

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 73 (1981)
Heft: 3

Artikel: Energie für unsere Welt : Berichterstattung über die Resultate der 11. Weltenergiekonferenz 1980 in München
Autor: Krafft, Pierre / Holzer, Ernst / Bosshardt, Willy
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941310>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

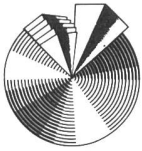
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



11th World Energy Conference
11ème Conférence Mondiale de l'Énergie
11. Weltenergiekonferenz
8.–12. Sept. 1980 München · Munich

Energie für unsere Welt

Berichterstattung über die Resultate der 11. Weltenergiekonferenz 1980 in München

Die nachfolgenden Referate wurden an der 52. Vereinsversammlung des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltenergiekonferenz am 4. Dezember 1980 in Zürich vorgetragen.

Zusammenfassung

«Energie für unsere Welt» hiess das Thema der 11. Weltenergiekonferenz 1980 in München. Damit soll die Bedeutung einer gesicherten Energieversorgung für unsere Welt hervorgehoben werden, einer Energieversorgung, die unter Berücksichtigung der sich wandelnden Randbedingungen (verfügbare Energievorräte, Produktionsmöglichkeiten, Schutz der Umwelt, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung) schwieriger geworden ist.

Auch wenn in den nächsten Jahren in den Industrieländern grössere Energiesparerfolge wahrscheinlich sind, so muss aufgrund der vorliegenden Prognosen längerfristig mit einem weiteren Anstieg des weltweiten Primärenergiebedarfes von heute 6,7 Mrd. t Erdöleinheiten (TOE) auf über 20 Mrd. TOE gerechnet werden. Besonders ins Gewicht fällt dabei die erwartete Versechsfachung des Energiebedarfes in den Entwicklungsländern (inkl. ölproduzierende Länder), ohne dass sich ihr geringer gegenwärtiger Pro-Kopf-Verbrauch (0,6 TOE im Vergleich zu 4,5 TOE in den Industrieländern) wesentlich steigern liesse. Wegen übermässiger Nutzung durch Millionen von Menschen mit den daraus resultierenden negativen Folgen wird sich der Anteil der «nichtkommerziellen Energien» (vor allem Brennholz) in diesen Ländern von 33% auf 10% verringern und muss durch «kommerzielle Energien» (Erdöl, Erdgas, Kohle, Wasserkraft und neue Energien) ersetzt werden. Vor allem dem Erdöl als wenig kapitalintensivem und einfach zu handhabendem Energieträger kommt dabei eine wichtige Rolle zu.

Schon aus diesem Grunde müssen die Industrieländer mit ihrer Technologie und ihrem Kapital sich vermehrt bemühen, die Energie rationeller zu nutzen und vor allem das Erdöl in ihrer Energieversorgung noch rascher als bisher durch Ersatzenergien (Kohle, Erdgas, Kernenergie, neue Energien) zu ersetzen. Es gilt aus heutiger Sicht den sich anbahnenden weltweiten Verteilungskampf Nord-Süd, aber auch Ost-West, um die Erdölvorräte dieser Erde zu verhindern.

Von den verfügbaren Energiereserven her – deren Gewinnbarkeit stark vom Rohölpreisniveau abhängig ist – scheint das kein Problem zu sein. Allein die fossilen Energiereserven betragen rund 730 Mrd. TOE und reichen noch für über 100 Jahre aus. Die sicher gewinnbaren Erdölvorräte betragen 89 Mrd. TOE, die gewinnbaren Reserven aus Ölschiefer und Teersanden weitere 86 Mrd. TOE (im Vergleich dazu liegt die jährliche Erdölproduktion bei 3 bis 3,5 Mrd. TOE); die sicher gewinnbaren Kohlenreserven

liegen bei 693 Mrd. t Steinkohleeinheiten (SKE) (bei einer jährlichen Produktion von 2,5 Mrd. t SKE); die sicher gewinnbaren Erdgasreserven liegen bei 74 000 Mrd. m³ (bei einer Produktion von 1500 Mrd. m³); die sicher gewinnbaren Uranreserven liegen bei 2,6 Mio t U₃O₈ (bei einer jährlichen Produktion von 39 000 t U₃O₈) und auch das technisch nutzbare Wasserkraftpotential ist noch sehr gross, beträgt doch der weltweite Ausbaugrad hier nur gerade 22%.

Von grösserer Bedeutung als die Ressourcen ist deshalb die Frage, ob es gelingen kann, die weltweite Produktion von Ersatzenergien auch wirklich den Notwendigkeiten entsprechend zu steigern:

- Die Produktion von Kohle sollte bis im Jahre 2000 verdreifacht werden (allerdings gibt es hier grosse Infrastrukturprobleme, Fragen der langfristigen Abnahmegarantie und der Umwelteinflüsse, die gelöst werden müssen).

- Die Produktion von Erdgas müsste bis im Jahre 2000 verdoppelt werden (auch hier müssen grosse Infrastruktur- und Transportprobleme gelöst werden, denn die verfügbaren Erdgasvorräte sind immer weiter von den Verbraucherzentren entfernt).

- Die Nutzung der Kernenergie soll, vor allem in den Industrieländern, ausgebaut und verstärkt werden (hier gibt es noch schwierige Probleme in bezug auf die «Akzeptanz in weiten Kreisen der Bevölkerung» und die Abfallagerung zu lösen).

- Die neuen Energien (Sonne, Geothermik, Wind- und Bioenergie) sollen in vermehrter Masse eingesetzt werden (hier befinden wir uns noch mitten in der technischen Entwicklung, und die Kosten dieser Energien sind noch sehr hoch).

In bezug auf die Möglichkeiten zur Ausweitung der Produktion ist deshalb eine gewisse Skepsis durchaus am Platze. Dazu gibt es weitere Fragenkomplexe und Probleme wie Finanzierungs- und Zahlungsbilanzschwierigkeiten (die dafür geschaffenen Institutionen sind am Rande ihrer Möglichkeiten angelangt), lange Vorlaufzeiten, immer schärfer werdende Umweltschutzansprüche, institutionelle Schwierigkeiten und nicht zuletzt eine Politisierung des Energiegeschehens, welche die Lösung der Probleme noch weiter erschweren.

Trotz aller Schwierigkeiten muss die Umstellung im Energiebereich aber gelingen. Es steht für alle Länder einfach zuviel auf dem Spiel. Es ist heute notwendig zu betonen, dass nicht Zukunftspessimismus, sondern eine Reaktivierung der Innovationsfähigkeit unserer Gesellschaft in positivem Sinne notwendig ist, um mit den mannigfachen auf uns zukommenden Energieproblemen fertig zu werden.

Adressen der Verfasser

Dr. Heinz Baumberger, stellvertretender Direktor der Motor-Columbus AG, 5401 Baden.

Dr. Willy Bosshardt, Delegierter des Verwaltungsrates der Ruhr- & Saar-Kohle AG, Postfach, 4002 Basel.

Ernst Holzer, Präsident der Erdöl-Vereinigung, Generaldirektor der BP (Schweiz) AG, Kalkbreitestrasse 51, 8023 Zürich.

Pierre Krafft, Präsident des Schweizerischen Nationalkomitees der Welt-Energie-Konferenz, Direktor der Elektrowatt AG, Postfach, 8022 Zürich.

Hanspeter von Schulthess, Präsident des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, VSE, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, Beatenplatz 2, 8023 Zürich.

Dr. Peter Stürzinger, Sekretär des Schweizerischen Nationalkomitees der Welt-Energie-Konferenz, Elektrowatt AG, Postfach, 8022 Zürich.

Dr. Jean Viot, Direktor des Verbandes der Schweizerischen Gasindustrie, Grütlistrasse 44, 8027 Zürich.

1. Einleitung

Pierre Krafft, Präsident des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltenergiekonferenz

«Energie für unsere Welt» hiess das Thema der 11. Weltenergiekonferenz 1980 in München. Damit wollte man die längerfristige Bedeutung der gesicherten Energieversorgung für unsere Welt hervorheben. Vor allem die weltweiten Zusammenhänge zwischen den verfügbaren Energiequellen, den Möglichkeiten der Energieproduktion, der rationelleren und sparsamen Energienutzung, dem Schutze unserer Umwelt und der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung wurden besonders betont. Das Schweizerische Nationalkomitee der Weltenergiekonferenz gibt in den folgenden Beiträgen einen Überblick aus schweizerischer Sicht über die Ergebnisse der 11. Weltenergiekonferenz in München.

Die wichtige Botschaft

Im Jahre 1977 hatte die Weltenergiekonferenz in Istanbul im Anschluss an die erste Erdölkrise die weltweiten Energieperspektiven bis zum Jahre 2020 wie folgt dargestellt¹:

– Der Weltenergieverbrauch wird weiterhin ansteigen, auch wenn alles unternommen wird, um Energie zu sparen. In den Industrieländern sind dafür das weitere Wirtschaftswachstum, in den Entwicklungsländern der grosse Nachholbedarf die Hauptursachen.

– Die Erdölversorgung wird nicht mehr in der Lage sein, den steigenden Bedarf wie bis anhin allein zu decken. Aus wirtschaftlichen und politischen Gründen ist in den achtziger und neunziger Jahren mit einer «Plafonierung» der Ölproduktion zu rechnen.

– Die dabei entstehende Versorgungslücke muss durch Ersatzenergien gedeckt werden. Als Ersatzenergien kommen in Frage: die Kohle, das Erdgas, die Kernenergie und die neuen Energien. Auf keinen dieser Energieträger kann längerfristig verzichtet werden. Das auf uns zukommende Energieproblem kann nur beim Einsatz aller verfügbaren Kräfte gemeistert werden.

Drei Jahre später, in München, zeigte sich recht deutlich, dass diese Botschaft in ihren Grundzügen weiterhin richtig ist. Der Blickwinkel wurde vom technisch Möglichen auf das politisch und wirtschaftlich Machbare erweitert. Die Aussagen sind dadurch differenzierter und komplizierter

¹ Die Ergebnisse der Weltenergiekonferenz in Istanbul 1977 sind zusammengefasst in «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» 69 (1977), Heft 11/12, S. 273–281.

	1976		2020	
	Absoluter Verbrauch in Mld. TOE	Pro-Kopf Verbrauch in TOE	Absoluter Verbrauch in Mld. TOE	Pro-Kopf Verbrauch in TOE
INDUSTRIELÄNDER (inkl. UdSSR und Osteuropa)	5,0	4,5	9,7 *)	6,6
ENTWICKLUNGSLÄNDER (inkl. OPEC-Länder und VR China)	1,7	0,6	10,4 *)	1,5
TOTAL GANZE WELT	6,7		20,1 *)	

*) Entsprechend den durchschnittlichen jährlichen Zuwachsraten von: 1,5 % für die Industrieländer
4,2 % für die Entwicklungsländer
und 2,5 % für die ganze Welt

Tabelle 1. Prognose des weltweiten Energieverbrauchs, Primärenergie in t Erdöläquivalent (TOE).

geworden. Es haben sich neue Schwerpunkte wie die Lage der Entwicklungsländer, die Kohle und die rationellere Energienutzung herauskristallisiert. Es wurde ferner erkannt, dass den steigenden Rohölpreisen bei der Lösung des Energieproblems eine sehr wichtige Rolle zukommt. Es sind aber auch eine Reihe von zusätzlichen, begrenzenden Faktoren auf dem Gebiete der Umwelt-, Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik zum Vorschein gekommen.

An den grundlegenden Aussagen der erwähnten Botschaft jedoch hat sich nichts geändert. Sie behält trotz den zum Teil gewandelten Randbedingungen ihre Gültigkeit.

Der Weltenergiebedarf

Aller Voraussicht nach muss damit gerechnet werden, dass sich der weltweite Primärenergiebedarf bis im Jahre 2020 in absoluten Zahlen gemessen etwa verdreifachen wird. Zu diesen Resultaten kommt die Energieverbrauchsprognose, die für die Industrieländer auf ökonomischen Modellrechnungen und für die Entwicklungsländer auf einer systematischen Umfrage basiert (Tabelle 1).

Vor allem ins Gewicht fällt dabei die bis zum Jahre 2020 erwartete Versechsfachung des Energiebedarfs in den Entwicklungsländern (einschl. ölproduzierende Länder und Volksrepublik China). Damit käme der Energieverbrauch dieser Länder im Jahre 2020 etwa doppelt so hoch zu liegen wie der derzeitige Energieverbrauch aller Industrieländer, und das obwohl der Pro-Kopf-Verbrauch in den Entwicklungsländern im Vergleich zu den Industrieländern noch immer sehr niedrig liegt. Aber auch in den Industrieländern (inkl. UdSSR und Osteuropa) wird noch mit einer Verdoppelung des Primärenergieverbrauchs gerechnet (Tabelle 2).

Bei den Industrieländern lässt sich im Vergleich zu den Jahren der Hochkonjunktur eine starke Abschwächung der Primärenergieverbrauchszunahme feststellen; sie ist in erster Linie durch die kleineren wirtschaftlichen Zuwachsraten bedingt. Der reale Zuwachs des Bruttosozialproduktes wurde für die Industrieländer mit 1,5 bis 3 % im Jahr angenommen. Es zeigt sich aber deutlich, dass dem Wirtschaftswachstum untere Grenzen gesetzt sind, wo eine unzureichende Entwicklung zu Arbeitslosigkeit und zu sozialen und politischen Problemen führt.

Auf die Entwicklungsländer fällt das grösste Bevölkerungswachstum; dort sind auch die grössten Ernährungs- und Beschäftigungsprobleme zu erwarten. Um diesen Ländern eine gewisse Industrialisierung zu ermöglichen, muss ihnen dringend mehr Energie zur Verfügung gestellt werden. Im Durchschnitt wird der Energiegrundbedarf dieser Länder (im wesentlichen für das Kochen von Nahrungsmitteln) noch zu einem Drittel durch die «nichtkommerziellen Energien» wie Dung, Brennholz und Abfälle aller Art gedeckt. Diese Energieträger sind wohl zum Teil erneuerbar, aber ihre übermässige Nutzung durch Millionen von Menschen zeigt bereits Folgen. Dazu gehören die zunehmende Entforstung, Versteppung und Verwüstung grosser Landstriche, wie sie beispielsweise für die Sahelzone charakteristisch sind.

Deckung des Bedarfs?

