

Globale Energieperspektiven

ARNULF GRÜBLER, LAXENBURG (A)

Einleitung

Dieser Beitrag ist eine Kurzfassung einer Studie über langfristige Energieperspektiven, die in Zusammenarbeit zwischen dem Internationalen Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA) und dem Weltenergieerat (World Energy Council, WEC, London) durchgeführt wird. Der erste Studienbericht «Globale Energieperspektiven bis 2050 und darüber hinaus» [1] wurde anlässlich des 16. Weltenergiekongresses 1995 in Tokio präsentiert. Die Endfassung der Studie wird anlässlich des 17. Weltenergiekongresses 1998 in Houston, Texas, veröffentlicht [18].

Die Studie beruht auf der Formulierung alternativer Szenarien, die mit Hilfe eines integrierten Systems von Energie- und Umweltmodellen näher untersucht wurden. Im Sinne der Studie sind Szenarien keine Prognosen zukünftiger Entwicklung, sondern lediglich in sich konsistente Abbildungen möglicher Entwicklungspfade, die sich aus einer Reihe von Szenarienannahmen mit Hilfe von Modellrechnungen ergeben. Eine notwendigerweise subjektive Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit verschiedener Szenarien war nicht Gegenstand der Studie. Die erstellten Szenarien beabsichtigen, eine grosse Bandbreite unterschiedlicher Entwicklungen zu untersuchen. Daraus sollen Schlussfolgerungen über – trotz aller Verschiedenheit – robuste Trends einerseits sowie über langfristige Auswirkungen kurz- bis mittelfristiger Entscheidungen der Energiepolitik andererseits ermöglicht werden.

Die Fälle/Szenarien

Es wurden drei alternative Fälle langfristiger Wirtschafts- und Energieentwicklung untersucht. Die Fälle wurden mit A (hohes Wachstum), B (Mittelkurs) und C (ökologisch ausgerichtet) bezeichnet.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wesentlichsten qualitativen und quan-

titativen Merkmale der drei Fälle. Die drei Fälle, und die aus ihnen abgeleiteten sechs Szenarien, unterscheiden sich durch folgende drei Hauptmerkmale:

- 1) Wirtschaftswachstum,
- 2) technischer Fortschritt und
- 3) Ausmass der internationalen Zusammenarbeit, u. a. im Bereich der Umweltpolitik.

Die konsistente Gestaltung der Szenarioannahmen ist ein wesentliches Merkmal der Studie. So sind zum Beispiel in Szenarien mit hohem Wirtschaftswachstum *ceteris paribus* auch die Rate des technischen Fortschritts und (durch schnelleren Umschlag des Kapitalstocks) auch die Verbesserung der Energieintensitäten höher als in Fällen mit niedrigerem Wirtschaftswachstum.

Es wurde jedoch ersichtlich, dass es notwendig war, über die Formulierung der drei Fälle hinauszugehen, und so wurden diese zu insgesamt sechs Szenarien alternativer Energieversorgung erweitert. Drei Varianten von Fall A (Szenarien A1, A2 und A3), eine von Fall B und zwei Varianten von Fall C (Szenarien C1 und C2) wurden entwickelt.

Die wesentlichen Elemente der Studie

Diese Zusammenfassung kann nicht alle Details der gesamten Studie [1, 18] wiedergeben, doch sollen hier fünf ihrer wesentlichen Elemente angeführt werden: Bevölkerungsaussichten; Wirtschaftswachstum; Energieintensität; technologischer Fortschritt und Ressourcenverfügbarkeit. Primär- und Endenergie, Infrastrukturbedarf sowie finanzielle und ökologische Auswirkungen der Szenarien sollen hier ebenfalls kurz vorgestellt werden.

Bevölkerungsaussichten

Die Weltbevölkerung wächst gemäss den mittleren Prognosen der Weltbank [3], der Vereinten Nationen und des IIASA bis zu rund zehn Milliarden Men-

schen im Jahr 2050 an und stabilisiert sich zu Ende des 21. Jahrhunderts. Der wesentliche Anteil des Bevölkerungswachstums wird in den heutigen Entwicklungsländern, dem sogenannten «Süden», erfolgen. Es wurde nur ein (mittleres) demographisches Szenario zu Grunde gelegt, um nicht vom wesentlichen, energiebezogenen Inhalt der Studie abzulenken.

Die *Urbanisierung* wird rascher vor sich gehen als das *Bevölkerungswachstum* insgesamt [4, 5], wobei die meisten der grössten Städte der Welt im Süden liegen. In der Regel haben städtische Bevölkerungen einen relativ hohen Pro-Kopf-Energieverbrauch (als Folge ihres höheren Einkommens). Gleichzeitig werden ökologische Beschränkungen speziell in den Ballungsgebieten der «Megastädte» der Entwicklungsländer weit über ein bisher bekanntes Ausmass ansteigen. Im ökologisch ausgerichteten Fall C wird angenommen, dass die Urbanisierung etwas langsamer fortschreitet als in den anderen zwei Fällen.

Wirtschaftswachstum und Energieintensität

Allen Szenarien unterliegt die normative Grundannahme, dass die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung fortschreitet, besonders im «Süden». Eine Grundhypothese der Szenarien, die sich aus ihrem langfristigen Zeithorizont ergibt, ist, dass die gegenwärtige Unterscheidung zwischen «Entwicklungs-» und «entwickelten» Ländern angesichts der Verbreitung wirtschaftlichen Wohlstandes während des nächsten Jahrhunderts zunehmend nicht mehr angebracht sein dürfte.

Abbildung 1 veranschaulicht dieses Grundmerkmal der Szenarien in einer etwas ungewohnten Darstellungsweise. Die Grössen einzelner Regionen, die in der Studie untersucht wurden, sind proportional zu ihrem Bruttosozialprodukt (BSP, zu offiziellen Wechselkursen) im Jahr 1990, dem Basisjahr der Studie, dargestellt. Die gegenwärtigen Un-

	Case		
	A Hohes Wachstum	B Mittelkurs	C Ökologisch ausgerichtet
Weltbevölkerung (10 ⁹)			
2050	10,1	10,1	10,1
2100	11,7	11,7	11,7
Welt-BSP (10 ¹² \$)			
2050	100	75	75
2100	300	200	220
Energieintensitätsverbesserung (%/Jahr)			
Welt (1990–2050)	mittel –1,0	gering –0,7	hoch –1,4
Welt (1990–2100)	–1,0	–0,8	–1,5
Primärenergiebedarf (Gtoe)			
2050	25	20	14
2100	45	35	21
Ressourcenverfügbarkeit			
Fossile	hoch	mittel	gering
Nichtfossile	hoch	mittel	hoch
Technologiekosten			
Fossile	gering	mittel	hoch
Nichtfossile	gering	mittel	gering
Technologiedynamik			
Fossile	hoch	mittel	mittel
Nichtfossile	hoch	mittel	hoch
Emissionsbeschränkungen für CO ₂	nein	nein	ja
Kohlenstoffemissionen (GtC, netto)			
2050	9–15	10	5
2100	6–20	12	2
Umweltsteuern	nein	nein	ja
Anzahl der Szenarien	3	1	2

Tab. 1 Übersicht über die 3 Fälle in den Jahren 2050 und 2100

gleichgewichte in der wirtschaftlichen Entwicklung werden so deutlich sichtbar. Die Wirtschaftslandkarte der Welt in den Jahren 1990, 2050 und 2100, die in *Abbildung 1* dargestellt wird, entspricht den Projektionen des Falles B, der für die Entwicklungsländer die vorsichtigsten Annahmen betreffend ihren wirtschaftlichen Aufholprozess annimmt. Nichtsdestoweniger reduzieren sich die gegenwärtigen Unterschiede zwischen «Arm» und «Reich». Nicht nur werden durch wirtschaftliche Entwicklung einzelne Regionen langfri-

stig auf der Wirtschaftslandkarte größer, sondern auch Disparitäten werden kleiner. Die Wirtschaftslandkarte des 21. Jahrhunderts beginnt sich der geographischen Karte anzugleichen. Dieser Aufholprozess des «Südens» geht im Fall A durch generell höhere Wachstumsraten und im Fall C als Ergebnis einer angenommenen verstärkten wirtschaftlichen und ökologischen Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern schneller vor sich als im Fall B, der in *Abbildung 1* dargestellt ist.

