹¹. Für das hier vorgestellte 35-Terawatt-Referenzszenario hat das IIASA die in Tabelle 3 zusammengestellte Kapitalbildungsstrategie ermittelt.

Tabelle 3
Kapitalbildungsstrategien

(nach Häfele und Sassini)

3 % Wirtschafts- wachstumsrate/Jahr	Ist konsistent mit 35 TW im Jahre 2030 oder $Y_{2030} = 17 \cdot 15^{12}$ \$/Jahr
Unveränderte Wirtschaftstrends	$10 \cdot 10^{12}$ \$ Kapitalstock in 2030 im Energiebereich
Zusätzlich benötigter Kapitalstock für technisch errichtete Energiequellen (Endowments)	$(40-10) \cdot 10^{12}$ \$
Die benötigten strategischen Investitionen müssen dem Konsum entnommen werden, so daß folgender Rückgang fällig wird:	
Umstellungszeitpunkt	heute 12 % der in 15 Jahren 23 % Konsumrate

Düstere europäische Energiezukunft

Bei weitem übersteigen die mit der Substitution der erschöpfbaren fossilen Primärenergien durch Technologie und Kapital verbundenen Aufgaben den nationalstaatlichen Rahmen.

Europa und Japan sind jene Regionen, die als erste Technologie und Kapital für technisch errichtete Energiequellen einzusetzen gezwungen sein werden. Weil Europa für die Zukunft nur über ein sehr begrenztes Potential an Energieressourcen verfügt, vor allem nicht über genügend Shelf-Gebiete und billige Kohle sowie auch nicht über Sonnenenergie zur Nutzung im großen Stile und ebensowenig über menschenleere Gebiete, ist der Übergang zu neuen Energiesystemen für unsere Region von besonderer Dringlichkeit. Auch müssen die europäischen Verbraucherländer bedenken, daß Europa bei aggressiver Nachfragekonkurrenz um Kohlenwasserstoffe bzw. um Energieressourcen überhaupt politische Macht nicht ins Spiel bringen könnte.

Nach den Untersuchungen des IIASA könnte schon für das Jahr 2000 in der EG ein Primärenergiebedarf von bis zu 2,8 Mrd. t SKE gegenüber 1,35 Mrd. t SKE heute zu erwarten sein, und zwar selbst bei einem

¹¹ Zu einer näheren Behandlung der Anforderungen an Wirtschaft und Politik vgl. ebenfalls den in Fußnote 2 aufgeführten Beitrag des Verfassers, Teil IV, V und VI.

durch Energiesparmaßnahmen reduzierten Verbrauch in Höhe von 20 % eines „normalen“ Bedarfs und einem zurückgenommenen Wirtschaftswachstum. Dem für das Jahr 2000 genannten Verbrauch in der EG entspräche ein Jahresbedarf von etwa 600 Mill. t SKE in der Bundesrepublik.

Ein noch realistisches Versorgungsszenario für die Bundesrepublik geben Häfele und Sassin¹² in ihrem Energiepolitischen Memorandum vom April 1979 folgendermaßen an: 150 : 150 : 150 : 100 : 50 = Kohle : Öl : Kernenergie : Erdgas : erneuerbare Energiequellen (Wasser, Sonne), jeweils in Mill. t SKE Jahresverbrauch. Entscheidender Punkt dabei ist, daß der Anteil der Kohle nach dem Jahre 2000 noch weiter ansteigen wird, was für die Mehrzahl der OECD-Länder gilt. Allein für Westeuropa könnte bis 2030 ein jährlicher Kohlebedarf von etwa 2 Mrd. t entstehen. Im Vergleich dazu betrug der Jahresverbrauch 1977 rd. 0,3 Mrd. t. Diese Verbrauchszahlen und Relationen vermitteln ein Bild von den gewaltigen Anstrengungen, die in der EG zu unternehmen sind.

Daraus ergibt sich vor allem, daß bereits bis zum Jahre 2000 die Alternativenergien in der EG in einer Größenordnung von 0,8 Mrd. t SKE pro Jahr verfügbar sein müssen. Ein Vergleich mit dem heutigen Primärenergieverbrauch in der Gemeinschaft rückt die Bedeutung dieser alternativen technologischen Basis für die Länder der EG in das richtige Licht: Europa steht vor einer technologischen und wirtschaftlichen Herausforderung sondergleichen. Die Nichtverfügbarkeit dieser neuen Quellen würde das notwendige weitere wirtschaftliche Wachstum von noch mehr Erdöl und Erdgas abhängig machen – eine für das Jahr 2000 und später absolut unrealistische Annahme.

Alternativenergien

Vor diesem Hintergrund verweisen Häfele und Sassin auch auf

- die Verhältnisse Westeuropas als geopolitische Region,
- die hier bei praktisch allen Primärenergien schwierige Versorgungslage und die politischen Randbedingungen sowie auf
- den hohen Importbedarf bei Erdöl und Erdgas.