Vom Erdöl, unserem derzeit wichtigsten Energieträger, kann trotz reichlich vorhandener Vorräte keine weitere Steigerung der Produktion über das heutige Niveau hinaus erwartet werden. Denn die Opec-Länder wollen ihre Vorräte strecken, um länger von ihnen leben zu können. Einer weiteren Produktionssteigerung stehen hier vor allem politische Gründe entgegen.

Tabelle 2.
Prognose des Energieverbrauchs in den Entwicklungsländern, Primärenergie in t Erdöläquivalent (TOE).

	1976		2000		2020	
	Absoluter Verbrauch in Mrd. TOE	Pro-Kopf Verbrauch in TOE	Absoluter Verbrauch in Mrd. TOE	Pro-Kopf Verbrauch in TOE	Absoluter Verbrauch in Mrd. TOE	Pro-Kopf Verbrauch in TOE
LATEINAMERIKA	0,3	1,1	1,1	1,9	2,3	2,4
NAHER UND MITTLERER OSTEN (inkl. ölproduzierende Länder)	0,1	0,9	0,5	2,1	1,1	3,1
AFRIKA	0,2	0,4	0,5	0,5	0,9	0,7
MITTELOST, SÜDOST-ASIEN (inkl. Indien, ohne VR China)	0,5	0,4	1,1	0,8	2,1	1,1
ASIEN, STAATSHANDELSLÄNDER (inkl. VR China)	0,6	0,6	2,1	1,6	4,0	2,5
TOTAL ENTWICKLUNGSLÄNDER	1,7 ^{*)}		5,3 ^{*)}		10,4 ^{*)}	

*) DAVON ERDOELPRODUKTE; 1976: 0,4 Mrd. TOE, 2000: 1,85 Mrd. TOE, 2020: 3,3 Mrd. TOE

Für die *Industrieländer* gibt es deshalb nur folgende Möglichkeiten:

- Vermehrte Entwicklung der einheimischen Energieträger (vor allem des Erdöls aus Nicht-Opec-Ländern, der Kohle, des Erdgases und der Kernenergie);
- rationellere Energienutzung, um den gleichen Nutzeffekt mit weniger Energieeinsatz zu erzielen;
- Entwicklung von neuen Energieträgern, um die erschöpfbaren Energieträger auf lange Sicht abzulösen.

Alle diese Möglichkeiten sind mit vermehrtem Einsatz von Kapital und Know-how verbunden, von Produktionsfaktoren also, über die in erster Linie die Industrieländer verfügen. Die Anstrengungen zur Entwicklung dieser Alternativen zum Opec-Öl müssen deshalb von den Industrieländern her kommen, denn nur sie verfügen über die dafür notwendigen Mittel. Dabei werden die Schwerpunkte je nach Grösse der eigenen Energierohstoffe und je nach Wirtschaftsstruktur von Land zu Land etwas verschieden sein.

In den *Entwicklungsländern* wird der Anteil der «nichtkommerziellen Energien» an der Energieversorgung bis im Jahre 2020 voraussichtlich auf 10% absinken und in vermehrter Masse durch «kommerzielle Energien» (fossile Energieträger, Wasserkraft und neue Energien) ersetzt werden müssen. Es wird damit gerechnet, dass in den Entwicklungsländern vor allem der Erdölverbrauch zunehmen wird. Aufgrund der Prognosen dürfte er von heute 0,4 Mrd. t bis im Jahre 2000 auf 1,85 Mrd. t und bis im Jahre 2020 auf 3,3 Mrd. t ansteigen. Denn dieser Energieträger eignet sich wegen seiner einfachen technischen Handhabbarkeit und seines geringen Infrastruktur- und Kapitalbedarfes besonders gut für die Entwicklungsländer. Damit würde der Erdölverbrauch der Entwicklungsländer im Jahre 2020 etwa auf den gleichen Wert ansteigen wie die gesamte weltweite Erdölproduktion des Jahres 1980. Was das in bezug auf internationale Zahlungsbilanzprobleme und in bezug auf den immer wichtiger werdenden Nord-Süd-Dialog bedeutet, lässt sich wohl noch nicht ermessen. Diese Zahl zeigt mit aller Deutlichkeit die Grösse des in den nächsten 40 Jahren auf uns zukommenden Energie- und Rohstoffproblems.

Vor allem gilt es, mit allen Mitteln zu verhindern, dass weltweit ein *Verteilkampf* zwischen Nord und Süd oder zwischen Ost und West um die Erdölvorräte unserer Erde

ausbricht. Die Entwicklungsländer verfügten im Jahre 1980 über rund 60% der weltweiten Erdölproduktion, stellten 72% der Weltbevölkerung und verbrauchten nur 18% der «kommerziellen Energien» dieser Erde. Da wir auf unserem Planeten in bezug auf die wichtigsten Energievorräte aber alle im gleichen Boot sitzen, könnte es bei einem solchen Verteilkampf weder Sieger noch Besiegte geben.

2. Erdöl

Ernst Holzer

Die Weltenergiekonferenz 1980 hat zur Erfassung der Erdölreserven eine Umfrage unter den Mitgliedsländern, also einschliesslich des Ostblocks, durchgeführt und die Ergebnisse von einem Fachmann kritisch prüfen lassen. Dabei wurden auch andere Studien neueren Datums miteinbezogen.

Erdölreserven

Das Resultat weicht erstaunlich wenig von den im Jahre 1977 in einem Delphi-Verfahren ermittelten Zahlen ab. Die *sicher gewinnbaren Reserven*, also das Erdöl, das in einer bestimmten Region unter den derzeitigen und absehbaren örtlichen ökonomischen Bedingungen mit bekannter und verfügbarer Technologie förderbar ist, betragen zu Beginn des Jahres 1979 rund 89 Mrd. t. Die *zusätzlich gewinnbaren Ressourcen*, also Erdöl von zumindest vorhersehbarem ökonomischem Interesse, belaufen sich auf weitere 212 Mrd. t. Gesamthaft betragen die *gewinnbaren Erdölvorräte der Erde* somit rund 300 Mrd. t und liegen um 60 Mrd. t über den Berechnungen des Jahres 1977 von insgesamt 240 Mrd. t. Allerdings kamen seither noch 20 bis 30 Mrd. t in den Polargegenden und in Meerestiefen von über 200 m dazu, die heute unter die zusätzlich gewinnbaren Ressourcen fallen. Die Preislimite des Jahres 1977, nämlich förderbar bis zu Kosten von 20 \$ pro Fass, gilt heute nicht mehr. Eine Studie, die der Konferenz vorgelegt wurde, weist jedoch nach, dass die Differenz der zusätzlich gewinnbaren Reserven zwischen einer Preislimite von 20 \$ und 45 \$ pro Fass nicht allzu gross ist. Denn mit der Verteuerung des Rohöls sind auch die generellen Lebenshaltungs- und Investitionskosten angestiegen, und die Kosten für die Erschliessung und Förderung des Erd-

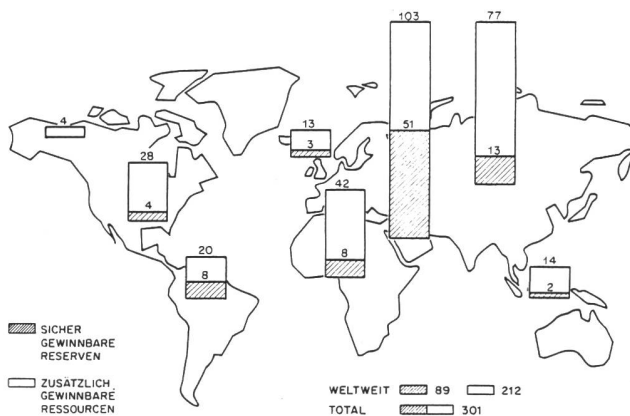


Bild 1. Sicher gewinnbare und zusätzlich gewinnbare Erdölvorräte der Welt, in Mrd. t Erdöläquivalent (TOE).

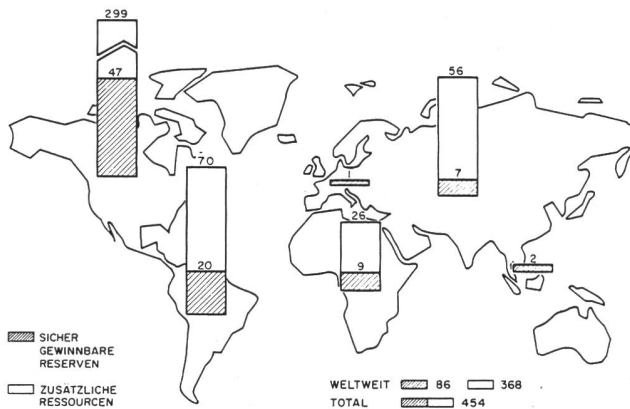


Bild 3. Die Vorräte an Ölschiefern und bituminösen Sanden, in Mrd. t Erdöläquivalent (TOE).

öls (zum Beispiel chemische Beiprodukte, die zur Verbesserung des Entlönungsgrades der Lagerstätten eingesetzt werden) sind der Preissteigerung des Rohöls gefolgt.

Erdölexploration

Die Tatsache, dass die sicher gewinnbaren Reserven seit dem Jahre 1977 praktisch gleich geblieben sind, bedeutet nichts anderes, als dass die laufende Produktion durch die Bereitstellung sicher gewinnbarer Reserven ersetzt werden konnte. Auf der ganzen Welt gibt es ungefähr 600 Sedimentbecken. In 160 von ihnen hat die Exploration zur Entdeckung der heute bekannten Lagerstätten geführt. Weitere 250 Becken sind nur teilweise oder wenig exploriert und ungefähr 200 Becken sind praktisch noch gar nicht erforscht worden. Man schätzt, dass sich letztlich in etwa 60% aller Becken ökonomische Vorkommen finden lassen. Allerdings befindet sich die überwiegende Zahl der bisher noch nicht explorierten Becken in besonders unwirtschaftlichen oder schwer zugänglichen Gebieten, in tiefen Gewässern, arktischen Regionen oder verkehrsfernen Kontinentalgebieten. Flächenmässig liegen von diesen Höffigkeitsgebieten rund 51 Mio km² «Onshore» und 23 Mio km² «Offshore», wobei als «Offshore-Gebiete» der ganze Festlandsockel bis hin zur Begrenzung durch den Kontinental-Abfall bei 150 bis 400 m Wassertiefe erfasst wird.

Wie einseitig sich die Erdölforschung auf bestimmte Gebiete – namentlich auf die USA – beschränkt, zeigt das Verhältnis der bis Ende 1977 abgeteuften Bohrungen; es sind dies in den USA 2,6 Mio Bohrungen und in der restlichen Welt weniger als 0,9 Mio Bohrungen. Auch Ende 1978 waren von den 3578 in Betrieb stehenden Bohranlagen 69% in Nordamerika im Einsatz, 11% in Lateinamerika

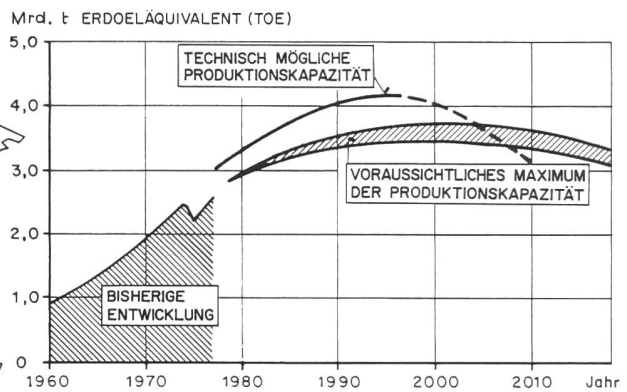


Bild 2. Voraussichtliche Entwicklung der weltweiten Erdölproduktionskapazität, in Mrd. t Erdöläquivalent (TOE).

und nur 5% im Mittleren Osten, obwohl dort die gewinnbaren Reserven am grössten sind.

Sekundär- und Tertiärförderung

Es kann angenommen werden, dass der mittlere Entlönungsgrad von Lagerstätten, der mit den heutigen Primärfördermethoden bei «nur» 25% liegt, mit Methoden der Sekundärförderung auf 40% und in Einzelfällen mit Tertiärmassnahmen bis gegen 50% gesteigert werden kann. Eine Erhöhung des Entlönungsgrades in den heute als gesichert geltenden Feldern um 1% bedeutet eine höhere Ausbeute von 9 Mrd. t. Die Erforschung dieser Technologien, mit denen die Fließfähigkeit des Erdöls im Gestein erhöht werden soll, sei es durch «In-situ»-Verbrennung oder Wasserdampfpluten als Massnahmen für hochviskose Öle oder durch CO₂-Fluten resp. den Einsatz von oberflächenaktiven Chemikalien für Erdöl mit verhältnismässig geringer Viskosität, hat eine deutliche Steigerung erfahren, ohne dass dadurch eine erhebliche Steigerung der Erdölproduktion schon vor Beginn der neunziger Jahre erwartet werden darf.

Produktionskapazität

Mit den zur Verfügung stehenden Fördermethoden wäre es technisch möglich, die weltweite Erdölproduktionskapazität von heute etwas über 3 auf 4,5 Mrd. t zu steigern. Die vergangenen Jahre haben aber deutlich gezeigt, dass nicht die technischen Möglichkeiten, sondern politische Überlegungen und darauf folgende wirtschaftliche Konsequenzen der Produzentenländer die Produktionskapazität bestimmen. Es kann deshalb nicht damit gerechnet werden, dass die weltweite Erdölproduktionskapazitäten über 3 bis 3,5 Mrd. t ansteigen wird. Bei der Begrenzung der Produktionskapazitäten spielt die Politik der Opec-Länder, die über einen bedeutenden Anteil der Produktion verfügen, eine wichtige Rolle. Durch die Tiefhaltung der Erdölproduktion erfahren die gewinnbaren Erdölreserven in bezug auf ihre Lebensdauer eine Streckung, so dass der Höhepunkt der Erdölförderung nicht mehr anfangs der neunziger Jahre, sondern im Bereich der Jahrtausendwende angenommen werden kann.