Die *Energieintensität* ist ein aggregierter Messwert, der den Energieverbrauch zur Wirtschaftsaktivität in Beziehung setzt. *Abbildung 2* illustriert die historischen Veränderungen der Primärenergieintensität für den gesamten Energieverbrauch (durchgehende Linien) und für ausschliesslich kommerzielle Energie (strichlierte Linien). Für Entwicklungs- und Reformländer werden beide Massstäbe zur Bewertung der Wirtschaftsleistung (BSP zu offiziellen Wechselkursen und zu Kaufkraftparitäten) angegeben.

Es wird in der Studie angenommen, dass die aggregierten Energieintensitäten im allgemeinen im Laufe der Zeit eine Verbesserung erfahren. Jedoch wird der Auswirkung der Substitution traditioneller Energieträger durch kommerzielle Energieformen und Technologien Rechnung getragen. Die *Verbesserungsraten* für die globale Energieintensität (Gesamtenergieverbrauch pro Einheit des BSP zu offiziellen Wechselkursen) sind 1,0% pro Jahr für das hohe Wachstumsszenario Fall A, 0,8% pro Jahr für den Mittelkurs Fall B und 1,4% pro Jahr für den ökologisch ausgerichteten Fall C. Verbesserungsraten sind in der Regel mit den Wirtschaftswachstumsraten gekoppelt, d. h. je schneller das Wachstum einer Volkswirtschaft, je rascher der wirtschaftliche Strukturwandel und der Umschlag des Kapitalstocks, desto schneller verbessert sich *ceteris paribus* die Energieintensität.

Technologischer Fortschritt

Die Studie [1, 18] widmet – unter Bezugnahme auf die 1600 Technologien umfassende Technologiedatenbank des IIASA – der Diskussion der Dynamik technologischer Veränderungen sowie der Technologieausbreitung (Diffusion) breiteren Raum. Technologischer Fortschritt ist (neben Strukturwandel) ein wesentlicher Faktor für Verbesserungen der Energieintensität. Ebenso bedeutsam ist sein Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Kosten der Energiebereitstellung sowie der *Verfügbarkeit* von Ressourcen.

In den Szenarien wird angenommen, dass sich die technische Entwicklung je nach Höhe der Anreize, nach Zielrichtung der Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen, Ausmass energiepolitischer und ökologischer Zielrichtungen sowie Ausmass der Anwendungen in (graduell expandierenden) Ni-

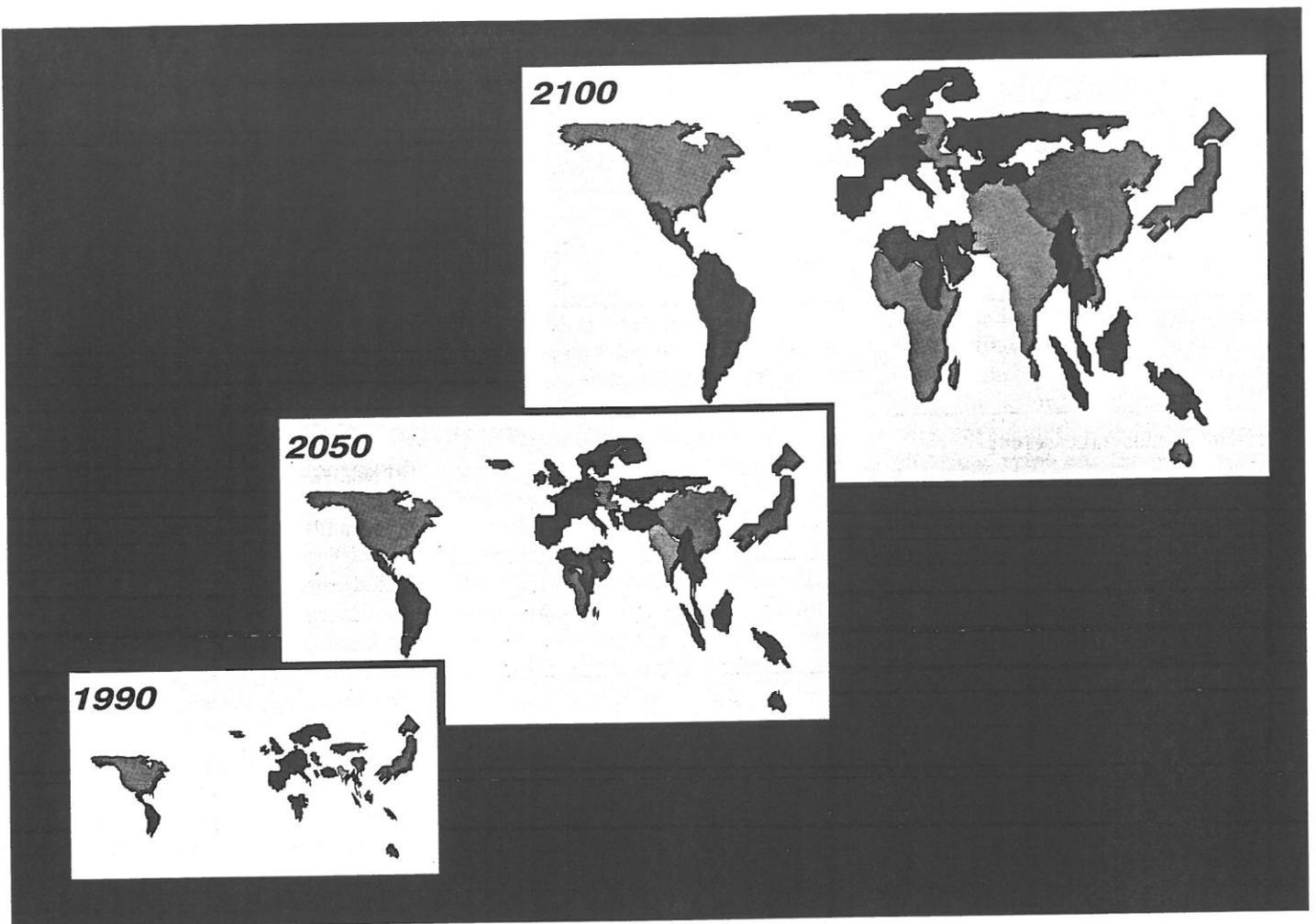


Abb.1 «Wirtschaftslandkarte» der Welt 1990, 2050, 2100 für Fall B. Größen einzelner Weltregionen sind proportional zu ihrem BSP (zu offiziellen Wechselkursen) im Jahre 1990. Quelle: [1].