Sie erachten die Situation für die Länder der EG aus den angeführten Gründen und im Hinblick auf die langen bzw. sehr langen Vorlaufzeiten energiewirtschaftlicher Investitionen als bereits sehr ernst.

Die Kommission der EG folgert aus der kürzlich abgeschlossenen Studie „Crucial Choices For The Ener-

gy Transition“ (an der das IIASA maßgeblich beteiligt war), daß ein reibungsloser Übergang von unserer gegenwärtigen Situation zu einer „Nach-Öl“-Gesellschaft eine Entschlossenheit verlange, wie diese „selten von Weltereignissen notwendig gemacht wird“. Als Folge eines weiteren „Do-nothing“ werde die Situation für Westeuropa „noch vor dem Jahr 2000 unhaltbar“¹³.

Wichtigste Alternativenergie wird die Kernenergie in Kombination mit der Kohle in neuartigen Nutzungen sein müssen. Erneuerbare Energiequellen wie die Sonne werden für Europa erst im Verlaufe mehrerer Jahrzehnte bedeutsam. Den Bedarf an Kernenergie und Kohle bestimmt die gesamtwirtschaftliche Entwicklung. Die Markteinführung von Kern- und Kohleenergie hängt einerseits von den technischen Fortschritten bei der Umwandlung von Kern- und Kohleenergie in Elektrizität, synthetisches Öl und Gas sowie andererseits von den Importmöglichkeiten für Uran und für Kohle in großen Mengen ab.

Entschlossenes Aufbauprogramm

Die Anteile, die Kernenergie und Kohle in neuartigen Nutzungen an der Versorgung Europas in den nächsten Jahrzehnten erreichen müssen, machen ebenso wie die erforderlichen Maßnahmen zum sparsameren und rationelleren Energieeinsatz und die notwendige Entwicklung unerschöpflicher Energiequellen die vorrangige Bedeutung des technologischen Wachstums für die zukünftige Energieversorgung der EG deutlich. Häfele und Sassin betonen dazu, daß es nicht einen einzigen technologischen Weg für Europa gibt, daß vielmehr eine Kombination von alternativen Energietechnologien gesucht werden muß und daß „praktisch alle verfügbaren Energiequellen ausgeschöpft werden müssen. Große Wahrscheinlichkeit gibt es nicht“.

Man unterstreicht seitens des IIASA, daß Europa, will es nicht über die Energieversorgung in einen entscheidenden Wettbewerbsnachteil gedrängt werden, sich nicht mehr wie in den letzten 20 Jahren darauf beschränken kann, den technologischen und organisatorischen Rückstand gegenüber den USA nicht größer werden zu lassen. Es werde, um die Alternativenergien noch rechtzeitig verfügbar zu haben, ein ent-

¹² Wolf Häfele und Wolfgang Sassin: Energiepolitisches Memorandum, Wien, April 1979. Dieses Memorandum wurde den Fraktionen des Deutschen Bundestages, der Bundesregierung, dem DGB, Instituten und Wirtschaftsverbänden zugeleitet.

¹³ Die zitierten Passagen sind entnommen der Presseerklärung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Kritische Entscheidungen für den Energieübergang, in: Information Forschung und Entwicklung, Nr. 17 vom Juli 1979 (XII – 665/79-D). Die erwähnte Studie „Crucial Choices For The Energy Transition. An Initial Evaluation of Some Energy Studies“ wird demnächst von der Generaldirektion Forschung, Entwicklung und Bildung der Kommission der EG veröffentlicht.

schlossenes technologisches Aufbauprogramm ähnlich wie Japan nach dem Zweiten Weltkrieg durchführen müssen. Europa wird sich zu einer technologischen Pfadfinderrolle durchringen müssen¹⁴.

Aus den für Europa erforderlichen hohen technologischen Wachstumsraten zur Umstrukturierung im Energiebereich folgt, daß erstens für Forschung und Entwicklung erheblich mehr Geld ausgegeben werden muß und zweitens auf Europa eine schwere Kapitalbürde zukommt. Was die Entwicklung der Alternativenergien betrifft, vertrat EG-Kommissar Guido Brunner kürzlich die Auffassung, daß Europa, das gegenwärtig rd. 2 % seines Bruttosozialprodukts für die Entwicklung von Alternativenergien einsetze, langfristig vier- bis sechsmal soviel, d. h. jährlich bis etwa 12 % seines Bruttosozialprodukts aufwenden müsse, wenn es sich vom Öl lösen wolle¹⁵. Für die an leicht gewinnbaren, billigen Energieressourcen arme EG gilt die Erkenntnis aus der Globalstudie des IASA¹⁶ erst recht, daß nämlich ein niedriges Wirtschaftswachstum eine relativ höhere wirtschaftliche Belastung bei der Etablierung der neuen Energieversorgungsgrundlagen bedeutet. Aufgrund der vom IASA entwickelten Kapitalbildungsstrategien nehmen Häfele und Sassin an, daß die Länder der EG den Kapitalstock für neue Energiesysteme aufbringen können, „solange es gelingt, Wachstumsraten von wenigstens 3 % auch längerfristig zu sichern“. In Anbetracht der gänzlich neuartigen Probleme bei der Kapitalaufbringung und Investitionsfinanzierung über lange Vorlaufzeiten (Stichwort: front loading of capital) empfehlen sie dringend die rechtzeitige Schaffung politischer, vor allem wirtschaftspolitischer Rahmenbedingungen für diese außergewöhnlichen Investitionen.