Nichtkonventionelle Öle

Im Unterschied zum konventionellen Erdöl sind die Angaben über die Vorräte von nichtkonventionellen Ölen sehr viel unpräziser. Das hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass die Forschung erst mit der Verteuerung des Rohöls intensiviert wurde, weil die Förderkosten von unkonvention-

nellen Ölen hoch sind. Die *sicher gewinnbaren oder nachgewiesenen Reserven* an *Ölschiefer* liegen bei rund 46 Mrd. t, diejenigen der *bituminösen Sande* bei 40 Mrd. t. Die zusätzlichen Ressourcen, also Mengen, die aller Voraussicht nach wirtschaftliches Interesse erlangen werden, können für die Ölschiefer mit 292 Mrd. t und für die Ölsande mit 76 Mrd. t angegeben werden, wobei diese Zahlen mit einigen Vorbehalten aufzufassen sind. Die Einordnung in Reserven bzw. Ressourcen ist von Fall zu Fall subjektiv, und häufig war es den Befragten wegen des ungenügenden Lagerstättenaufschlusses überhaupt nicht möglich, eine genaue Kategorisierung vorzunehmen.

Die reichsten Vorkommen von Ölschiefer finden sich in den USA (Colorado, Utah, Wyoming), wo die Mächtigkeit zum Teil 300 m erreicht. Der Ölgehalt kann über 100 l/t Gestein betragen, liegt im Durchschnitt aber tiefer. Nach heutiger Erkenntnis dürfte die Grenze der Abbauwürdigkeit im Bereich von 40 l/t Gestein liegen, wobei dieser Grenzwert mit zunehmender Tiefenlage ansteigt. Sehr gut sind die Ölsande in Alberta (Kanada) bekannt, mit durchschnittlichen Produktionskosten zwischen 15 und 25 \$ pro Fass und einer maximalen Ölfüllung von bis zu 18 Volumenprozenten. Zurzeit werden etwa 8 Mio t Öl pro Jahr aus diesen Sanden gewonnen. Venezuela schätzt seine nachgewiesenen gewinnbaren Reserven aus bituminösen Sanden auf 20 Mrd. t und die zusätzlichen Ressourcen auf 50 Mrd. t. In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre wird auch hier eine Produktionsaufnahme erwartet. Eine bemerkenswerte Schieferölgewinnung mit etwa 37 Mio t ist ferner in der UdSSR zu verzeichnen. Damit würde die Sowjetunion an unkonventionellem Öl ein Fördervolumen von 6% der gesamten Ölproduktion erreichen und weit über dem Weltdurchschnitt liegen, mit Ausnahme von China, wo die Gewinnung aus Ölschiefern in der Mandschurei ebenfalls schon die 10-Mio-t-Grenze überschritten hat.

Die grosstechnischen Förderanlagen, die in den achtziger Jahren in Betrieb kommen werden, erfordern ein enormes Investitionskapital. Zudem ist der Abbau sowohl der Sande wie der Schiefer, soweit er bergmännisch erfolgen muss, nicht nur kapital-, sondern, im Unterschied zum konventionellen Erdöl, auch sehr arbeitsintensiv. In beiden Fällen ist zur Produktion zudem ein um das Zwei- bis Vierfache höherer Wasserbedarf notwendig; es stellen sich also zusätzliche Umweltprobleme. Damit wird aber auch deutlich, dass ein grösserer Beitrag an die Versorgung der Welt mit Ölprodukten von diesen nichtkonventionellen Ölträgern erst gegen Ende der neunziger Jahre erwartet werden darf.

Die gleiche Aussage gilt auch für die übrigen unkonventionellen Erdölprodukte, mit Kohle oder Biomasse als Ausgangsprodukten. Die technischen Verfahren sind hier zum Teil bekannt und erprobt, die kostengünstige Gewinnung des Ausgangsmaterials spielt hier aber eine entscheidende Rolle. Die Kohleverflüssigung ist bei einem Rohölpreis von 25 bis 35 \$ pro Fass konkurrenzfähig, vorausgesetzt die Kohle kann in der Nähe im Tagebau gewonnen werden. Der Preis steigt auf 35 bis 45 \$, sofern die Kohle unter Tage abgebaut werden muss. Die Investitionskosten für eine Kohleverflüssigungsanlage liegen mit 3 Mrd. \$ für eine Produktionskapazität von 50 000 Fass im Tag enorm hoch.

3. Kohle

Dr. Willy Bosshardt

Die Entwicklung der weltweiten Energiesituation in den letzten Jahren hat zu einem verstärkten Rückgriff aller vom Erdölimport abhängigen Staaten auf bisher nur unzureichend genutzte Ersatzenergien geführt. Dabei spielt die verstärkte Nutzung der Kohle, die weltweit den grössten Anteil an den fossilen Energiereserven stellt, eine wichtige Rolle.

Kohlereserven

Die Weltenergiekonferenz hat in ihrer Umfrage die Einteilung der Kohlevorräte verfeinert und erstmals auch einen Versuch unternommen, die vorhandenen Reserven nach Kostenkategorien einzuteilen. Die Kategorie der *sicher gewinnbaren Reserven* von total 693 Mrd. t Steinkohleeinheiten (SKE) umfasst Vorkommen bis 2000 m Tiefe und einer Flözdicke von mehr als 30 cm Mächtigkeit, die unter den gegenwärtigen ökonomischen Bedingungen mit der heutigen Technologie gewonnen werden können (Bild 4). Von den sicher gewinnbaren Vorräten entfallen 488 Mrd. t SKE auf Steinkohle und 205 Mrd. t SKE auf Braunkohle. In die Kategorie der *nachgewiesenen Reserven* von insgesamt 1081 Mrd. t SKE fallen die sicher gewinnbaren Reserven und weitere Reserven, deren Bauwürdigkeit unter den erwarteten örtlichen ökonomischen Bedingungen festgestellt wurde. Die Kategorie der *zusätzlichen Ressourcen* von insgesamt 10 102 Mrd. t SKE umfasst alle weiteren Ressourcen von mindestens voraussichtlichem ökonomischem Interesse. Ein grosser Teil dieser Ressourcen umfasst aber gefolgerte und hypothetische Lagerstätten, deren Abbauwürdigkeit nicht nachgewiesen ist. Das kann aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die gewinnbaren Kohlevorräte unserer Erde ein Mehrfaches aller andern fossilen Energieträger (Erdöl und Erdgas) betragen. Im Vergleich mit diesen sind sie auch viel breiter gestreut und haben den Vorteil, dass bedeutende Vorkommen im direkten Zugriff der Industrieländer liegen, wodurch eine langfristige Versorgungssicherheit gegeben ist.

Die gegenwärtigen Produktionskosten der Kohle besitzen ein sehr breites Streuungsband, je nach Art der Lagerstätte und deren Abbau im Tagebau oder Untertagebau. Die Kosten für die Förderung von Steinkohle liegen in Nordamerika, Südafrika, Indien und Australien überwiegend zwischen 15 und 60 \$/t. In Europa übersteigen die Kosten diese Marge und dürften überwiegend über 60 \$/t liegen. Die Förderkosten von Braunkohle, die fast aus-

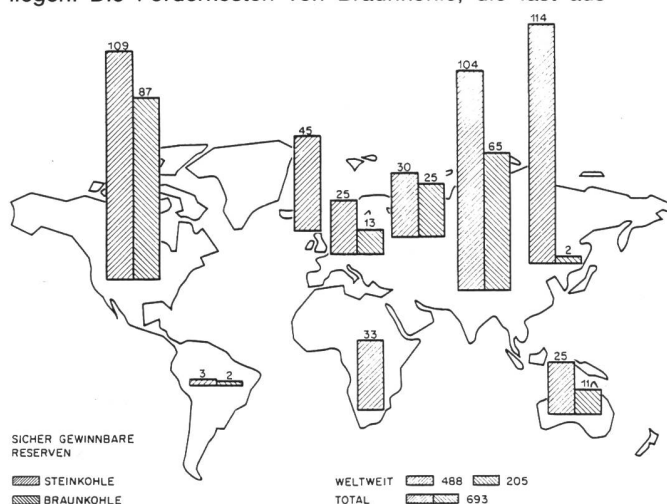


Bild 4. Sicher gewinnbare Kohlereserven der Welt, in Mrd. t Steinkohleeinheiten (SKE).

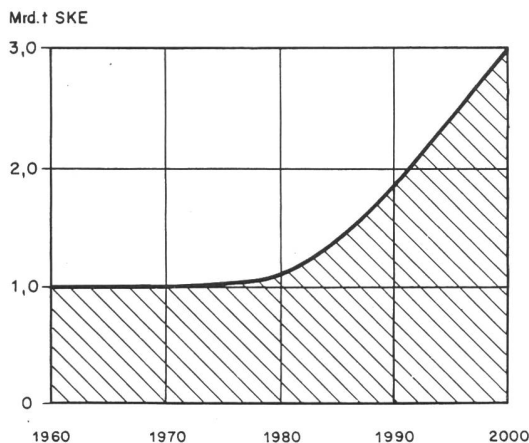


Bild 5. Notwendiger Anstieg der Kohlennachfrage in den OECD-Ländern zur Erfüllung der Ziele gemäss WOCOL-Studie, in Mrd. t Steinkohleeinheiten (SKE).

schliesslich im Tagebau gewonnen wird, übersteigen in den wichtigsten Ländern die 15-\$/t-Grenze nicht.

Um die Möglichkeiten eines gesteigerten Beitrages der Kohle aufzuzeigen und die dafür notwendigen Voraussetzungen abzuklären, haben 80 Experten aus 16 Ländern in intensiver Arbeit eine Untersuchung durchgeführt, die unter dem Titel «World Coal Study» (WOCOL-Studie) veröffentlicht worden ist. Die Resultate dieser Studie lauten:

- Die Kohle, welche gegenwärtig rund 25% des weltweiten Primärenergiebedarfs deckt, kann einen wichtigen Teil des in den 20 nächsten Jahren benötigten zusätzlichen Weltenergiebedarfs decken, sofern sich ihr Verbrauch bis im Jahre 1990 verdoppelt und bis im Jahre 2000 verdreifacht (auf etwa 7 Mrd. t SKE).

- Für die OECD-Länder bedeutet dies eine Erhöhung der Nachfrage nach Kohle von gegenwärtig 1 Mrd. t SKE auf 2 bis 3 Mrd. t SKE, was detailliert eine jährliche Zunahme des Kohleumsatzes in Kraftwerken von 600 auf 1300 bis 1850 Mio t SKE, eine Nachfragesteigerung nach Koks-kohle von 250 auf 330 bis 400 Mio t SKE, einen Anstieg des Industriebedarfs von 90 auf 225 bis 400 Mio/t SKE und eine Ausweitung der für die Kohleveredlung bestimmten Menge von praktisch Null auf 75 bis 335 Mio t SKE bedeutet (Bild 5).

- Die mit dieser Nachfragesteigerung einhergehenden Infrastruktur- und Umweltprobleme können mit bereits existierender Technologie gemeistert werden, ohne dass die Kohle ihren gegenwärtigen Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Erdöl verlieren wird.

Weltkohlenhandel

Eine solche Absatzsteigerung wäre praktisch nicht ohne eine starke Ausweitung des Weltkohlenhandels möglich. Denn gegenwärtig werden lediglich rund 8% oder 190 Mio t SKE im Jahr der weltweit geförderten Kohlen-mengen exportiert. Diese Menge müsste sich bis im Jahre 2000 mindestens verfünffachen, um das Ziel der WOCOL-Studie erreichen zu können. Doch bereits bei der heutigen Nachfragesteigerung zeichnen sich Infrastrukturprobleme ab. Im Kohlenexporthafen Hamptonroads an der amerikanischen Ostküste ergeben sich für die Kohlenschiffe wochenlange Wartezeiten. Es fehlt an Hafen- und Umschlagsanlagen, aber auch die Eisenbahnlinien und die Zahl der Kohlenfrachter müssen in Zukunft stark ausgebaut werden. Dies kann aber nur geschehen, wenn die wichtigsten Kohlenabnehmerländer – vorab Westeuropa und Japan – sich eindeutig zur Steigerung des Kohlenab-satzes bekennen und langfristige Lieferverträge für den Kohlenimport abschliessen. Denn die Kohlenexportländer

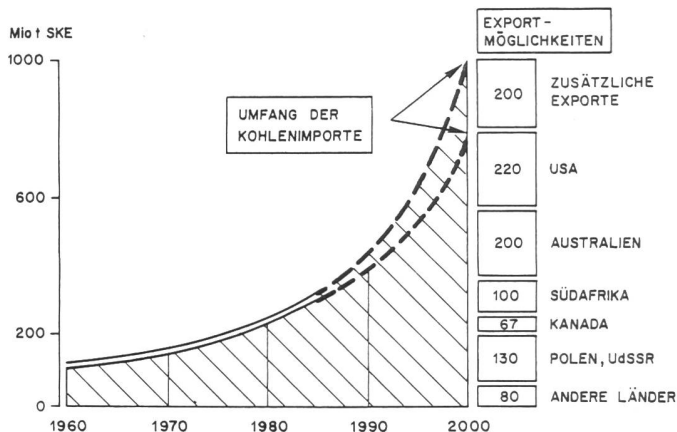


Bild 6. Notwendiger Anstieg des Weltkohlenhandels gemäss WOCOL-Studie, in Mrd. t Steinkohleeinheiten (SKE).

stellen sich mit Recht auf den Standpunkt, dass die Importländer ihr Interesse an der Kohle durch finanzielle Beteiligung am Bergbau, an den Infrastrukturanlagen und an den Massnahmen für den Umweltschutz bekunden müssen (Bild 6).

Umweltschutz

Die sich bei der Kohलगewinnung, dem Kohlentransport und der Kohlenverwendung ergebenden Umweltfragen sind nicht unbedeutend. Sie können aber mit der heutigen und der zukünftigen Technologie gemeistert werden. So ist es beispielsweise in der BRD gelungen, das SO₂-Problem weitgehend zu entschärfen und in den Griff zu bekommen. Schon taucht am Horizont aber das NO_x-Problem auf. Es besteht die Aussicht, auch dieses Problem durch Änderungen in der Feuerungstechnik in den Griff zu bekommen. Die Frage der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bedarf zur weiteren Klärung einer breitangelegten Grundlagenforschung. Die in diesem Zusammenhang abgeleiteten Folgen sind wissenschaftlich nach dem heutigen Kenntnisstand nicht zu belegen, so dass eine Verzögerung der Kohlenutzung nicht gerechtfertigt erscheint. Es muss in diesem Zusammenhang betont werden, dass gerade bei der Kohlenanwendung eine Reihe neuer Technologien in Entwicklung begriffen sind, welche die Umweltfrage weitgehend entschärfen werden.