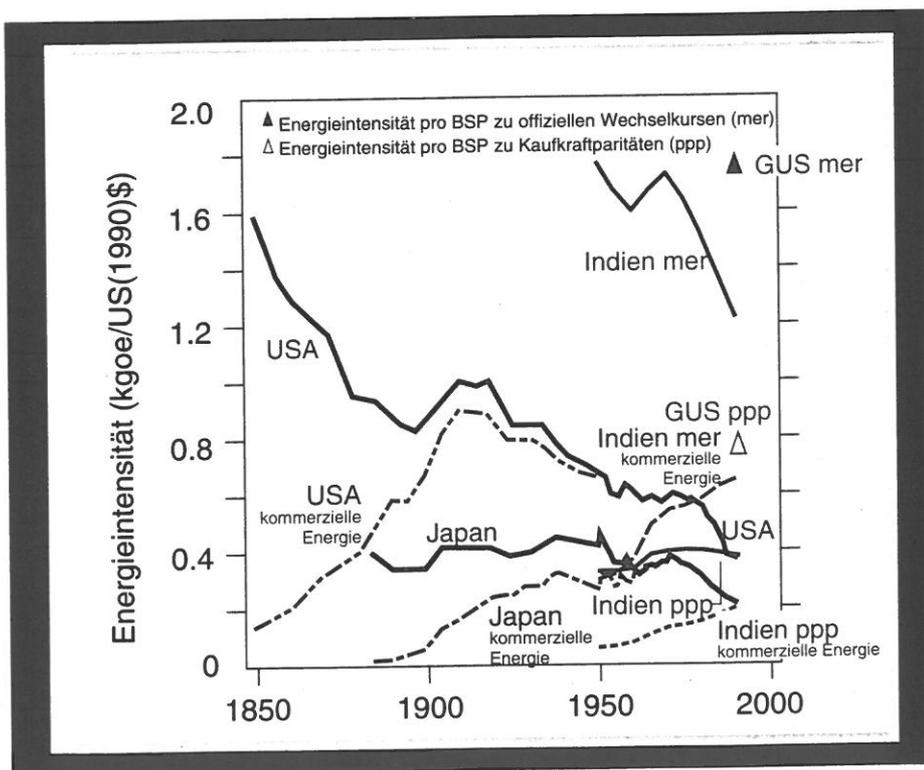


Abb.2 Primärenergieintensität für ausgewählte Länder, gesamte und kommerzielle (strichliert) Energie in Kilogramm Erdöleinheiten (kgoe) pro US\$(1990) für das BSP zu offiziellen Wechselkursen (mer) und das BSP zu Kaufkraftparitäten (ppp). Quellen: [6, 7, 8, 9, 10].

schenmärkten dynamisch entwickelt. Dieses Modell der Technologieentwicklung fand in der vorliegenden Studie Anwendung. Verbesserungs- bzw. Technologien, die von diesen profitieren, sind szenarioabhängig.

Im Fall A (hohes Wachstum) wird ein grundlegender Fortschritt bei allen neuen Energiegewinnungs-, Umwandlungs- und Endverbrauchstechnologien angenommen: bei der Aufsuchung und Gewinnung von Kohlenwasserstoffen; bei der nuklearen Elektrizitätserzeugung; bei erneuerbaren Energien sowie bei den Umwandlungstechnologien beim Endenergieverbrauch.

Im Fall B (Mittelkurs) ist der Fortschritt nicht so massiv wie im Fall A; er konzentriert sich hauptsächlich auf graduelle Verbesserungen bereits etablierter Technologien.

Im Fall C (ökologisch ausgerichtet) führen energie- und umweltpolitische Massnahmen zu einem forcierten Übergang in Richtung nichtfossiler Energieversorgung sowie zu hoher Effizienz der Endverbrauchstechnologien. Technolo-

gien in diesen Bereichen weisen ähnliche Verbesserungsdaten wie im Fall A auf. Die Technologieentwicklung auf anderen Energiesektoren geht hingegen langsamer vor sich, wie z. B. in Fall B.

Die Ressourcenbasis der Energiesysteme

Die Verfügbarkeit der Ressourcen an fossilen Brennstoffen und Uran ist je nach Fall und Szenario unterschiedlich. Sie erstreckt sich von optimistischen Annahmen im Fall A (Szenario A1 und A3) über vorsichtige Annahmen (Szenario A2 und Fall B) bis hin zum konservativen Fall C. *Abbildung 3* gibt eine Übersicht über den kumulativen Ressourcenverbrauch bis zum Jahr 2050 der Szenarien. In keinem der Szenarien wird die zukünftige Verfügbarkeit exotischer Vorkommen (wie etwa von Methanhydraten) unterstellt, doch werden die (enormen) geologischen Vorkommen dieser Mengen in der Studie näher diskutiert.

Aus Sicht der Szenarien sind fossile Brennstoffressourcen sicherlich für mehr als 100 Jahre ausreichend, und zwar auch im höchsten Wachstumsszenario von Fall A, was aber nicht bedeutet, dass eine zeitweilige oder strukturelle Energieverknappung ausgeschlossen ist. Es bestehen wahrscheinlich andere Beschränkungen als die der Geologie für die Verwendung unbegrenzt grosser Mengen fossiler Energie: nämlich technische, finanzielle und langfristig vor allem umweltpolitische Beschränkungen.

Gemeinsam ist allen sechs Szenarien, dass der Höhepunkt des fossilen Zeitalters (gemessen am Anteil der Primärenergieversorgung) überschritten ist. Dennoch deuten die Szenarien auch darauf hin, dass die Welt zum gegenwärtigen Zeitpunkt vielleicht erst ein Drittel des Zeitalters des Erdöls hinter sich hat und möglicherweise erst ein Fünftel des Zeitalters des Erdgases. Von allen fossilen Ressourcen hat *Erdgas* das grösste Wachstumspotential sowohl auf Grund seiner hohen Verfügbarkeit als auch auf Grund seiner Umweltverträglichkeit. Indes erfordert die Realisierung dieses Wachstumspotentials vor allem Investitionen in Infrastruktur, die in den Hauptwachstumsmärkten (v. a. in Asien) noch völlig ungenügend entwickelt ist. Demgegenüber ist die Bandbreite der Zukunftsaussichten von *Kohle* extrem breit: von Stagnation bis zu hohem Wachstum im Falle, dass ungenügende

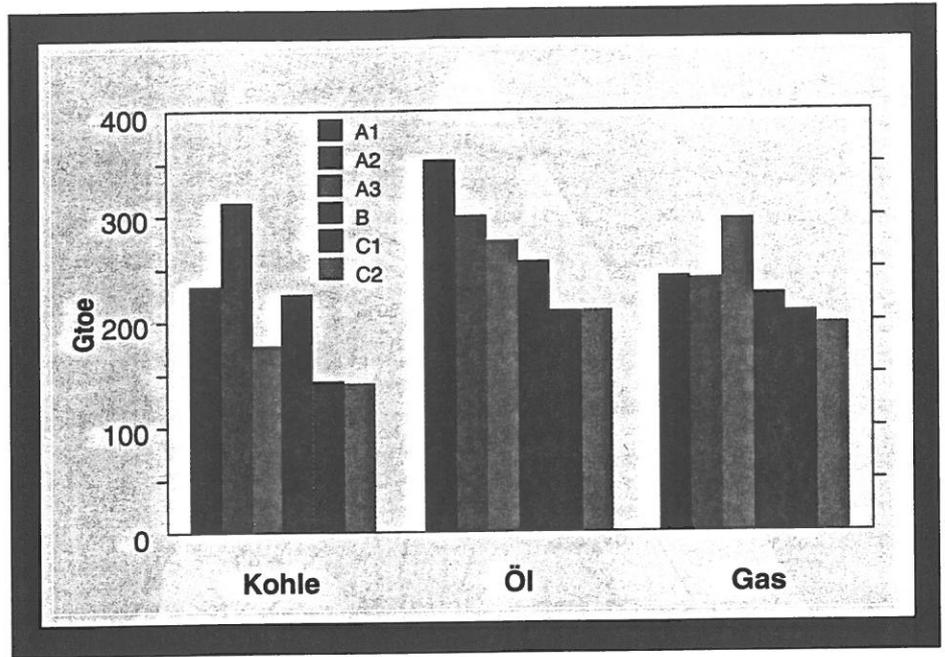


Abb. 3 Kumulativer fossiler Ressourcenbedarf der Szenarien, 1990–2050, in Gigatonnen Erdöl-einheiten (Gtoe). Quelle: [1].