Integrierende Perspektive

Die Erschließung neuer Hilfsquellen für die Länder der EG verlangt – als Ergänzung der Globaluntersuchungen des IASA – eine ordnende und integrierende Perspektive speziell für diese Wirtschaftsregion. Es liegt nahe, auch die Optionen und Strategien für die EG und für die (noch verbleibende) nationale Energiepolitik systemanalytisch zu entwickeln. Die langen Planungshorizonte, der multidisziplinäre Charakter und die Komplexität der zu behandelnden Probleme, die besonderen Anforderungen an die Vorstellungs-

¹⁴ Vgl. dazu auch das in der österreichischen Zeitschrift „Die Industrie“, H. 30/31 (1979), abgedruckte Interview mit Wolfgang Sassin.

¹⁵ Vgl. FAZ vom 18. September 1979.

¹⁶ Die Ergebnisse der fünfjährigen Untersuchungen über globale Optionen und Strategien im Rahmen des IASA-Programms Energiesysteme gelangen in einem umfangreichen Werk mit dem Titel „Energy In A Finite World“ kommendes Jahr bei einem New Yorker Verlag zur Publikation.

kraft der Entscheider (Parlamente, Regierungen, Rat und Kommission der EG, Unternehmen) und das Management des Überganges zu neuen Energiesystemen erfordern die Entscheidungshilfen der Systemanalyse. Internationale Studiengruppen mit dieser Aufgabenstellung müssen geschaffen werden. Ihre Aufgabe wäre es, wesentlich detailliertere Analysen durchzuführen und damit die Planung und Koordinierung von Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen, die Markteinführung neuer Energietechnologien, die Schaffung kompletter Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben sowie rechtzeitige technische Alternativen für Energieinvestitionen auch in Übersee (z. B. die großtechnische Nutzung der Sonnenenergie in Afrika) zu erleichtern.

In der EG besteht Einigkeit darüber, daß Europa sich wirtschaftlich möglichst gleichmäßig entwickeln muß. Die dazu notwendigen Wachstumsraten bei Energietechnologien und die gewaltigen Energieinvestitionen können nur durch eine *sehr enge* Zusammenarbeit der Mitgliedstaaten der EG zustande kommen. Deshalb weisen Häfele und Sassin auf die Dringlichkeit einer sowohl ordnenden als auch integrierenden Perspektive für die Evolution der Energiesysteme in Europa hin. Anstrengungen um einen *europäischen Energieplan* dulden keinen Aufschub mehr.

Für eine europäische Energiepolitik im hier skizzierten Sinne muß sich ein Mitgliedstaat der EG wie die Bundesrepublik Deutschland mit der zu Gebote stehenden Überzeugungskraft und Nachdrücklichkeit einsetzen. Freilich – ein solches Engagement müßte von den Parteien gemeinsam getragen werden. Die Fachleute der Wissenschaft und der Energiewirtschaft halten diese überparteiliche Energiepolitik schon seit längerem für unumgänglich, wenn nicht eine unerträgliche Energiekrise mit fatalen Folgen eintreten soll. Als erster deutscher Politiker sprach sich jetzt Ministerpräsident Gerhard Stoltenberg eindringlich dafür aus, einen „Pakt der staatstragenden Parteien“ zu schließen und so die schicksalhaften Probleme unserer künftigen Energieversorgung zu lösen¹⁷. Ein solcher überparteilicher „Pakt der Vernunft“ würde auch das dringend erforderliche Engagement der Bundesregierung im Rat der Europäischen Gemeinschaften für die Energiezukunft Europas fördern und tragen. Der nationalen Energiepolitik sind schon heute Grenzen gesetzt. Für die Zukunft gilt dies noch mehr.

¹⁷ Diesen Appell von Gerhard Stoltenberg brachten die deutschen Tageszeitungen vom 8. September 1979. Vgl. auch Gerhard Stoltenberg: Ein unehrliches Doppelspiel. Wer Wachstum und höhere Ausgaben fordert, kann die Atomkraft nicht ablehnen, in: Die Zeit, Nr. 42 vom 12. Oktober 1979.