Anwendungsgebiete

Märkte mit wachsendem Kohlenverbrauch sind in erster Linie die Elektrizitätswirtschaft, aber auch die Stahlerzeugung, der allgemeine Wärmemarkt und die Herstellung von Kohlegas und Kohleöl. Auf dem Gebiet der Wärmeerzeugung dürfte sich, ausser der Fernwärmeversorgung in Ballungszentren, der Zuwachs weniger im Bereich der privaten Haushalte vollziehen, sondern vor allem in der Industrie, insbesondere bei den Grossverbrauchern.

Besonders attraktiv – hauptsächlich wegen des hohen Wirkungsgrades – ist die in Heizkraftwerken realisierte *Kraft-Wärme-Kopplung*, bei der gleichzeitig mit der Stromerzeugung auch Wärme zur Einspeisung in Fernwärmesysteme erzeugt wird. Einen erheblichen Fortschritt im Bereich der Industrie- und Kraftwerksfeuerung stellt das in der Entwicklung befindliche *Wirbelschichtverfahren* dar, das im Vergleich zu herkömmlichen Feuerungssystemen bedeutend umweltfreundlicher ist und auch den Einsatz von hochballasthaltigen Feinkohlen gestattet. Der Kohle eröffnen sich aber auch durch die intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiete der Kohlevergasung und -verflüssigung neue Anwendungsgebiete.

4. Erdgas

Dr. Jean Virost

Verglichen mit der Geschichte der Erdölverwendung werden gasförmige Kohlenwasserstoffe erst kurze Zeit genutzt. Die intensive Nutzung von reinen Erdgasvorkommen ist erst einige Jahrzehnte alt. Sie ist von den verbrauchsnahen Lagerstätten ausgegangen und dehnt sich langsam auf weiter entfernte Vorkommen aus. Noch immer wird ein Teil des bei der Erdölförderung anfallenden assoziierten Gases teilweise überhaupt nicht genutzt, sondern abgefackelt.

Eine wesentliche Ursache für das späte Interesse am hochwertigen Energieträger Erdgas lag zu Beginn in seiner verhältnismässig schwierigen Transportierbarkeit und Lagerfähigkeit. Inzwischen gibt es sowohl für den Transport als auch für die Lagerung technische Lösungen, so dass eine gute Mobilität bei der Erdgasversorgung erreicht werden kann. Grosskalibrige Pipelines sind in Betrieb oder im Bau für den Transport über grosse, teilweise interkontinentale Entfernungen. Zusätzlich wurde die Technik der Erdgasverflüssigung entwickelt, die auch den Seetransport grosser Mengen ermöglicht.

Erdgasreserven

Die *sicher gewinnbaren Erdgasreserven* wurden von der Weltenergiekonferenz neu mit 74 000 Mrd. m³ beziffert. Sie haben damit in den letzten drei Jahren um über 10% zugenommen, und dies trotz einer massiven Produktionszunahme.

Von den sicher gewinnbaren Reserven entfallen 7500 Mrd. m³ oder 10,1% auf Nordamerika, 3900 Mrd. m³ oder 5,3%

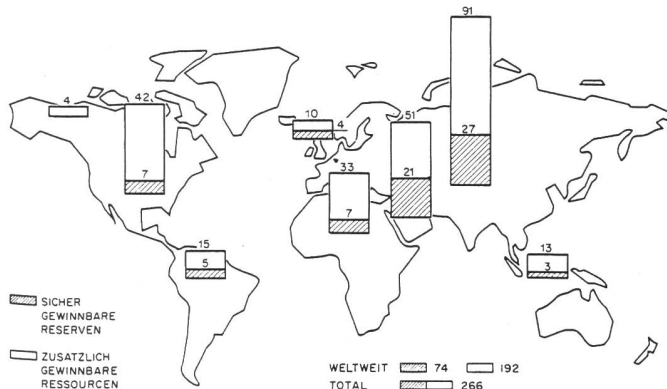


Bild 7. Sicher gewinnbare und zusätzlich gewinnbare Erdgasvorräte der Welt, in 1000 Mrd. m³.

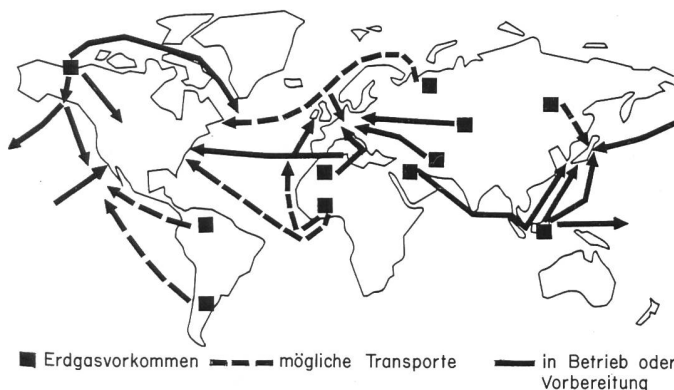


Bild 8. Internationale Gastransporte.

auf Westeuropa, 7300 Mrd. m³ oder 9,9% auf Afrika, 20 500 Mrd. m³ oder 27,6% auf den Mittleren Osten, 26 900 Mrd. m³ oder 36,3% auf Osteuropa, die UdSSR und die Volksrepublik China und 8000 Mrd. m³ oder 10,8% auf Lateinamerika und den Fernen Osten.

Auch die *zusätzlich gewinnbaren Erdgasressourcen* haben in den letzten Jahren zugenommen. Sie betragen nach der neuesten Schätzung jetzt 192 000 Mrd. m³. An der Zunahme dieser Erdgasressourcen sind alle Produktionsgebiete etwa gleich beteiligt; sie ist vor allem auf eine Neubeurteilung der ökonomischen Bedingungen für die Nutzung zurückzuführen. In den letzten 10 Jahren hat sich die Grösse der Erdgasressourcen somit nahezu verdoppelt (Bild 7).

Erdgasproduktion

Das rasche Wachstum der Erdgasproduktion (in den siebziger Jahren weltweit im Durchschnitt 4% im Jahr) wird, zumindest ausserhalb der USA, in den nächsten Jahren anhalten. Im Jahre 1979 betrug die weltweite Erdgasförderung rund 1500 Mrd. m³. Die Weltenergiekonferenz rechnet mit einer Verdoppelung dieser Förderung bis im Jahre 2000. Dank dem günstigen Verhältnis zwischen Reserven und Produktion von etwa 50:1 wird das Erdgas als Energieträger noch weit bis ins nächste Jahrhundert hinein zur Verfügung stehen.

Bei der regionalen Entwicklung der Erdgasförderung seit 1972 ist zunächst die deutlich gegenläufige Tendenz in den beiden wichtigsten Förderregionen – Nordamerika und UdSSR, Osteuropa, Volksrepublik China – zu beobachten. Im gleichen Zeitraum, in dem in Nordamerika die Förderung spürbar zurückgegangen ist, hat sich die Gesamtförderung in den Staatshandelsländern etwa verdoppelt. Es ist zu erwarten, dass noch in den frühen achtziger Jahren die Erdgasförderung der Region UdSSR, Osteuropa, China die von Nordamerika übersteigen wird.

Westeuropas Erdgasförderung erhielt 1977 einen neuen Impuls durch die beginnenden Gaslieferungen aus dem norwegischen Teil der Nordsee. In der Region Fernost/Pazifik ist 1978 eine durchschnittliche Steigerung zu verzeichnen, nachdem auch in Indonesien LNG-Anlagen für den Export nach Japan den Betrieb aufgenommen haben. Auch im Mittleren Osten wird es voraussichtlich in den frühen achtziger Jahren zu einem deutlichen Anstieg der Förderung kommen. Nach Fertigstellung der Grossanlagen zur Erdölgas-Aufbereitung und -Verarbeitung, insbesondere in Saudi-Arabien, werden in der Statistik dann jene Gasvolumen erscheinen, die heute noch abgefackelt oder reinjiziert werden.

Die Begrenzung der Erdgasförderung in der UdSSR liegt heute nicht im Mangel an Ressourcen begründet. Das Westsibirische Becken ist mit über 25 erschlossenen Erdgasfeldern von 100 Mrd. m³ die reservenstärkste Erdgasprovinz des Landes. Hier befindet sich auch das Urengoi-Feld, von dem allein Mitte der achtziger Jahre eine Produktion von jährlich 200 bis 250 Mrd. m³ erwartet werden kann. Solche Förderkapazitäten sind bisher in keinem erschlossenen Vorkommen der Erde erreicht worden.

Erdgastransport

Aus der grossen Nachfrage nach Erdgas einerseits – insbesondere in den grossen Industrienationen Westeuropas, Nordamerikas und in Japan – und der regionalen Verteilung der Erdgasreserven andererseits entwickelte sich ein internationaler und interkontinentaler Erdgashandel, der praktisch 1958 mit ersten Liefermengen per Pipeline aus Kanada in die USA begann (Bild 8).

EXPORTVOLUMEN

IMPORTVOLUMEN

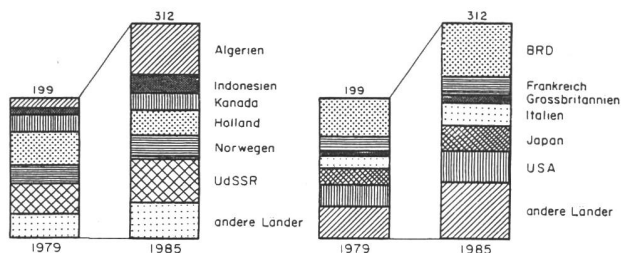


Bild 9. Export- und Importvolumina an Erdgas verschiedener Länder, 1979 und Prognose 1985, in Mrd. m³.

Auf der Seite der Exportländer (Produzentenländer) haben seit 1960 vor allem die Sowjetunion und die Niederlande sowie Kanada, Norwegen, Algerien und Indonesien eine bedeutende Rolle im Erdgashandel übernommen, die sie in den kommenden Jahren teilweise beträchtlich weiter ausbauen werden. Die internationalen Erdgaslieferungen wurden von Beginn an sowohl durch Pipelinetransporte als auch durch Transporte von Erdgas in verflüssigter Form (LNG) per Tanker durchgeführt. Der Pipelinetransport ist in den letzten 15 Jahren dominierender Transportweg im internationalen Erdgasgeschäft geblieben, doch gewinnt der LNG-Transport ständig an Bedeutung. Während im Jahr 1975 erst 9% des internationalen Erdgashandelsvolumens als LNG zwischen Produzenten- und Verbraucherländern transportiert worden sind, waren es im Jahre 1979 bereits 20% und werden es bis im Jahre 1985 voraussichtlich bereits 33% sein.

Internationale Erdgasprojekte unterliegen im Verhältnis zu anderen Projekten des weltweiten Energiehandels speziellen technisch-wirtschaftlichen Gegebenheiten, die darauf beruhen, dass der Transport dieser Energie über sehr kapitalintensive Leitungstransportsysteme bzw. Verflüssigungsanlagen, Anlandeterminals und LNG-Tanker erfolgt. Sie führen zu einer besonders festen Bindung der Vertragspartner im internationalen Erdgasgeschäft. Vor dem Hintergrund der besonderen Bedingungen, denen die Beschaffung von Erdgas auf den internationalen Märkten unterliegt, hat sich unter den im Erdgasimport tätigen Unternehmen auf dem westeuropäischen Kontinent (den Gasindustrien Belgiens, der Bundesrepublik Deutschland, Frankreichs, Italiens, der Niederlande, Österreichs und der Schweiz) eine möglichst breite Zusammenarbeit entwickelt. Sie findet ihren äusseren Ausdruck im europäischen Erdgasverbundnetz. Diese Kooperation erstreckt sich sowohl auf die Erdgasbeschaffung und den gemeinsamen Erdgastransport als auch auf die Zusammenarbeit bei der Erfüllung gaswirtschaftlicher Aufgaben innerhalb der Versorgungsgebiete der beteiligten europäischen Unternehmen (Bild 9).

Synthetisches Erdgas

Die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung der Kohlevergasung schliesst drei grundlegende Verfahren ein, das Festbett-Verfahren (Lurgi-Verfahren), das Wirbelbett-Verfahren (Winkler-Verfahren) und die Vergasung in einer Flugstaubwolke. Vor allem die unter Druck und bei Temperaturen von über 900°C arbeitenden Verfahren weisen gegenüber den unter atmosphärischem Druck betriebenen Anlagen Vorteile auf. Das entstehende Synthesegas ist qualitativ hochwertig, da nahezu keine Nebenprodukte wie Teere und Phenole gebildet werden. Der Wirkungsgrad der Kohleumwandlung liegt in der Grössenordnung von 50 bis 70%. Er kann noch gesteigert werden.

Erdgasanwendung

Erdgas kommt heute grösstenteils als Primärenergie von der Quelle ohne Umwandlung zum Verbraucher und leistet dank dem sich ergebenden hohen Nutzungsgrad einen wichtigen Beitrag an die rationelle Energienutzung. Der Nutzungsgrad bei der Anwendung kann aber noch weiter erhöht werden. So führt beispielsweise die Installation einer Gaswärmepumpe zu weiteren Primärenergieeinsparungen in der Grössenordnung von 50%. Gaswärmepumpen eignen sich insbesondere für Sportzentren sowie für Mehrfamilienhäuser, Verwaltungsgebäude, Gewerbe- und Industriebetriebe. Bedeutende Energieeinsparungen verspricht auch die dezentrale Wärme-Kraft-Kopplung auf der Basis Erdgas. Massnahmen zur Energieeinsparung bei der Erdgasfeuerung ergeben sich ferner durch die Rückgewinnung von Wärme aus Feuerungsabgasen.

Zusammenfassend sei erwähnt, dass Erdgas für die Energieversorgung der Welt bis weit ins nächste Jahrhundert hinein eine bedeutende Rolle spielen wird. Die geographische Verteilung der hierfür hinreichend vorhandenen Erdgasressourcen führt zu der Konsequenz, dass vor allem die grossen Energie- und Erdgasverbrauchsschwerpunkte der Welt – USA, Westeuropa und Japan – ihre Nachfrage zunehmend aus Importen decken werden. Der internationale Handel und Transport von Erdgas wird sich daher weiter ausdehnen.