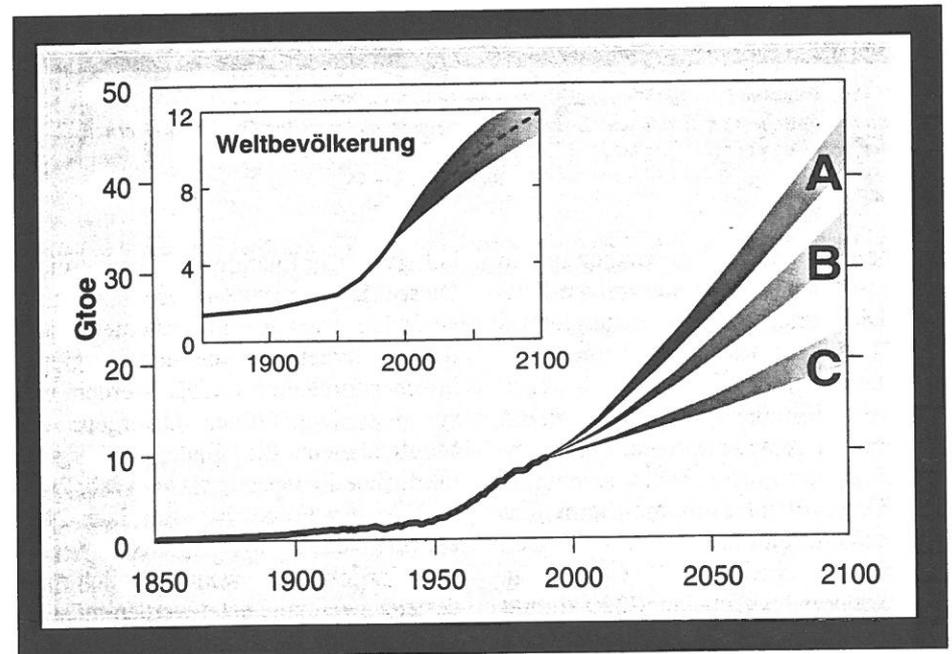


Abb. 4 Globale Primärenergieerzeugung (Gigatonnen Erdöl-einheiten, Gtoe) 1850 bis heute und für die drei Fälle bis zum Jahr 2100. Das Insert zeigt das globale Bevölkerungswachstum von 1850 bis heute und dessen Prognose [3] bis zum Jahr 2100 in Milliarden (10^9) Menschen. Quelle: [1].

Anstrengungen unternommen werden, das geologische Potential von Erdöl und Erdgas in gewinnbare Vorräte umzusetzen. Dessenungeachtet sind die abzubauenen Mengen gigantisch. Sogar in den ökologisch ausgerichteten Szenarien im Fall C, mit dem relativ niedrigsten Einsatz von Kohle, wird zwischen 1990 und 2050 genau soviel Kohle genutzt wie zwischen 1850 und 1990. Die zukünftige Verwendung von Uran wird teilweise von der Bewältigung der gegenwärtigen Kontroversen um Be-

triebssicherheit, Abfallentsorgung und Verbreitung von Spaltstoffen sowie teilweise auch von der erfolgreichen Entwicklung neuer Technologien abhängen. Diese Unsicherheiten werden in der Studie durch Bandbreiten möglicher Entwicklung der Kernenergie abgedeckt, die von forciertem Wachstum bis zum Ausstieg reichen.

Erneuerbare Energieressourcen sind nicht durch die Quantität ihres Energieflusses (der in jedem Fall enorm ist) limitiert, sondern dadurch, wie und zu

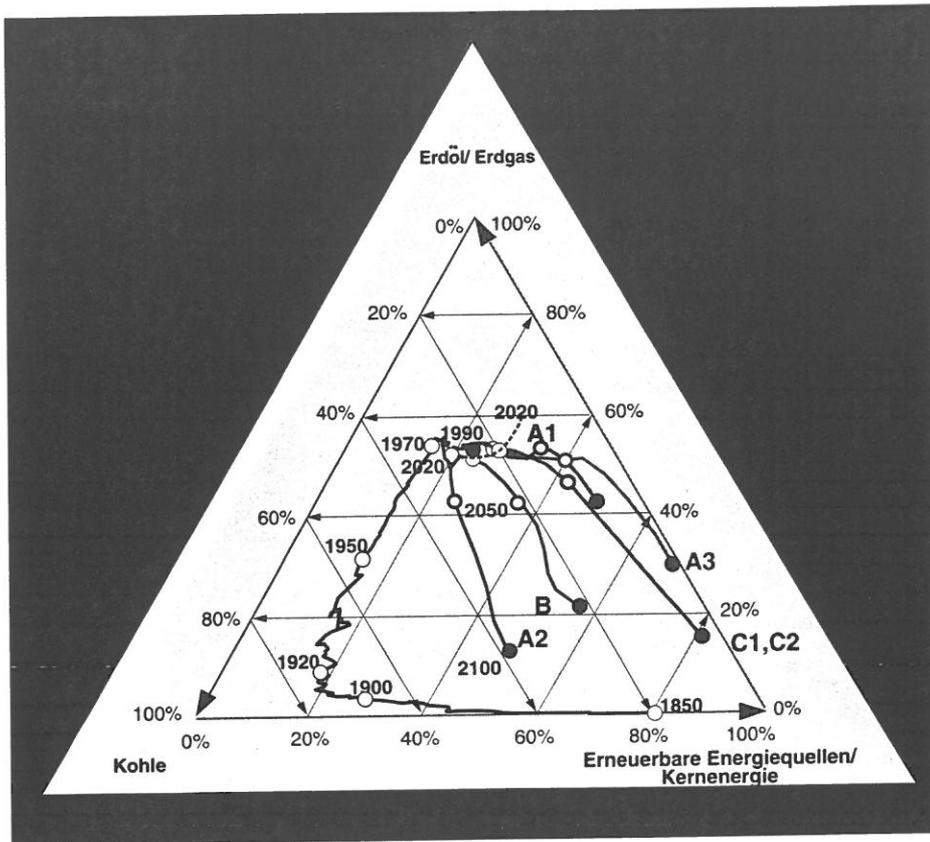


Abb.5 Veränderung in der Primärenergiestruktur 1850 bis 1990 und der sechs Szenarien bis 2100. Prozentuelle Anteile von Erdöl und Erdgas, Kohle sowie nichtfossiler Quellen wie erneuerbarer Energien und Kernenergie. Quelle: [1, 17, 18].

welchen Kosten diese gewonnen und in Brennstoffe umgewandelt werden können. Die Berichte des Weltenergieerates [2, 11] schätzen das Potential erneuerbarer Energiequellen bis zum Jahr 2100 auf bis zu 13 Gtoe, wovon 10 Gtoe von den «neuen» erneuerbaren Energiequellen gewonnen werden könnten.

Ein Fortschritt in Richtung dieses längerfristigen Potentials wird sich jedoch voraussichtlich langsam entwickeln. Insbesondere bis zum Jahr 2020 kommt die Studie durch die gute Verfügbarkeit fossiler Ressourcen und geringe Preissteigerungstendenzen zu einer – im Vergleich zu anderen Studien – vorsichtigeren Abschätzung der kurz- bis mittelfristigen Wachstumschancen. Längerfristig ist das Potential für erneuerbare Energiequellen jedoch beträchtlich, wenn auch in den einzelnen Szenarien unterschiedlich.

Die Zukunftsaussichten der Energiesysteme

Kernaussage der Studie und der in ihr beschriebenen Szenarien ist, dass langfristig die Struktur der Endenergienachfrage weltweit in Richtung qualitativ

höherwertiger Energieträger konvergiert. Diese Konvergenz in der Nachfragerstruktur kann aber mittels unterschiedlicher unternehmerischer und energiepolitischer Strategien verfolgt werden, was zu einer langfristigen Divergenz der Möglichkeiten der Energieversorgung führt. Eine Zeitspanne bis zum Jahr 2050 und, in der Folge, bis zum Jahr 2100 bedeutet, dass alle Energietechnologien und Vorrichtungen wahrscheinlich mindestens zweimal ersetzt werden müssen, was ein enormes Spektrum an neuen Möglichkeiten eröffnet.

Primärenergie

Abbildung 4 gibt eine Darstellung der Weltprimärenergieerzeugung und des Weltbevölkerungswachstums von 1850 bis heute in Beziehung zu den sechs Szena-

¹ Die sechs Szenarien sind:

- A1: Hohe Verfügbarkeit von Erdöl und Erdgas;
- A2: Rückkehr zur Kohle;
- A3: Geordneter Rückzug aus fossilen Energieträgern («bio-nukleares» Szenario);
- B: Mittelkurs;
- C1: Neue erneuerbare Energieträger, Ausstieg aus der Kernenergie;
- C2: Erneuerbare Energieträger und neue Kernenergie.

rien, die in den drei Fällen A, B und C zusammengefasst sind.