Die Schweiz hat sich diesem internationalen Handel angeschlossen, um die Versorgung auch in Zukunft sicherstellen zu können. Gleichzeitig mit dieser Internationalisierung des Erdgas Handels gehen die schweizerischen Bemühungen zum Aufbau einer entsprechenden Lagerhaltung weiter.

5. Elektrizität

Hanspeter von Schulthess

Die Elektrizität unterscheidet sich von den anderen Energieträgern hauptsächlich durch ihre universelle Verwendbarkeit. Als sekundärer Energieträger kann sie praktisch aus allen Primärenergiequellen erzeugt werden. In diesem Bericht soll nur von der Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft und aus Kernenergie die Rede sein. Betrachtet man die gegenwärtige weltweite Verteilung der Elektrizitätserzeugung auf die verschiedenen Primärenergien, so lässt sich feststellen, dass gesamthaft die thermische Erzeugung bei weitem überwiegt; bei der thermischen Erzeugung werden die Erdölprodukte aber allmählich durch Kohle und Uran ersetzt, die in Zukunft die Hauptpfeiler der Stromproduktion darstellen werden.

Wasserkraftreserven

Die Industrieländer Westeuropas haben mit wenigen Ausnahmen ihr Wasserkraftpotential grösstenteils ausgeschöpft. Der Ausbaugrad liegt in Westeuropa in der Grössenordnung von 65%. Die letzten noch realisierbaren Projekte stossen auf bedeutenden Widerstand in Umweltschutzbereichen. Die Schweiz stellt in bezug auf die Wasserkraft eine Ausnahme dar; eine inländische Stromproduktion, die zu 70% auf der Wasserkraft basiert, ist in den meisten anderen Industrieländern unbekannt und nicht zu verwirklichen. Ganz anders ist die Situation in anderen Industrieländern und in den Entwicklungsländern. Die von der Weltenergiekonferenz erstellte Übersicht über die Erzeugungsmöglichkeiten an hydraulischer Energie zeigt, dass der Ausbaugrad in Nordamerika 45%, in Südamerika

PRIMÄRENERGIE	ERZEUGUNG in Mrd. kWh	ANTEIL in %
FESTE BRENNSTOFFE	1'748	35,1
ERDOEL	1'064	21,4
ERDGAS	563	11,3
KERNBRENNSTOFFE	552	11,1
WASSERKRAFT UND GEOTHERMIE	1'051	21,1
TOTAL	4'978	100,0

Tabelle 4.
Erzeugung elektrischer
Energie in den
OECD-Ländern, 1978,
in Mrd. kWh.

17%, in Afrika 6%, in Asien (ohne UdSSR) 10%, in der UdSSR 21% und in Ozeanien 20% beträgt. Es ist also noch ein bedeutendes Potential vorhanden, das sich vorwiegend auf Asien, Afrika und Südamerika konzentriert. Die künftige Rolle der hydraulischen Stromerzeugung wird sich also je nach geographischem Gebiet von Land zu Land unterscheiden. Die Grösse einzelner noch zu realisierender Projekte – etwa an den afrikanischen Flüssen oder in den asiatischen Teilen der UdSSR – und die sehr grossen Distanzen zwischen den Produktionszentren und Verbrauchsgebieten bringen allerdings noch viele Probleme, nicht zuletzt auch Energietransportprobleme mit sich (Bild 10).

Kernbrennstoffreserven

Die sicher gewinnbaren Uranreserven sind in den wichtigsten Ländern (ohne Ostblockländer und Volksrepublik China) sehr präzise definiert und in Kostenkategorien eingeteilt und ermittelt worden. Die bis zu Kosten von \$ 130/kg U_3O_8 sicher gewinnbaren Uranreserven betragen demnach 2 590 000 t U_3O_8 (Urankonzentrat). Dazu gibt es zusätzliche Ressourcen, die zu gleichen Kosten gewonnen werden können, von insgesamt 2 560 000 t U_3O_8 . Diese Uranreserven und -ressourcen liegen grösstenteils in den USA, in Kanada, Südafrika, Australien und Westeuropa. Von den Ostblockländern und der Volksrepublik China sind leider keine genauen Zahlen bekannt. Vorsichtige Schätzungen sprechen in der UdSSR und den übrigen Ostblockländern von Uranreserven in der Grössenordnung von 300 000 t. Weitere, nicht überprüfbare Schätzungen nehmen an, dass in diesen Gebieten noch zusätzliche

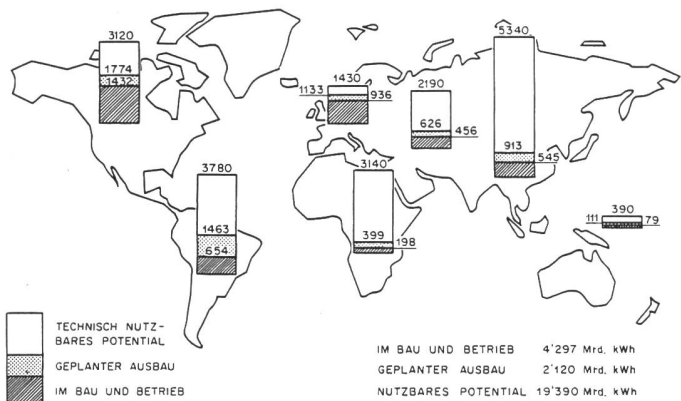


Bild 10. Weltweites Potential der Erzeuger hydraulischer Energie, in Mrd. kWh Jahresproduktion.

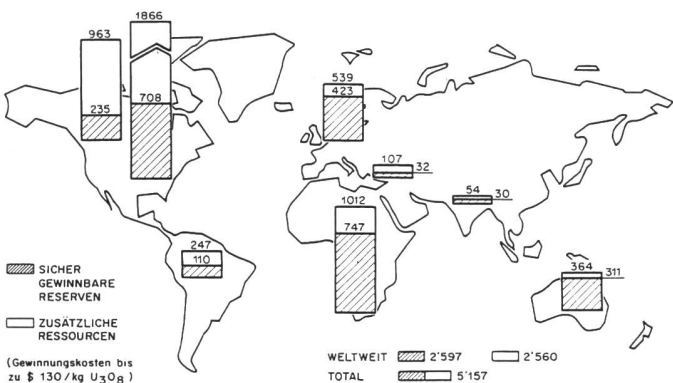


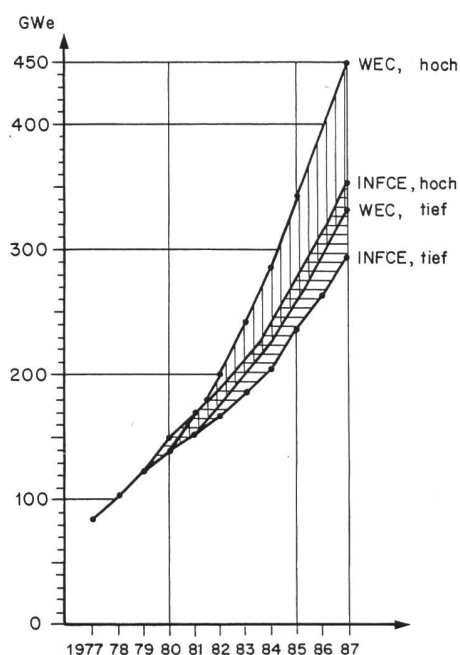
Bild 11. Sicher gewinnbare und zusätzlich gewinnbare Uranvorräte der Welt (ohne Ostblockländer und VR China), in 1000 t.

Ressourcen in der Grössenordnung von 1,5 Mio t vorhanden sind. Die Uranreserven der Volksrepublik China werden gegenwärtig mit 116 000 t veranschlagt (Bild 11). Einen genaueren Indikator der Versorgungssicherheit stellt die jährliche Uranproduktionskapazität dar. Diese wird durch technische, wirtschaftliche und politische Faktoren begrenzt. Die Produktionskapazität betrug (ohne Ostblockländer und Volksrepublik China) im Jahre 1978

In Mia kWh	Afrika	Nordamerika	Lateinamerika	Asien/Ozean.	Westeuropa	Länder mit Planwirtschaft	TOTAL
Konv. thermische Erzeugung	102 69,5%	1805 71,4%	116,5 41,2%	755 82,8%	981 63,6%	1522 84,6%	5281,5 73,3%
Hydr. Erzeugung	45 30,5%	444 17,6%	163 57,8%	118 13,0%	409 26,5%	231 12,8%	1410 19,5%
Nukleare Erzeugung	—	276 10,9%	1,5 0,5%	36 4,0%	150 9,7%	46 2,6%	509,5 7,1%
Geothermische Erzeugung	—	3,5 0,1%	1,0 0,5%	2,0 0,2%	2,5 0,2%	—	9,0 0,1%
Total	147 100%	2528,5 100%	282 100%	911 100%	1542,5 100%	1799 100%	7210 100%

Tabelle 3. Die weltweite Erzeugung elektrischer Energie im Jahre 1977.

Bild 12. Prognosen der Kernenergiekapazität für die OECD-Länder, in GWe.
WEC, Weltenergiekonferenz
INFCE, International Nuclear Fuel Cycle Evaluation.



rund 34 000 t und erreichte im Jahre 1979 ungefähr 39 000 t. Im Jahre 1985 könnte diese Produktion auf voraussichtlich 90 000 t ansteigen und im Jahre 1990 auf 110 000 t. Auf jeden Fall sollte – angesichts der weltweiten Verlangsamung der nuklearen Bauprogramme – die Uranproduktion die Nachfrage bis Ende der neunziger Jahre decken können. Auf längere Sicht wird das Verhältnis von Angebot und Nachfrage bis zu einem gewissen Grade von der Einführung neuer Technologien wie dem Schnellen Brüter oder durch das Recycling von Uran und Plutonium in Leichtwasserreaktoren bestimmt. Ein weiterer Anstieg der Energiepreise würde aber auch die Ausbeutung von Uranvorkommen wirtschaftlich machen, die heute in den Reservezahlen noch nicht enthalten sind.

Kernenergieentwicklung

In den letzten drei Jahren seit 1977 sind weltweit 34 Kernkraftwerke in Betrieb genommen worden mit einer gesamt-haften Leistung von 28,5 GWe, wodurch das Total der installierten Leistung auf 122 GWe angestiegen ist (ohne Ostblockländer). Der Wachstumsrhythmus hat sich allerdings stark verlangsamt, hauptsächlich wegen der wachsenden Opposition eines Teils der öffentlichen Meinung in den USA und in einzelnen westeuropäischen Ländern. Frankreich und die UdSSR treiben ehrgeizige nukleare Bauprogramme voran, in etwas geringerem Masse ist dies auch in Grossbritannien, Japan und Kanada der Fall. Verschiedene Abstimmungsergebnisse weisen darauf hin, dass der Scheitelpunkt der Anti-Atomwelle in den westlichen Industrieländern überschritten sein könnte. Die Weltnuklearkonferenz hat in ihrer Schlussresolution eindeutig festgestellt, dass der Einsatz der Kernenergie unentbehrlich ist, um längerfristig das Energieproblem lösen zu können. Die Kernkraft ist die logische Substitutionsenergie für die industrialisierten Länder. Dadurch sollte es den Entwicklungsländern möglich sein, vermehrt Erdölprodukte einzusetzen. Deren Technologie ist ihnen leichter zugänglich. Diese Forderung ist in München auch von den Vertretern der Entwicklungsländer unterstützt worden (Bild 12).

Brutreaktoren

Die Generation der Leichtwasserreaktoren kann längerfristig durch die Brutreaktoren ergänzt werden. Die entsprechenden Sicherheitsprobleme sind heute beherrschbar, wie dies die ausgezeichneten Betriebsergebnisse des französischen Schnellen Brüters «Phénix» beweisen. Der Bau von Brutreaktoren würde die verfügbaren Brennstoffreserven um einen Faktor 60 vergrössern, wodurch die Kernenergie weitgehend von der Hypothek der Erschöpfbarkeit der Uranreserven entlastet würde.

Die von den USA veranlasste INFCE-Studie (International Nuclear Fuel Cycle Evaluation) hat sich während zweier Jahre mit den allfälligen Problemen in bezug auf die Nonproliferation beschäftigt, die der nukleare Brennstoffzyklus und die Einführung von Brutreaktoren darstellen könnten. Sie kam dabei fast einmütig zur Schlussfolgerung, dass die Risiken in bezug auf Nonproliferation an einem andern Ort liegen und dass der Einsatz von Schnellen Brütern diesbezüglich nicht mehr Risiken in sich birgt als ein Verzicht auf diese Technologie.

Entsorgung

Das wichtigste derzeit noch nicht gelöste Problem der Kernenergie-technik liegt auf dem Gebiet der Entsorgung; diese bildet auch gegenwärtig das Hauptargument der Kernkraftgegner. In verschiedenen Ländern sind For-

schungs- und Versuchsprogramme zur Lösung der mit der sicheren Lagerung der Abfälle zusammenhängenden Fragen im Gange. Die bisherigen Resultate zeigen, dass die technischen Verfahren vorhanden sind, dass aber die notwendigen geologischen Untersuchungen erst begonnen haben und noch einige Zeit in Anspruch nehmen dürften. Die Fachleute sind überzeugt, dass eine oder sogar mehrere Lösungen technisch realisierbar sind. Ihre Verwirklichung kann in den nächsten Jahren in Angriff genommen werden.

Internationaler Elektrizitätsaustausch

Der grenzüberschreitende Austausch elektrischer Energie hat sich zwischen den Staaten Westeuropas seit Jahren im Rahmen der UCPTÉ (Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité) bewährt. An der Weltenergiekonferenz wurde in mehreren Beiträgen von der UdSSR das Angebot gemacht, das europäische Verbundnetz auch auf die Warschauerstaaten auszudehnen. Ihre konkreten Vorschläge betreffen einerseits einen Energieaustausch, wie er sich bereits innerhalb der UCPTÉ abspielt, vor allem aber das Angebot bedeutender Stromlieferungen aus der UdSSR nach Westeuropa. Während die Ausdehnung des Verbundnetzes diskutiert und ihre technischen und finanziellen Aspekte geprüft werden können, würde der Abschluss von Stromlieferkontrakten mit der UdSSR eine erhöhte Abhängigkeit Westeuropas zur Folge haben, und dies auf einem Produktionssektor, in dem Westeuropa bisher eine bemerkenswerte Autonomie bewahren konnte. Die politischen Hypothesen, die sich aus solchen Lieferkontrakten ergäben, sind offensichtlich und brauchen nicht besonders kommentiert zu werden.

Elektrizitätsanwendungen

In vielen Beiträgen, so auch in einem Beitrag der UNIPÉDE (Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique) wurde auf die unbestrittenen Vorzüge der Elektrizität vor allem im Anwendungsbereich hingewiesen. Sie nimmt darum in vielen Ländern im Rahmen der Energieversorgung eine Vorzugsstellung ein. Ihre Vorteile sind: Flexibilität bei der Wahl der Primärenergie, erprobte Transport- und Verteilmöglichkeiten, vielseitige und bequeme Anwendungsmöglichkeiten und geringe Umweltbelastung beim Verbraucher. Die überall eingeleiteten Energiesparmassnahmen werden die Bedeutung der Elektrizität noch erhöhen. Die Elektrizitätserzeugung wird deshalb bei der zukünftigen Energieversorgung eine zunehmend wichtigere Rolle spielen, und ihre massvolle Entwicklung muss daher als eines der wichtigsten Elemente einer kohärenten Energiepolitik angesehen werden.

Umrechnungsfaktoren

1 TOE	= 41,87 · 10 ⁹ J (Joule)
1 tSKE	= 29,31 · 10 ⁹ J
1000 m ³ Erdgas	= 37,68 · 10 ⁹ J
1000 kWh	= 3,60 · 10 ⁹ J
1 t U ₃ O ₈	= 470 · 10 ¹² J
(Leichtwasserreaktoren)	

6. Die «neuen Energien»

Dr. Heinz Baumberger

Obschon den sogenannten «neuen Energien» an der 11. Weltenergiekonferenz von München kein eigenes Kapitel in den Arbeitspapieren und keine Sonderveranstaltungen gewidmet waren, nahmen sie doch eine beachtliche Stellung ein. So wurden über Sonnenenergie, geothermische Energie, Windenergie und Bioenergien insgesamt rund 25 Beiträge publiziert, und im Rahmen der Schätzung der Weltenergieressourcen kommt ihnen eine bedeutend grössere Rolle zu, als es ihr gegenwärtiger Beitrag an die Weltenergieversorgung rechtfertigen würde. In diesem Sachverhalt spiegelt sich deutlich die Grundstimmung der Weltenergiekonferenz wider, wonach es zur Bewältigung des zukünftigen Energieproblems des Einsatzes aller verfügbaren Kräfte und Energien bedarf.

Sonnenenergie

Als die bekannteste und wohl auch vielversprechendste unter den neuen Energien kann die Sonnenenergie gelten. Sie stellt denn auch die am reichsten vorhandene regenerative Energiequelle dar.

Bild 13 zeigt, dass die Sonnenstrahlung insbesondere innerhalb des Gürtels zwischen dem 40. Breitengrad nördlicher und südlicher Breite Werte erreicht, die sie in diesen Regionen als besonders geeignet für die Nutzung erscheinen lassen. Obwohl das theoretische Potential der Sonnenenergie den aktuellen Energieverbrauch der Welt um die Grössenordnung des 10- bis 20tausendfachen übertrifft, stellen sich ihrer Nutzung eine ganze Reihe erheblicher Probleme entgegen. Die Schwierigkeiten der Nutzung einer an sich schon niedrigen Energiedichte werden insbesondere durch die Veränderung der Strahlungsstärke im täglichen und jahreszeitlichen Verlauf noch weiter erhöht.

Zu den am weitesten verbreiteten Verfahren der Sonnenenergiegewinnung gehören die *Flachkollektoren*. Mit ihnen kann insbesondere Wärme im niedrigen Temperaturbereich für Raumheizung und Warmwasser erzeugt werden. Mit *konzentrierenden* Sonnenkollektorsystemen können höhere Temperaturen erreicht werden, und eine besonders hoch entwickelte Form ist der sogenannte Solarturm, mit welchem Sonnenkraftwerke von bis zu 100 MW Leistung betrieben werden können.

Ein weiteres – grundsätzlich anderes – Verfahren der Sonnenenergienutzung besteht in der *direkten Umwandlung* des Sonnenlichtes in Elektrizität. Dieses photovoltaische

Verfahren kommt ohne bewegliche Teile aus und lässt daher einen weitgehend wartungsfreien Langzeitbetrieb erwarten.

Keine Zweifel bestehen darüber, dass die Nutzung der Sonnenenergie im Bereich des sogenannten Sonnengürtels der Erde – in welchem eine grosse Zahl von Entwicklungsländern liegt – über die günstigsten Voraussetzungen verfügt. Innerhalb dieser Gebiete sind es wiederum vor allem die entlegenen Regionen, die für die Sonnenenergie prädestiniert sind; weniger weil dort die Sonnenenergie billiger ist, sondern weil die klassischen Energien dort teuer sind. In unseren gemässigten Zonen steht die Sonnenenergie für Niedertemperaturzwecke im Vordergrund, wobei vor allem auch die indirekte Nutzung der Sonnenenergie in Form von Umgebungswärme im Erdreich, im Wasser und in der Luft den Vorteil einer teilweisen Bewältigung des Speicherproblems bietet.

Gegenwärtig wird an allen Fronten der Sonnenenergie intensiv geforscht. Da und dort vermag sie schon einen gewissen Beitrag zur Energieversorgung zu leisten. Es herrschte aber an der Weltenergiekonferenz eindeutig die Überzeugung vor, dass die Sonnenenergie vor Ende des Jahrhunderts auf globaler Ebene keinen substantiellen Beitrag an die Gesamtenergieversorgung leisten kann. Für einen umfangreicheren Einsatz müssten die übrigen Energien sich noch sehr stark verteuern, was man sich nur um der Sache der Sonnenenergie willen ja auch nicht wünschen kann. Es müsste das Speicherproblem sowohl für Niedertemperatur- wie auch Hochtemperaturanwendungen und Elektrizität gelöst werden, und für die photovoltaische Elektrizitätserzeugung müssten die Kosten noch um einen Faktor von mindestens 10 gesenkt werden können.

Geothermische Energie

Eine weitere Form einer «neuen Energie» mit ebenfalls sehr grossem Potential ist die geothermische Energie. Es ist naheliegend, dass man bisher bei der Erschliessung der geothermischen Energie sich vor allem die geologischen Unregelmässigkeiten der Natur zunutze gemacht hat. Die bisher erschlossenen geothermischen Felder für die Produktion elektrischer Energie beschränken sich auf die aktiven Vulkanzonen der Erde. In Bild 14 ist eine Übersicht über die zurzeit installierten Kapazitäten, verteilt auf die ganze Welt, wiedergegeben. Es sind dies total knapp 2000 MWe. Diese Leistung soll bis im Jahre 1990 etwa verfünffacht werden und dann rund 10 000 MWe erreichen.

Im Niedertemperaturbereich – also der Anwendung für Raumheizung und Warmwasser – sind die geothermischen Anlagen in Ungarn und im Pariser Becken die bekanntesten Beispiele. Global liegt diese genutzte geothermische Energie heute in der Grössenordnung von 7000 MWth. Gute Chancen für die Zukunft rechnet man sich in Europa für das Molasse-Becken – das ist im wesentlichen das schweizerische Mittelland – und das Po-Becken sowie das Oberrheintal aus.

Nicht zu unterschätzen sind aber die ökologischen Nebenwirkungen der geothermischen Energie. An die Erdoberfläche mitgeführte Mineralien, Säuren und Gase können enorme Korrosionsprobleme bei den Wärmetauschern, Belastungen von Oberflächengewässern, Grundwasser und der Atmosphäre mit sich bringen. Bei der Dampfnutzung kann die Nebelbildung zu einer Umweltbeeinträchtigung grossen Stils führen.

Auch bezüglich der geothermischen Energie ist somit festzustellen, dass sie vom Potential her gesehen und wegen ihrer teilweise hochwertigen Energie zwar äusserst zukunftsreich ist, dass aber noch eine Reihe technischer

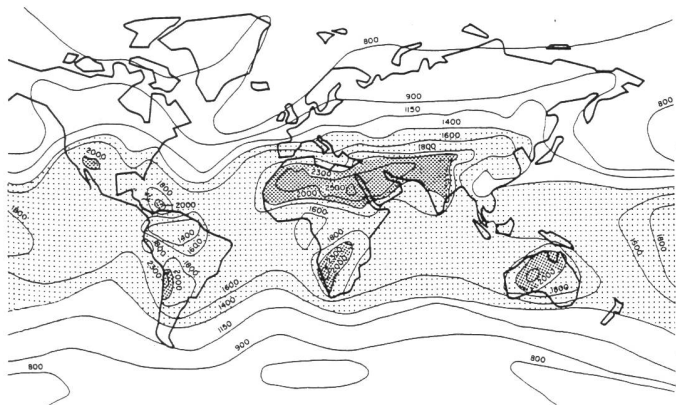


Bild 13. Verteilung der mittleren Sonneneinstrahlung, in kWh/m² und Jahr.

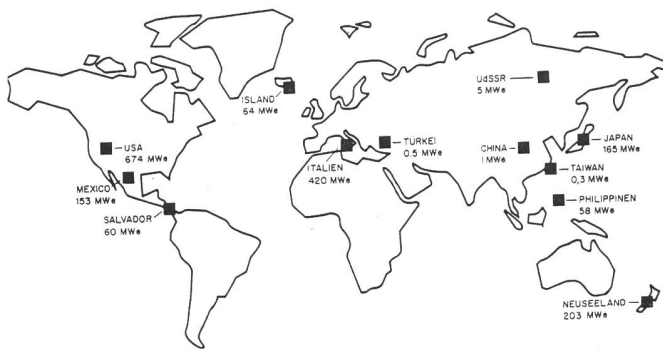


Bild 14. Anwendung geothermischer Energie zur Elektrizitätserzeugung, installierte Leistung in MWe.



Bild 15. Jährlich verfügbare Windenergie, in kWh für eine Windturbine mit 55 m Flügelspannweite.

und ökologischer Fragen befriedigend gelöst werden muss, bis ihr Beitrag Größenordnungen erreicht, die national oder global ins Gewicht fallen.

Windenergie

Die Windenergie ist eine «neue Energie», die auf eine lange und durchaus erfolgreiche Geschichte ihrer Anwendung zurückblicken kann. Windmühlen stellten und stellen in Küsten- und Gebirgsregionen eine mitunter effiziente und wirtschaftliche Energiequelle dar (Bild 15). In drei Beiträgen (Kanada, Dänemark, BRD) wurde der gegenwärtige Entwicklungsstand von Windturbinen-Generatoren beschrieben. Alle Berichte kamen zum Schluss, dass die Entwicklungsarbeiten zu ermutigenden Ergebnissen sowohl über die technische Ausführbarkeit als auch über den wirtschaftlichen Betrieb solcher Anlagen geführt haben. In Dänemark sind beispielsweise Pläne vorhanden, mit Windkraftanlagen rund 10% des Elektrizitätsverbrauchs oder etwa 2% des Gesamtenergiebedarfs zu decken. Dass dazu bis 4000 Windmühlen moderner – nicht unbedingt sehr malerischer – Bauart notwendig sind, darf wohl nicht verschwiegen werden. Es zeigt vielmehr, welche optischen Umweltbeeinträchtigungen damit verbunden sind. Es ist dies ein untrügliches Zeichen dafür, dass die Windenergie nicht für die Lösung umfassender, sondern höchstens lokaler Energieprobleme ins Auge gefasst werden kann.

Bioenergien

Die Bioenergien beruhen auf der Möglichkeit, die Biomasse für energetische Zwecke nutzbar zu machen. Dabei werden unter Biomasse alle Formen von Pflanzenmaterial sowie tierische Rückstände, Abwässer und organische Bestandteile aus städtischen und häuslichen Abfällen verstanden. Zur Nutzung von Bioenergien steht ein breites

Spektrum an Rohstoffen und eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung.

Am Schluss der bioenergetischen Nutzungskette steht meist eine Art von Verbrennung. Bis es soweit ist, muss die Biomasse aber durch verschiedenste Verfahren veredelt werden. Die bescheidenste Form ist etwa die Zerkleinerung und Trocknung von Holz. Höhere Technologien basieren auf Fermentierung, Pyrolyse, Hydrierung und chemischer Reduktion. Bei diesen werden meist Gase, Öle, Alkohole und Kohle sowie Dünger erzeugt.

Das Energiepotential der Biomasse ist an sich gewaltig. So wird auf dem Festland und in den Ozeanen jährlich eine Biomasse erzeugt, die den gegenwärtigen Weltenergieverbrauch um das fast 15fache übersteigt. Schon eine ganz grobe Übersicht über die Verteilung der produzierten Biomasse (Bild 16) zeigt aber, dass die Orte des Verbrauchs nicht mit den Orten der Produktion übereinstimmen. Es sind einmal mehr die Länder des Sonnengürtels, in denen der Löwenanteil anfällt.

Weltweit gesehen spielt die Bioenergie vor allem in den Entwicklungsländern eine recht bedeutende Rolle. Holz und Landwirtschaftsabfälle, die oft als «nicht kommerzielle Energie» (non commercial energy) statistisch erfasst werden, erreichen im Weltdurchschnitt zwar nur etwa einen Anteil von 8%. In Lateinamerika sind es aber 40%, im Fernen Osten (ohne Japan) 50% und in Afrika (ohne Südafrika) gar 68%. Wenn man sich vor Augen hält, mit welchen enormen Zahlungsbilanzproblemen diese Entwicklungsländer wegen den Erdölpreissteigerungen zu kämpfen haben, so muss man der Bioenergie, die zwar mit einigen beachtlichen Inkonvenienzen bei der Handhabung verbunden ist, einen hohen Stellenwert geben. In München wurden etwa Erfahrungen über die Aethanol-Produktion, basierend auf der Verwendung von Zuckerrohr und Cassava, ausgetauscht. Der gewonnene Alkohol wird mit Benzin gemischt, wodurch das sogenannte Gasohol entsteht, das als Treibstoff verwendet wird. Solche Verfahren werden zurzeit in Südafrika und Brasilien angewandt. Es ist kaum zu erwarten, dass es auf dem Gebiet der Bioenergie zu schlagartigen Durchbrüchen kommt. Sie liegt jedoch an der Schwelle der Wirtschaftlichkeit, und mit steigenden Erdölpreisen wird sich ihre Konkurrenzfähigkeit allmählich verbessern.