Die globale Primärenergieerzeugung wächst bis zum Jahre 2100 auf ein 2- bis 5faches ihres heutigen Standes. Fall A nimmt Wachstumsraten für Primärenergie an, die in etwa den langfristigen historischen Erfahrungswerten entsprechen, während Fälle B und C wesentlich niedrigere Wachstumsraten aufweisen. Besonders Fall C stellt eine radikale Änderung mit Schwerpunkt auf Energieeffizienz und Energiesparen dar. In allen Szenarien tragen die heutigen Entwicklungsländer den grössten Teil zum Anstieg der globalen Primärenergieerfordernisse bei.

Abbildung 5 zeigt die divergierende Entwicklung der Struktur der Primärenergieversorgung der sechs Szenarien¹. Dargestellt ist ein Dreieck, dessen Endpunkte einen hypothetischen Fall darstellen, in dem die gesamte Primärenergie durch eine Quelle(n) bereitgestellt wird: Erdöl und Erdgas (an der Spitze), Kohle (links unten) sowie erneuerbare Energieträger und Kernenergie (rechts unten).

Bis zum Jahr 2020 ergeben sich nur geringfügige, graduelle Unterschiede zwischen den Szenarien. Zu gross ist die Trägheit der möglichen Veränderungen des Energiesystems, zu gross ist dessen kurz- bis mittelfristige Abhängigkeit von fossilen Energieträgern. Nach 2020 jedoch entwickeln sich die Energiesysteme der einzelnen Szenarien auseinander, als Folge der kurz- bis mittelfristig eingeschlagenen unternehmerischen, technologie-, energie- und umweltpolitischen Zielsetzungen. Langfristig schliessen sich die einzelnen Entwicklungspfade der Szenarien gegenseitig aus.

In allen Szenarien zeichnet sich eine wesentliche Ausweitung der erneuerbaren Energiequellen ab. Selbst im (konservativen) Fall B haben die erneuerbaren Energiequellen bis zum Jahr 2050 einen Anteil von 22% (4,4 Gtoe) am globalen Primärenergieverbrauch, und ihr Anteil bis zum Jahr 2100 liegt bei 33% (11 Gtoe). Im Fall C und im Szenario A3 erreichen die erneuerbaren Energiequellen bis zum Jahr 2100 sogar 22 Gtoe, und es wird angenommen, dass die Biomasse dabei einen Anteil von über 8 Gtoe verzeichnet.

Im Szenario A3 werden auch bis zu 75 neue Kernreaktoren pro Jahr bis 2050 erforderlich, was bedeutet, dass in diesem Szenario die Kernkraft auch allgemein akzeptiert wird. Im Szenario C2

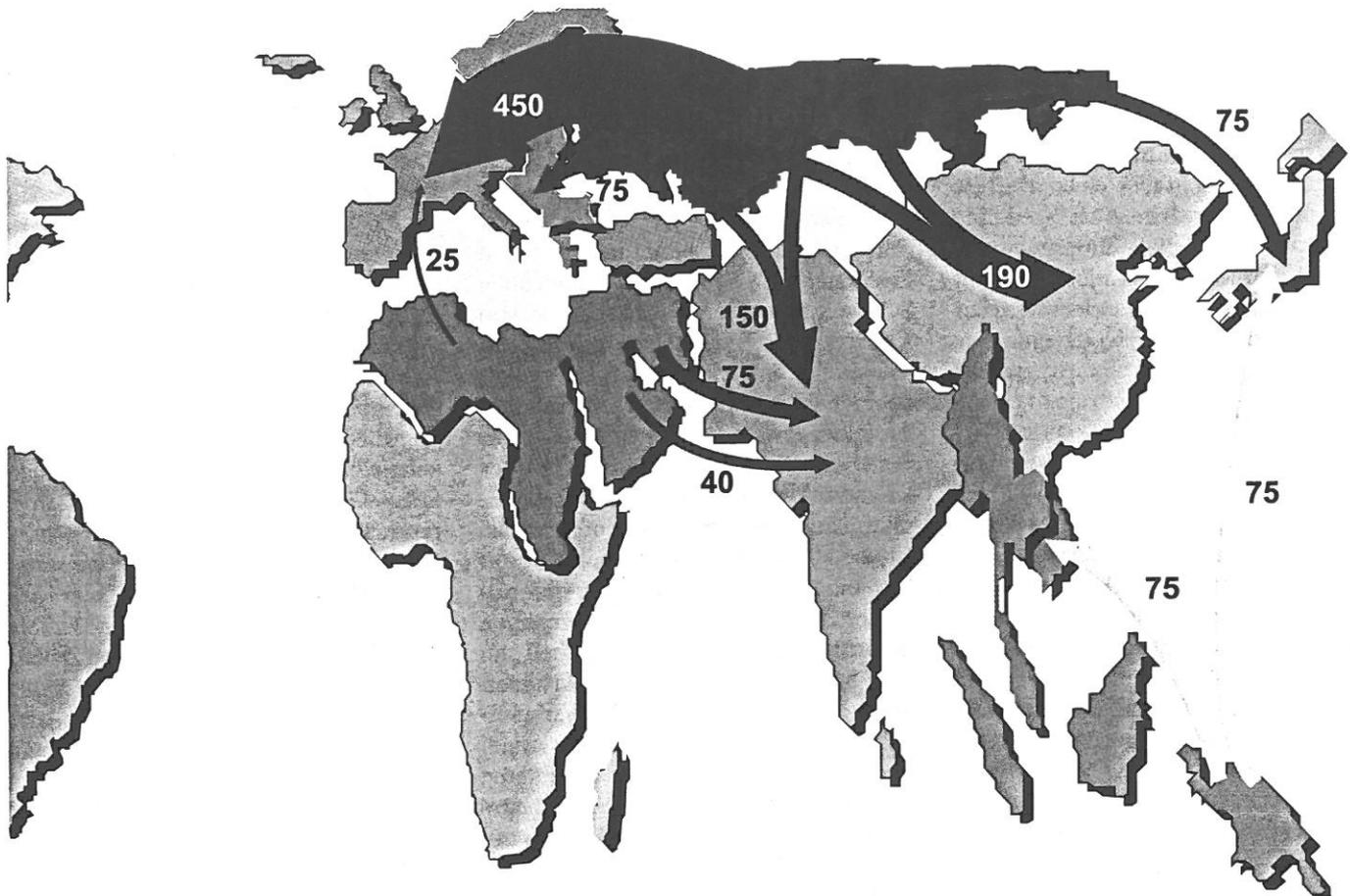


Abb. 6 Erdgashandel in Eurasien in einem illustrativen hohen Wachstumsszenario und Verfügbarkeit transkontinentaler Transportinfrastruktur im Jahre 2050. Handelsströme zeigen Pipeline- (blau) und LNG-Handelsrouten (gelb) proportional zu den gehandelten Mengen (s. auch die Zahlenangaben in Mtoe). Grössen der Regionen sind proportional zu deren Primärenergiebedarf im Jahre 2050 (zur Darstellungsweise s. auch Abb. 1). Quelle: [19].

wächst die Kernenergie bis zum Ende des 21. Jahrhunderts weltweit auf einen Marktanteil von rund 20%, was durch neue, kleinmasstäbliche und dezentrale Technologien ermöglicht wird. Im Falle eines mangelhaften Fortschritts auf den Gebieten der öffentlichen Akzeptanz, der Technologie und der Wirtschaftlichkeit könnte sich die Kernenergie als Übergangstechnologie erweisen, wie in Szenario C1 aufgezeigt wird.