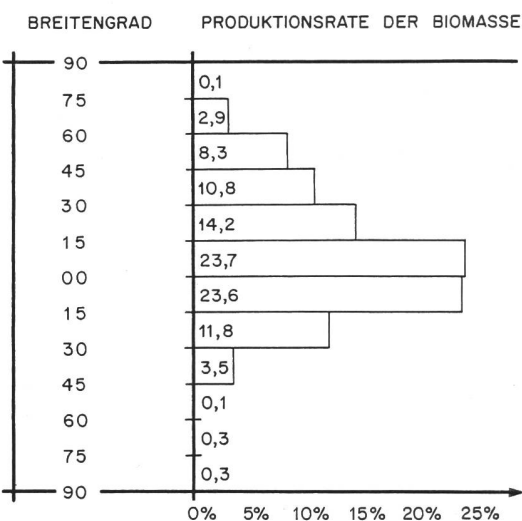


Bild 16. Produktionsrate von Biomasse, bezogen auf den geographischen Breitengrad.

Zusammenfassung

Es fällt leicht, auf einige gemeinsame Merkmale der «neuen Energien» hinzuweisen. So haben wir festgestellt, dass sie alle erneuerbar sind, das heisst, dass sie in irgendeiner Form durch die Sonne oder die Erde laufend neu zur Verfügung gestellt werden. Vom Potential her gesehen vermöchten sie den Energieverbrauch der Menschheit um ein Vielfaches zu decken. Enorme ökologische und wirtschaftliche Probleme sowie das Auseinanderklaffen von Angebot und Nachfrage in örtlicher und zeitlicher Hinsicht führen jedoch dazu, dass ihr Anwendungsbereich beschränkt bleibt.

Ihr Beitrag wird vor allem eher in Entwicklungsländern von Bedeutung sein. Dafür spricht zum Beispiel, dass es sich bei den «neuen Energien» vorwiegend um dezentrale Energien handelt, das heisst, dass sie wenig Transportaufwand benötigen und von Versorgungskrisen wenig betroffen werden. Sodann müssen sie in diesen von Zahlungsschwierigkeiten geplagten Ländern nicht importiert werden. Insbesondere steigen ihre Chancen in entlegenen Gebieten, wo die klassischen Energien wegen Transport- und Verteilkosten sehr teuer werden. Sie haben auch dort eine besondere Chance, wo zum Beispiel die menschliche Arbeitskraft billig ist, was wiederum für die Entwicklungsländer zutrifft, oder wo besonders günstige natürliche Gegebenheiten vorliegen hinsichtlich Geologie, Sonnenscheindauer und -intensitäten sowie Windverhältnissen.

Ein gewisses Handicap der «neuen Energien» mag auch darin liegen, dass sie vorwiegend niederwertig sind. Die Erzeugung hochwertiger Energien wie Elektrizität und Treibstoffe erfordert meist eine sehr aufwendige Technik, so dass sie bezüglich der Wirtschaftlichkeit deshalb schneller auf Schwierigkeiten stossen.

Es liegt im Interesse einer Entschärfung der Weltenergieversorgung, dass die Chancen der «neuen Energien» insbesondere in den Entwicklungsländern erkannt und genutzt werden. Beim heutigen Stand der Technik und bei den heutigen Entwicklungstendenzen ist hingegen – von lokalen Ausnahmen abgesehen – bis zur Jahrhundertwende kaum ein substantieller Beitrag von sagen wir der Grössenordnung von 5 bis 10% zu erwarten. Die Besorgnisse um die Energieversorgung der Welt einerseits und die längerfristigen Aussichten der «neuen Energien» andererseits rechtfertigen es indessen, mit Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen auf diesem Gebiet fortzufahren, ja sie zu verstärken.

7. Rationellere Energienutzung

Dr. Peter Stürzinger

Was bedeutet in diesem Zusammenhang nun rationellere Energienutzung? Verglichen mit den herkömmlichen und neuen Energieträgern weist die rationellere Energienutzung eine Reihe von bemerkenswerten Eigenschaften auf. Sie ist von Natur aus

- umweltfreundlich (weil sie den Energiebedarf reduziert),
- sicher (abgesehen vielleicht von gewissen Isolationsmaterialien, die feuergefährlich sind) und
- einheimisch (weil sie uns die Möglichkeit gibt, importierte Energieträger durch inländisches Wissen und Können und durch örtliche Arbeitskräfte zu ersetzen).

Aufgrund dieser Qualitäten müsste der rationellere Energienutzung eigentlich ein gleicher Stellenwert wie den bereits erwähnten Ersatzenergien zukommen.

Definition

Von der Definition her lassen sich zwei Arten des *Energiesparens* unterscheiden:

- Der auf Freiwilligkeit beruhende oder durch Vorschriften erzwungene Konsumverzicht (bei dem es z. B. darum geht, die Raumtemperatur auf ein tieferes Niveau einzustellen oder das Auto am Sonntag in der Garage zu lassen)
- und die rationellere Energienutzung, bei der es in erster Linie darum geht, den gleichen Nutzeffekt wie vorher mit geringerem Energieeinsatz zu erzielen (z. B. durch die Verwendung von Maschinen und Geräten mit höherem Wirkungsgrad).

Auf die Dauer dürfte die Methode des Konsumverzichts nicht sehr populär sein, vor allem wenn einmal die eigentliche Verschwendung abgebaut ist, das heisst wenn es ans «Lebendige» geht; dem vermehrten Einsatz von Know-how, Kapital und Technologie zur besseren Umwandlung der Primärenergie bis auf die Stufe Nutzenergie dagegen sollte auf längere Sicht gesehen weniger Widerstand erwachsen.

Wirtschaftlichkeit

Dies um so mehr, als sich die Wirtschaftlichkeit der wichtigsten Massnahmen für die rationellere Energienutzung bei den heutigen Erdölpreisen (Stand 1. 1. 1980) wesentlich verbessert hat. Auf Bild 17 sind als Beispiel dafür die Jahreskosten¹ wichtiger Energiesparmassnahmen, wie die Wärmerückgewinnung und Wärmedämmung und andere, im Vergleich zu einer Bandbreite von Energiepreisen beim Endverbraucher eingetragen. Obwohl die Kapitalinvestitionen bezogen auf die Energieeinheit beim Energiesparen noch höher sind als bei der Energieproduktion, kann festgestellt werden, dass bei einer Abschreibung und Verzinsung über die volle wirtschaftliche Lebensdauer der grösste Teil der aufgeführten Massnahmen wirtschaftlich sind. Im Vergleich zur Energieproduktion entfallen die Transport- und Verteilkosten, dafür muss mit höheren Wartungs- und Betriebskosten gerechnet werden.

Hindernisse

Warum denn – so werden Sie fragen – hat sich angesichts dieser günstigen Begleitumstände die rationellere Energienutzung nicht seit langem durchgesetzt? Warum ist sie in den westlichen Industrieländern noch immer nicht über einen ersten Achtungserfolg hinausgekommen?

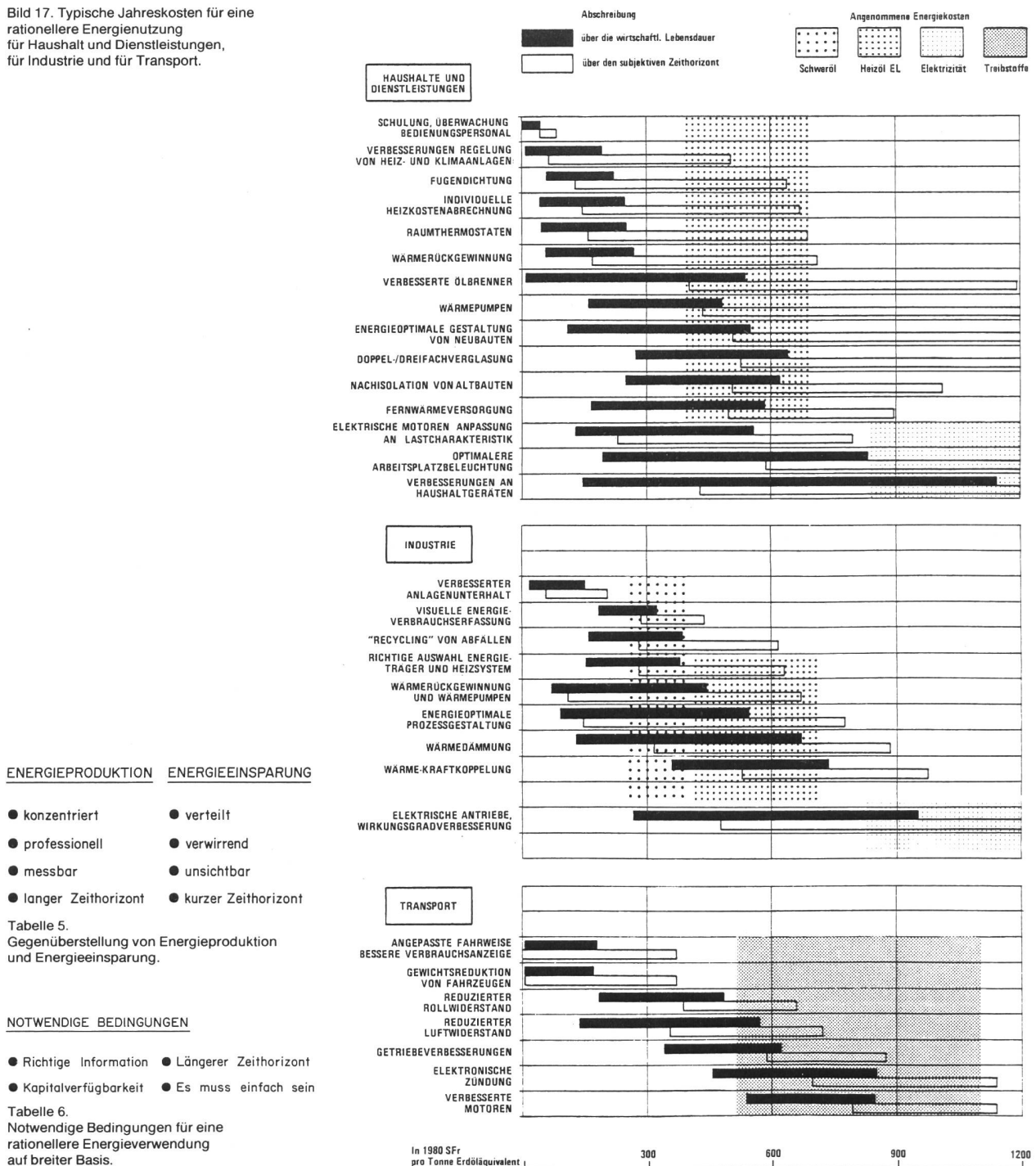
Es gibt dafür bekannte Erklärungen wie beispielsweise die bereits bestehende Infrastruktur (es lohnt sich im allgemeinen nicht, diese wegen der Energieeinsparung allein zu ersetzen), die Rohölpreiserhöhungen, die sich erst im Jahre 1979 auf die Endverbraucherpreise ausgewirkt haben, die menschliche Trägheit (wie Sie wissen, ist nichts zu unternehmen bekanntlich noch immer das Einfachste, was man tun kann), der notwendige Zeitbedarf für neue technische Entwicklungen und institutionelle Schwierigkeiten aller Art (ich denke da zum Beispiel an das Verhältnis Hauseigentümer/Mieter bei der Heizkostenabrechnung).

Noch augenfälliger werden die Schwierigkeiten aber, wenn man die rationellere Energienutzung der Energieproduktion gegenüberstellt:

- Die Energieproduktion ist *konzentriert*, wichtige Entscheide werden auf *professioneller* Basis von gut informierten Fachleuten getroffen; die Energienutzung dagegen ist *verteilt*, sie hat es mit einer Vielzahl von Verbrau-

¹ Annahme: Abschreibung mit der Annuitätenmethode über die wirtschaftliche Lebensdauer bei einem jährlichen Zinssatz von 5%.

Bild 17. Typische Jahreskosten für eine rationellere Energienutzung für Haushalt und Dienstleistungen, für Industrie und für Transport.



chern zu tun, die mehr oder weniger gut im Bilde sind. Die Informationsflut von widersprüchlichen Empfehlungen und neuen Erfindungen wirkt sich auf die Verbraucher zum Teil *verwirrend* aus.

– Das produzierte Erdöl, die Kohle, das Erdgas und die Elektrizität können auf der Erzeugerseite präzise *gemessen* und in Franken verrechnet werden; eingesparte Energie dagegen ist schwer zu messen, sie ist per definitionem *«unsichtbar»*, mit ihr kann nicht gehandelt werden.

– Die Energiewirtschaft hat sich daran gewöhnt, in *langen Zeithorizonten* zu denken, für sie gehört die langfristige Kapitalbeschaffung und Abschreibung gewissermaßen zum Alltag; der Energieverbraucher sieht für seine Kapital-

investitionen einen *kürzeren Zeithorizont* und andere, vielleicht attraktivere Prioritäten als gerade das Energiesparen; entschliesst er sich aber schliesslich zu einer entsprechenden Mehrausgabe, so will er kurzfristige Erfolge sehen.

Aus den bisherigen Ausführungen könnte eigentlich der Schluss gezogen werden, dass es sich bei der rationelleren Energienutzung um ein schwieriges Unterfangen handelt, bei dem es nicht in erster Linie um technische und wirtschaftliche Probleme, sondern um Probleme des menschlichen Verhaltens geht. Dies mag zum Teil richtig sein, doch so schwierig zu lösen sind diese Probleme nun auch wieder nicht.

Notwendige Bedingungen

Betrachten wir zusammen einmal die notwendigen Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, um der rationelleren Energienutzung auf breiterer Basis zum Durchbruch zu verhelfen:

Richtige Information

Die grosse Mehrheit der Bevölkerung hat offenbar begriffen, dass es ein Energieproblem gibt und dass die Energiepreise in Zukunft noch weiter ansteigen werden. Aber zwischen dem Verstehen und dem Handeln fehlt noch irgend etwas. Es fehlt die Signalwirkung, die den bedächtigen Zeitungsleser aus seiner Stube aufschreckt und zur Reaktivierung seiner Initiative veranlasst. Wir haben solche Signalwirkungen erlebt. Es macht den Anschein – und die Energieverbrauchsstatistiken beweisen es –, dass die Preisaufschläge des Jahres 1979 diese Wirkung hatten und dass wenigstens im Sektor Heizöl extraleicht die Preise jene Schwelle erreicht haben, deren Überschreiten für die Auslösung konkreter Handlungen notwendig ist.

Kapitalverfügbarkeit

In Westeuropa haben viele Banken und andere Kreditinstitute die Zeichen der Zeit verstanden, und sie stellen langfristige Kredite zu günstigen Bedingungen für die Finanzierung von Energiesparmassnahmen zur Verfügung. Wir sind in unserem Lande damit keine Ausnahmeerscheinung. Aber auch Steuererleichterungen können eine wichtige Rolle spielen. Und sei es nur, um dem Privatmann einmal mehr die Genugtuung zu verschaffen, in der Steuererklärung einen weiteren Betrag abzuziehen.

Längerer Zeithorizont

Die Kapitalrückflusszeit oder der sogenannte «subjektive» Zeithorizont, den viele Verbraucher (auch in der Industrie) für die Amortisierung und Verzinsung von Energiesparmassnahmen zugestehen, liegt in der Regel unter fünf Jahren und ist in diesem Falle viel zu kurz. Eine Kapitalrückflusszeit von fünf Jahren entspricht einem «Return on investment» von 15 bis 20%, einer Rendite, die angesichts des geringen Risikofaktors, der mit einer Energiesparinvestition verbunden ist, eigentlich viel zu hoch ist. Wir sollten deshalb den Mut aufbringen, den subjektiven Zeithorizont etwas zu verlängern und der effektiven Lebensdauer der Sparmassnahmen anzupassen.

Es muss einfach sein

Betrachten wir zum Schluss noch den «idealen» Einfamilienhausbesitzer, der a) über das Energieproblem orientiert ist, b) weiss, was er tun will, c) Kapital zur Verfügung hat oder es ausleihen kann, d) davon überzeugt ist, dass eine Energiesparinvestition auf die Dauer wirtschaftlich und sinnvoll ist, so kann e) von ihm nicht noch erwartet werden, dass er bereit ist, in seiner Freizeit im Keller herumzubasteln und die notwendigen Anpassungen seines Heizungssystems selber vorzunehmen. Die Ausführung dieser Arbeiten muss ihm einfach gemacht werden. Er muss sie an bewährte und professionell arbeitende Handwerker abtreten können. Und gerade hier liegen die entscheidenden Möglichkeiten, der rationelleren Energienutzung auf breiter Basis zum Durchbruch zu verhelfen. Die Installationsbetriebe und -firmen müssen mit dieser Technologie vertraut gemacht werden. Unsere Industrie muss Produkte schaffen, die auf die rationellere Nutzung und Verwendung der Energie ausgerichtet sind. Für die Anbieter von Maschinen und Geräten, aber auch für Dienstleistungsbetriebe eröffnet sich hier ein Absatzmarkt, der

auch schon als die eigentliche Wachstumsindustrie der achtziger Jahre bezeichnet worden ist. Das ist der Weg, den die Wirtschaft der westlichen Industrieländer zur rationelleren Energienutzung beschreiten muss.

Zusammenfassung

Eine Vielzahl von Massnahmen der rationelleren Energienutzung sind bei den heutigen Energiepreisen wirtschaftlich geworden. Trotz einer Reihe von Nachteilen, die diesen Massnahmen im Vergleich zur Energieproduktion anhaften, dürfte dem sinnvollereren Energieeinsatz kurz- und mittelfristig Erfolg beschieden sein. Dabei dürfen wir auch hier nicht aus den Augen verlieren, dass es auf die Dauer so etwas wie eine Kurve des abnehmenden Ertrages bei fortschreitender Ausschöpfung der Möglichkeiten gibt.

8. Schlussfolgerungen

Pierre Krafft

Wie soll man diese Fülle von Informationen werten, was soll das Fazit sein?

Zunächst einmal die Frage: Gehen unsere Energieressourcen in den nächsten 20 bis 40 Jahren zur Neige? Diese Frage kann, so glaube ich, aufgrund des Gehörten mit einem klaren Nein beantwortet werden. Die sicher gewinnbaren Reserven an fossilen Energieträgern (Erdöl, Ölschiefer, Teersande, Erdgas, Kohle) betragen allein schon 730 Mrd. t Erdöleinheiten. Der heutige Weltenergieverbrauch liegt vergleichsweise bei etwa 6,7 Mrd. t Erdöleinheiten. Die bekannten fossilen Energiereserven haben in den letzten drei Jahren sogar noch zugenommen. Berücksichtigt man dazu noch die Wasserkraft, die Kernbrennstoffe (mit der möglichen Weiterentwicklung der Kerntechnik) und die neuen Energien, so ist das Raumschiff Erde langfristig reichlich mit Energierohstoffen versorgt. Wir brauchen uns deshalb auf lange Sicht keine Sorgen zu machen.

Die nächsten 20 bis 40 Jahre

Von grösserer Bedeutung als langfristige Überlegungen ist offenbar die Frage, wie wir die nächsten 20 bis 40 Jahre überleben werden. Wie wir die notwendige Energie zu einem «geordneten Rückzug aus dem Opec-Öl» bereitstellen können (wie das Prof. Knizia aus der Bundesrepublik ausgedrückt hat). Auch darauf hat – im Prinzip wenigstens – die Weltenergiekonferenz in ihrem *Schlusscommuniqué* eine Antwort gegeben:

– Die Produktion von *Kohle* mit ihren grossen Reserven soll massiv gesteigert werden (allerdings gibt es hier grosse Infrastrukturprobleme, Fragen der langfristigen Abnahmegarantien und der Umwelteinflüsse, die noch gelöst werden müssen).

– Die Nutzung der *Kernenergie* soll, vor allem in den Industrieländern, weiter ausgebaut und verstärkt werden; es gibt dafür genügend Kernbrennstoffe, bis neue technische Entwicklungen den Uranbedarf verringern (aber auch hier gibt es schwierige Fragen in bezug auf die «Akzeptanz in weiten Kreisen der Bevölkerung», die Abfallagerung, und in bezug auf die Nonproliferation zu lösen und weiter abzuklären).

– Die *Erdölsubstitution* soll vorangetrieben und gefördert werden; wichtige Substitute sind die Kohlevergasung und -verflüssigung, die Ölschiefer und die Teersande (die notwendigen Technologien sind zwar im wesentlichen be-

kennt, doch braucht es noch weitere Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen; die Kosten dieser Technologien sind enorm hoch).

– Die *neuen Energien* (Sonne, Geothermik, Wind und Bioenergie) sollen in vermehrter Masse eingesetzt werden (doch auch hier befinden wir uns noch mitten in der technischen Entwicklung, und die Kosten sind noch bis zu einem Faktor 10 zu hoch).

– Die *rationellere Energienutzung*, die heute als eine der wichtigsten Energiequellen bezeichnet werden kann, soll auf einer viel breiteren Basis Verwendung finden (aber auch hier gibt es noch Probleme zu lösen, die vor allem auf der schwer zu erfassenden Natur dieser Energiequelle beruhen).

Dazu gibt es viele weitere Fragenkomplexe und Probleme, wie Finanzierungs- und Zahlungsbilanzschwierigkeiten (die dafür geschaffenen Institutionen sind am Rande ihrer Möglichkeiten angelangt), lange Vorlaufzeiten, immer schärfer werdende Umweltschutzansprüche, institutionelle Schwierigkeiten und nicht zuletzt eine Politisierung, die die Lösung auch nicht einfacher macht.

Sie werden es mir deshalb verzeihen, wenn ich bezüglich Verbrauchsprognosen, aber auch bezüglich der in den vorstehenden Beiträgen genannten Möglichkeiten der verschiedenen Energieträger und Energiequellen ein bisschen skeptisch bin. Ich habe den Eindruck, dass sie – wie das übrigens bei Prognosen meist der Fall ist – sowohl auf der Verbrauchsseite wie auf der Angebotsseite etwas hoch ausgefallen sind, dass die Realität mit ihren vielfältigen Schwierigkeiten und Problemen möglicherweise etwas bescheidener ausfallen wird.

Zeitbedarf

Da ist zunächst einmal der Zeitbedarf, der für die Entwicklung und Marktdurchdringung neuer Energietechnologien notwendig ist. Die Vorlaufzeiten sind im Energiebereich besonders lang. Die Prospektion nach neuen Energieresourcen, ihre Erschließung und Entwicklung, der Aufbau der dazugehörigen Infrastruktur sowohl bei der Produktion wie auch beim Transport und bei der Umwandlung und Verteilung bis zum Endverbraucher sind sehr kapitalintensiv und brauchen Zeit. Die Entdeckung und Erschließung einer neuen Kohle- oder Uranmine, die Realisierung eines neuen Kohlehafens, der Bau eines Kraftwerkes sind alles Aufgaben, die ein Jahrzehnt, manchmal etwas weniger, aber meistens etwas mehr Zeit in Anspruch nehmen. Wenn auch noch der Zeitbedarf für die Forschung und Entwicklung dazukommt, wie das bei neuen Technologien der Fall ist, so können daraus Jahrzehnte werden. Wir haben im Energiebereich zwar genügend Ressourcen, aber nicht unbedingt genügend Zeit. Erschwerend ist zudem, dass wir unsere Umstellung in einer Zeit vorzunehmen haben, in welcher der Energiebedarf vor allem in den Entwicklungsländern sehr schnell wächst.

Umweltschutz

Eine weitere Schwierigkeit stellen die in vielen Fällen divergierenden Ziele des Umweltschutzes und der Energieversorgung dar. Der Umweltschutz wurde lange vernachlässigt oder gar ignoriert, was zu einer besonderen Sensibilisierung der Öffentlichkeit in den Industrieländern geführt hat. Wer kennt sie nicht, die Bilder von «Umweltkatastrophen», die uns das Fernsehen und die Presse täglich nach Hause liefern. Das Resultat sind Vorschriften und Einschränkungen, welche die Realisierung eines jeden Energieprojektes verzögern, verteuern und in vielen Fällen verunmöglichen. Denken wir nur zum Beispiel an die

Transalaska-Pipeline, an die Emissionsvorschriften für Kohlekraftwerke, die in einzelnen Fällen einen sinnvollen Betrieb praktisch verunmöglichen, oder an das sehr akute Problem: Soll man Blei im Benzin oder einen höheren Benzinverbrauch in Kauf nehmen? Diese Beispiele zeigen, dass es einen Zielkonflikt zwischen Umweltschutz und Energieversorgung geben kann. Er wird uns auch bei der zurzeit völlig verzerrten Diskussion über die Gefahren des Betriebes und der Entsorgung bei Kernkraftwerken täglich vor Augen geführt. Ich stelle mir deshalb die Frage, ob es auf die Dauer gelingen wird, auf einer rationalen Ebene einen annehmbaren Kompromiss zwischen den Forderungen des Umweltschutzes und einer gesicherten Energieversorgung zu finden. Ohne eine solche Lösung der Verunsicherung, die den berechtigten Anliegen eines angemessenen Umweltschutzes Rechnung tragen muss, scheint mir die Lösung des Energieproblems nicht möglich zu sein.

Zahlungsbilanzprobleme

Auch noch nicht gelöst sind die durch die Erdölpreiserhöhungen verursachten Zahlungsbilanzprobleme. Es wurde berechnet, dass das Zahlungsbilanzdefizit der OECD-Länder im Jahre 1979 auf 36 Mrd. \$ angewachsen ist; im Jahre 1980 wird es vermutlich noch höher sein. Das Zahlungsbilanzdefizit der nichterdöllexportierenden Entwicklungsländer betrug im selben Jahr rund 40 Mrd. \$, während der Überschuss der Opec-Länder auf 68 Mrd. \$ angewachsen ist. Dieser Kapitaltransfer bewirkt in den Industrieländern Rezessionserscheinungen, während die Verschuldung der ärmsten Entwicklungsländer immer weiter voranschreitet. Viele Opec-Länder können diese hohen Erträge gar nicht in ihrem Land investieren; sie suchen nach wertbeständigen Anlagemöglichkeiten.

Wie schwer es für die von Erdölimporten abhängigen Entwicklungsländer ist, ihre Ölrechnungen zu bezahlen, zeigt das Beispiel Costa Rica. Das Land konnte im Jahre 1972 ein Fass Rohöl aus dem Erlös von 26 kg Bananen oder knapp 1½ kg Kaffee bezahlen; heute muss es nahezu das Achtfache, nämlich 200 kg Bananen oder 11 kg Kaffee verkaufen, um für den Erlös ein Fass Erdöl zu bekommen.

Wie können diese Länder ihre Energieressourcen erschliessen, wenn sie das nötige Kapital dafür nicht besitzen? Es wird wohl in erster Linie von den Industrieländern kommen müssen. Aber auch die Opec-Länder werden einen Teil ihrer Ertragsüberschüsse für die nichterdöllexportierenden Entwicklungsländer aufwenden müssen. Es wird gegenwärtig nach Möglichkeiten gesucht, ein solches *Dreiergespräch* in Gang zu bringen: zwischen den Industrieländern mit ihrer Technologie und ihrem Kapital, den Opec-Ländern mit ihren Zahlungsbilanzüberschüssen und den ärmsten Entwicklungsländern, die ausser ihrer grossen Bevölkerungszahl und einem grossen Entwicklungspotential wenig an Substanz beizubringen haben. Auch von diesem Gesichtspunkt her scheint es notwendig zu sein, Umstellungen in der Energieversorgung vorzunehmen. Es dürfte auf die Dauer sonst ohne Konflikte nicht mehr weitergehen.

Keine Resignation

Trotz aller Schwierigkeiten muss diese Umstellung im Energiebereich auf die Dauer deshalb gelingen können. Es steht für alle einfach zu viel auf dem Spiel. Es gilt, bewusst zu machen, dass nicht Zukunftspessimismus, sondern eine Reaktivierung der Innovationsfähigkeit unserer Gesellschaft notwendig ist, um mit den mannigfachen Problemen fertig zu werden. Wir dürfen nicht resignieren; es geht jetzt ums Handeln.