Relativ rasche und grundlegende technologische Veränderungen werden von einem relativ hohen Wirtschaftswachstum und hoher Energienachfrage in den Szenarien von Fall A begleitet. Szenario A1 nimmt an, dass diese technologischen Veränderungen Möglichkeiten der Nutzung grosser Mengen konventioneller sowie nichtkonventioneller Öl- und Gasressourcen eröffnen, sodass fossile Brennstoffe im Jahr 2100 noch immer 50% des Primärenergieverbrauchs ausmachen. Szenario A2 ist hinsichtlich der technologischen Veränderungen und der Ressourcenverfügbarkeit kon-

servativer und ist daher stärker auf Kohle ausgerichtet. Szenario A3 ist «technologieintensiv», doch hier verhilft die Kombination von neuen erneuerbaren Energiequellen und neuen Kernenergietechnologien zu einem «geordneten» Übergang in das postfossile Zeitalter. Bis zum Jahr 2100 machen die fossilen Brennstoffe in Szenario A3 nur mehr 30% des globalen Weltenergieverbrauchs aus; fast die gesamte fossile Versorgung wird dabei durch den «Brückenbrennstoff» des 21. Jahrhunderts, Erdgas, gewährleistet.

Szenario Fall B (Mittelkurs) ist im Hinblick auf Wirtschaftswachstum, Energieverfügbarkeit und technologische Veränderung vorsichtiger. Fossile Brennstoffe (v. a. Kohle) machen im Jahr 2100 noch 45% des globalen Primärenergieverbrauchs aus.

Die Szenarien im (ökologisch ausgerichteten) Fall C stellen die grösste Herausforderung dar, doch sie eröffnen auch die grössten Möglichkeiten: zu einer Verlagerung in Richtung höhere

Energieeffizienz, grösstmögliche Nutzung von Sparpotentialen und Förderung neuer, dezentralisierter und umweltverträglicher Technologien. Fall C zeigt Wege zum Übergang von der gegenwärtigen Vorherrschaft fossiler Brennstoffe zur Vorherrschaft erneuerbarer Energieflüsse. Bis zum Jahr 2050 haben nichtfossile Energiequellen einen Anteil von 40 bis 50% am Weltenergieverbrauch, und dieser Anteil wird bis zum Jahr 2100 auf über 80% ansteigen. Zusätzlich zu der strengen Kontrolle lokaler und regionaler Schadstoffe unterstellt Fall C ein neues globales Kontrollsystem für Treibhausgasemissionen mit dem Ziel, CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2100 auf zwei Gigatonnen Kohlenstoff (GtC) zu reduzieren.

Endenergie

Alle Szenarien spiegeln den zu erwartenden Druck seitens der Konsumenten nach flexibleren, bequemerem und sauberen Endenergieformen wider, was zu

einer Konvergenz in der Struktur der Endenergieversorgung in Richtung qualitativ hochwertiger, leitungsgebundener Energieträger führt.

Strom ist bereits ein wichtiger Energieträger, und sein Beitrag erhöht sich in allen sechs Szenarien. *Methanol* spielt in der Zukunft ebenfalls eine grössere Rolle. Erdgas wird in allen Szenarien zum dominierenden leitungsgebundenen Endenergieträger und leitet langfristig (nach 2050) auch zu einer Wasserstoffinfrastruktur über.

Infrastrukturbedarf

Nicht zuletzt aus Umweltgründen erscheint der forcierte Ausbau von Energieinfrastrukturnetzen sowohl für Strom, Fernwärme als auch Erdgas dringend erforderlich. Speziell in Asien, wo die Nachfrage besonders schnell wächst und die Luftqualität städtischer Ballungsräume durch Verbrennung von Biomasse und Kohle in Haushalt und Gewerbe besorgniserregend ist. Indes ist es nicht ausreichend nur Infrastrukturnetze in städtischen Gebieten zu betrachten. Geschätzte zwei Milliarden Menschen weltweit, vor allem in ländlichen Gebieten, haben überhaupt keinen Zugang zu den Dienstleistungen, die die Nutzung moderner Energieformen ermöglichen. Ebenso müssen auch die internationalen Verflechtungen der Energieinfrastruktur deutlich verbessert werden, vor allem in Asien, wo bislang Mangel an Infrastruktur eine verstärkte Nutzung sauberer Energieträger wie Erdgas behindert.

Weiterführende Studien am IASA haben unlängst mögliche Handelsströme und den Infrastrukturbedarf für Energienetze in Asien untersucht [19]. Ein illustratives Szenario des Gashandels in Europa und Asien für das Jahr 2050 ist in *Abbildung 6* dargestellt. Die Grössenordnung der Handelsströme kann in einem Vergleich zum Ist-Zustand veranschaulicht werden: So betrug 1995 der Gesamtimport von Erdgas nach Westeuropa weniger als 90 Millionen Tonnen Erdölequivalent (Mtoe) im Vergleich zu 500 Mtoe (Europa) und 700 Mtoe (Asien) in dem illustrativen Szenario (*Abb. 6*). Die Realisierung solcher «euroasiatischer» Energieinfrastrukturen wird viele Jahrzehnte und hohe Investitionsmittel erfordern. Die Frage nach Institutionen und Modellen internationaler Zusammenarbeit, die solche transkontinentalen Leitungsnetze realisieren könnten, bedarf weiterführender Analysen.

Finanzielle und Umweltauswirkungen

Finanzierung

Die *Finanzierungserfordernisse* für die in allen Szenarien aufgezeigten Alternativen sind enorm. Die Finanzierung der Energieentwicklung ist in vielen Entwicklungsländern zu einem grossen Problem geworden. Die steigenden Schwierigkeiten, Finanzierungen von multilateralen Institutionen zu erhalten, sowie institutionelle Hindernisse, unangebrachte Preispolitik und schwache Investitionsgewinne geben Anlass zur Sorge. Weltweit werden rund 1% des Bruttonationalprodukts in den Energiesektor investiert, und die Studie erwartet, dass dieser Prozentsatz ziemlich stabil bleibt. Nur in den Wirtschaftsreformländern Osteuropas und der ehemaligen Sowjetunion liegt dieser Anteil in den Szenarien mit 5 bis 7% höher. Die Hintergründe dafür sind ein erheblicher Nachholbedarf zur Modernisierung veralteter Energiestrukturen bzw. deren Anpassung an westliche Sicherheitsstandards einerseits und eine nur langsame wirtschaftliche Erholung andererseits.

Die kumulativen Kapitalerfordernisse des Energiesektors (d.h. ohne Investitionen in Endverbrauchstechnologien, die traditionell als dauerhafte Konsumgüter oder kommerzielle Investitionen verrechnet werden) werden für die Szenarien für den Zeitraum 1990 bis 2020 in einem Bereich von US\$ 10 bis 14×10^{12} (US\$ 1990) geschätzt. Zum Vergleich: das Weltbruttonationalprodukt des Jahres 1995 betrug rund 23×10^{12} US\$ 1990.

Umweltauswirkungen

Drei Arten von Umweltauswirkungen wurden in der Studie [1, 18] näher behandelt: lokale Auswirkungen der Luftverschmutzung innerhalb geschlossener Räume und in Ballungsräumen der Entwicklungsländer; regionale Auswirkungen der Schwefel- und Stickstoffemissionen und ihr möglicher Beitrag zum «sauren Regen» und Treibhausgasemissionen, besonders CO₂, und ihr möglicher Beitrag zu einer globalen Erwärmung. Stellvertretend sollen hier regionale und globale Umweltauswirkungen der Szenarien beschrieben werden.

Die Energieemissionen von Schwefeldioxid (SO₂) und der Stickstoffoxide (NO_x) haben sowohl lokale wie auch

regionale Auswirkungen. «Saure Niederschläge» vor allem der kohle-(und schwefel-)intensiven Szenarien (wie A2) sind hier von besonderer Bedeutung und wurden mit Hilfe des IASA-«RAINS»-Modells [12, 13] untersucht. Im Szenario A2 würden die Schwefel-emissionen Europas in Abwesenheit jeglicher Minderungsmaßnahmen während der nächsten 30 Jahre um ungefähr 50% steigen. Die Schwefelablagerungen würden in grossen Teilen Mittel-, West- und Nordeuropas 16 g/m² pro Jahr übersteigen. Demgegenüber fordert das zweite Schwefelprotokoll über grenzüberschreitende Luftverschmutzung eine Herabsetzung der maximalen Schwefelablagerungen auf unter 3 g/m² pro Jahr.

In Asien ist die Situation noch weit dramatischer. Im Szenario A2, unter Annahme keiner Minderungsmaßnahmen, würden sich die SO₂-Emissionen Asiens bis zum Jahr 2020 verdreifachen. Dabei würden die Schwefelablagerungen das Doppelte der höchsten je beobachteten Werte Mittel- und Osteuropas erreichen und die tolerierbaren Lasten für den Anbau wirtschaftlich wichtiger Nahrungsmittel bis zum Zehnfachen überschreiten.

Angesichts dieser Ergebnisse unterstellen alle Szenarien der Studie ausschliesslich die Verwendung umweltverträglicher Kohletechnologien, inklusive Rauchgaswäschern. Die Schwefel-emissionen sind folglich wesentlich niedriger als in Fällen mit keinerlei Minderungsmaßnahmen.

Treibhausgasemissionen

Die Emissionen an CO₂, dem hauptsächlichsten Treibhausgas, unterscheiden sich wesentlich in den einzelnen Szenarien. In dem intensiv auf Kohle ausgerichteten Szenario A2 erreichen sie im Jahre 2100 20 GtC (Gigatonnen reinen Kohlenstoffs Nettoemissionen² des Energiesektors) und im Szenario A1 14 GtC; im Szenario A3 sinkt ihr Wert aufgrund von strukturellen Veränderungen des Energiesystems auf 6 GtC. Dieser letzte Wert entspricht ungefähr dem Stand der gegenwärtigen globalen Emissionen, doch der Energiever-

² Das heisst Nettoeintrag in die Atmosphäre aus Verbrennung fossiler Energieträger. Nachhaltige Nutzung von Biomasse und Verwendung fossiler Energie als Rohstoff in der petrochemischen Industrie für langlebige Produkte sind in den Zahlen exkludiert.

brauch wäre bis dahin um das Fünffache gestiegen. Die Emissionen im Fall B sind vergleichbar mit jenen von Szenario A3 bis zum Jahre 2050, steigen jedoch bis zum Jahr 2100 fast auf das Doppelte an. Die Emissionen der zwei Szenarien von Fall C, die weltweit konzentrierte Massnahmen zum Klimaschutz annehmen, führen zu einer Stabilisierung auf jetzigem Niveau im Jahre 2050 und erreichen bis zum Jahr 2100 rund 2 GtC, was einen Rückgang auf ein Drittel ihres heutigen Standes bedeutet.

Die atmosphärischen CO₂-Konzentrationen und die mögliche Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur, die durch die in den Szenarien angegebenen Emissionen hervorgerufen würden, wurden unter Heranziehung eines vereinfachten Kohlenstoffzyklus- und Klimamodells [16] berechnet. Bis zum Jahr 2100 erreichen die zwei Szenarien von Fall C eine atmosphärische CO₂-Konzentration von unter 450 ppmv (Teile pro Million volumsmässig berechnet); Fall B liegt unter 600 ppmv; und die drei Szenarien von Fall A liegen bei 550 ppmv (A3), 650 ppmv (A1) und 750 ppmv (A2). A2 ist das einzige Szenario, das den Wert des bislang «bevorzugten» IPCC-Szenarios IS92a [15] überschreitet.

Es bestehen grosse Unsicherheiten hinsichtlich des Kohlenstoffkreislaufs bzw. der Auswirkungen von CO₂-Konzentrations-Erhöhen auf mögliche Temperaturveränderung. Für die Szenarien von Fall C könnte der mittlere Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bis zum Jahr 2100 weniger als 1,5°C verglichen mit dem heutigen Stand betragen; für die Szenarien von Fall A und Fall B beträgt der Anstieg ungefähr +2,0 bis +2,7°C.

Schlussfolgerungen

Alle sechs in der Studie analysierten Szenarien zeigen die folgenden durchgehenden sowie konvergierenden Entwicklungen: ein steigender Bedarf nach Energiedienstleistungen im Zusammenhang mit Bevölkerungswachstum und Wirtschaftsentwicklung; höhere Qualität und Umweltverträglichkeit der Endenergieformen; eine Verlagerung des globalen Gleichgewichts der Wirtschaftsaktivitäten und der Energienutzung vom «Norden» in den «Süden»; und die Verfügbarkeit und weitere Nutzung von fossilen Brennstoffen für viele kommende Jahrzehnte.

Technologischer Fortschritt und die entsprechenden Investitionen, die benötigt werden, vorhandene Primärenergiequellen den Forderungen des Konsumenten nach flexibleren, bequemerem und sauberen Energieformen anzupassen, sind von grundlegender Bedeutung, doch werden einige Jahrzehnte Umschlag des Kapitalstocks nötig sein, um diesem Wunsch entsprechen zu können. Und sollte dieses langfristige Ziel in der Zwischenzeit nicht durch entsprechende politische und institutionelle Rahmenbedingungen sowie durch Massnahmen und Investitionsentscheidungen gesichert werden, wird es bis dahin noch schwieriger und teurer werden, den Kurs zu ändern. Investitionsentscheidungen bis zum Jahr 2020 sind daher ein wichtiges Anliegen – und nicht nur aufgrund der enormen Geldsummen, die damit verbunden sind.

Die in anderen Studien getroffenen Annahmen, dass ein hoher Anstieg der Energienachfrage bei nur begrenzten technologischen und finanziellen Fortschritten möglich ist, werden in dieser Studie in Frage gestellt. *Rigoreuse* internationale Umweltmassnahmen (inklusive einer Beschränkung der CO₂-Emissionen) und Massnahmen zur Förderung einer wirtschaftlichen Entwicklung des «Südens» (wie im ökologisch ausgerichteten Fall C) erweisen sich vereinbar mit hohem Wachstum und weiterer Energieentwicklung. Obwohl einzelne Länder oder Sektoren unter den Beschränkungen leiden könnten, kann das Gesamtergebnis positiv sein. Potentielle Verluste können reduziert oder durch Strategien der Diversifizierung aus langfristig rückgängigen Aktivitäten abgewendet werden.

Alle Szenarien zeigen, dass z. B. Erdöl und Erdgas noch lange nicht an der Mitte ihres Lebenszyklus angelangt sind; sogar die für die Kohle ungünstigsten Szenarien lassen noch eine voraussichtliche Lebensdauer von vielen Jahrzehnten erkennen. So zeigen alle drei Fälle, d. h. alle sechs Szenarien, ein hohes Wachstum für alle Energieindustrien und Sektoren zumindest bis zum Jahr 2020. Die kommenden Jahrzehnte werden allerdings eine Umgruppierung innerhalb sowie zwischen den einzelnen Energiesektoren mit sich bringen. Es werden sich viele neue wirtschaftliche Möglichkeiten im Zusammenhang mit reineren und bequemerem Energieträgern bieten: flüssige anstelle von festen Brennstoffen, Versorgungsnetze und andere Verbundsysteme und lokal

besser angepasste Energiequellen und Umwandlungstechnologien.

Die Szenarien zeigen jedoch, dass sich die Zukunftsperspektiven nach 2020 auseinanderentwickeln, wobei unterschiedliche Systeme der Energiegewinnung einander gegenseitig ausschliessende Entwicklungsrichtungen einschlagen. Die Kohle könnte trotz ihrer enormen Ressourcen besonders gefährdet sein, und zwar aufgrund der Konkurrenz anderer Energiequellen und aufgrund von Umweltbeschränkungen. Im Gegensatz dazu hat die Erdöl- und mehr noch die Erdgasindustrie eine lange Zukunft vor sich. Neue Märkte müssen erschlossen, neue transkontinentale Leitungsnetze vor allem in Asien errichtet werden.

Der Übergang von der Vermarktung von Primärenergie zur Bereitstellung sauberer leitungsgebundener Endenergieformen und zu der Vermarktung von Energiedienstleistungen wird sich fortsetzen und noch verstärken.

Die *Botschaft* im Mittelpunkt aller sechs Szenarien liegt darin, dass langfristig die Strukturen der Endenergienutzung in Richtung reinerer, flexiblerer und bequemerer Energieformen konvergieren, während die möglichen Strukturen der Energieversorgungssysteme divergieren, und zwar als Folge neu entstehender technologischer, wirtschaftlicher und unternehmerischer Möglichkeiten. Dies bedeutet für die Zukunft die Gelegenheit (aus der Sicht der Szenarien sogar Notwendigkeit), strategische Entscheidungen zu treffen. Auch wenn die strukturellen Veränderungen in der näheren Zukunft gering sein werden, müssen langfristige Veränderungen bereits heute eingeleitet und diesbezügliche Entscheidungen getroffen werden. Die in naher Zukunft getätigten Investitionen an Kapital sowie an Wissen (Forschung und Entwicklung, Technologie) werden bedingen, welche der, in der Studie aufgezeigten, langfristig divergierenden Alternativen zum Tragen kommen und welche ausgeschlossen werden.

In der IIASA-WEC-Studie werden Tendenzen aufgezeigt, die sich gegenüber einem bewusst breit angesetzten Spektrum der Szenarien als robust erweisen. Es werden auch die Bedingungen beschrieben, unter denen sich zukünftige Strukturen der Energiesysteme in unterschiedliche Richtungen auseinanderentwickeln. Dennoch kann keine Analyse und Studie je eine unbekannte Zukunft in eine sichere Prognose verwandeln.

- [1] International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) und WEC (World Energy Council) (1995): *Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond*, WEC, London, UK.
- [2] WEC (World Energy Council) (1993): *Energy for Tomorrow's World – The Realities, the Real Options and the Agenda for Achievements*, Kogan Page, London, UK.
- [3] Bos, E., Vu, M. T., Leven, A., Bulatao, R. A. (1992): *World Population Projections 1992-1993*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- [4] UN (United Nations) (1994): *World Urbanization Prospects: The 1992 Revision*, Population Division, Division of Economic Development, UN, New York, USA.
- [5] Berry, B. J. L. (1990): *Urbanization*, in: B. Turner, II, W. C. Clark, R. W. Kates, J. F. Richards, J. T. Mathews und W. B. Meyers (Hrsg.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*, pp. 103-119, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [6] Maddison, A. (1989): *The World Economy in the 20th Century*, Development Centre Studies, Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, Paris, France.
- [7] UN (United Nations) (1993): *UN MEDS Macroeconomic Data System, MSPA Data Bank of World Development Statistics, MEDS/DTA/1 MSPA-BK.93, Long-Term Socio-Economic Perspectives Branch, Department of Economic and Social Information & Policy Analysis*, UN, New York, USA.
- [8] Nakicenovic, N. (1987): *Technological Substitution and Long Waves in the USA*, in: T. Vasko (ed.) *The Long-Wave Debate*, pp. 76-104, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- [9] Martin, J.-M. (1988): *L'Intensité Énergétique de L'Activité Économique dans Les Pays Industrialisés: Les Evolutions de Très Longue Période Livrent-Elles des Enseignements Utiles? Economies et Sociétés*, 4: 9-27.
- [10] TERI (Tata Energy Research Institute) (1994): *TERI Energy Data Directory Yearbook*, Pauls Press, New Delhi, India.
- [11] WEC (World Energy Council) (1994): *New Renewable Energy Resources: A Guide to the Future*, Kogan Page, London, UK.
- [12] Alcamo, J., Shaw, R., Hordijk L. (eds.) (1990): *The RAINS Model of Acidification, Science and Strategies in Europe*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- [13] Amann, M., Cofala, J., Dörfner, P., Gyarfás, F., Schöpp, W. (1995): *Impacts of Energy Scenarios on Regional Acidification*, report to the World Energy Council Project 4 on Environment, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
- [14] Alcamo, J., Bouwman, A., Edmonds, J., Grübler, A., Morita, T., Sugandhy, A. (1995): *An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*, in: *Climate Change 1994*, pp. 247-304, Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [15] Pepper, W., Leggett, J., Swart, R., Wasson, J., Edmonds, J., Mintzer, I. (1992): *Emission Scenarios for the IPCC. An Update: Assumptions, Methodology, and Results*, paper prepared for IPCC Working Group I, Geneva, Switzerland.
- [16] Wigley, T. M. L., Salmon, M., Raper, S. C. B. (1994): *Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change, Version 1.2*, Climate Research Unit, University of East Anglia, UK.
- [17] Grübler, A., McDonald, A. (1995): *The Drive to Cleaner Energy. Options Fall/Winter 1995:8-11*.
- [18] Nakicenovic, N., Grübler, A., McDonald, A. (Hrsg.) (1998): *Global Energy Perspectives*, Cambridge University Press (im Druck, verfügbar ab September 1998).
- [19] Nakicenovic, N. (1998): *Energy Perspectives for Eurasia in the Global Context*. Paper presented at the International Conference «Russia's and Other CIS-Countries Energy Potential: Crucial Link between Europe and Asia Pacific» March 31 to April 2, 1998 Moscow, mimeo, IIASA, Laxenburg, Austria.

Adresse des Autors:

Dr. A. Grübler, Dipl.-Ing.
 IIASA, International Institute
 for Applied Systems Analysis
 A-2361 Laxenburg
 Telefon 0043-2236 807
 Telefax 0043-2236 71313
 E-Mail gruebler@iiasa.ac.at

Global energy prospects

The present feature is an abridged version of a study of long-term energy prospects, conducted in cooperation between the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and the World Energy Council, WEC, London. The first study report entitled "Global energy prospects to the year 2050 and beyond" [1] was presented to the 16th World Energy Congress in Tokyo. The final version of this study will be published at the 17th World Energy Congress in 1998 in Houston, Texas [18].

This study is based on the formulation of alternative scenarios, which were investigated with the help of an integrated system of energy and environmental models. Within the meaning of this study, scenarios are not forecasts of future development, but simply meaningful illustrations of possible development routes arrived at from a series of scenario assumptions using model computations. A necessarily subjective assessment of the probability of the occurrence of different scenarios was not the subject of this study.

All six scenarios analyzed in the study reflect the following prevailing and converging trends: a rising demand for energy services in conjunction with population growth and economic development; higher quality and environmental-compatibility of the final forms of energy; a shift of the global balance of economic activities and energy utilization from the «north» to the «south»; and the availability and further utilization of fossil fuels for many decades to come.

The assumptions made in other studies that a high increase in energy demand is possible only with limited technological and financial progress, are called into question in this study.

All the scenarios show that e.g. oil and natural gas have not yet even reached the middle of their life cycle. Even the most unfavourable scenarios for coal still suggest a likely life cycle of many decades. All three cases, i.e. all six scenarios, therefore signify high growth for all the energy industries and sectors at least until the year 2020. However, the coming decades will see a regrouping within and between the individual energy sectors.

The message at the heart of all six scenarios is that in the long run the structures of energy use are converging towards cleaner, more flexible and more convenient forms of energy, while the possible structures of the energy supply systems are diverging as a result of newly created technological, economic and entrepreneurial possibilities. This signifies an opportunity to take strategic decisions for the future (the scenarios in fact show such decisions to be essential).

The investments in capital and know-how (research and development, technology) made in the near future will determine which of the long-term divergent alternatives highlighted in the study are actually put into effect and which are ruled out.

However, no analysis or study can ever transform an unknown future into a sure prognosis.



Organ des SVGW und des VSA
Organe de la SSIGE et du VSA

Gas
Gaz

Wasser
Eaux

Abwasser
Eaux usées

6/98

**Wir gratulieren
dem SVGW/SSIGE
zum 125-jährigen
Jubiläum.**

1948 - 1998: 50 Jahre TMH





Offizielles Organ des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW) und des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)
Herausgeber: Schweiz. Verein des Gas- und Wasserfaches, Zürich.

Gas, Wasser, Abwasser
Gaz, eaux, eaux usées

Organe officiel de la Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux (SSIGE) et de l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux (VSA)
Editeur: Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux, Zurich



6/98

Seiten/pages
391-522

78. Jahrgang
78^e année

Internet: <http://www.gwa.ch>

Titelbild / Couverture



Wir gratulieren dem SVGW/SSIGE zum 125-jährigen Jubiläum.

1948 - 1998: 50 Jahre TMH

125 Jahre SVGW/SSIGE 50 Jahre TMH THOMAS HAGENBUCHER

1948, als der SVGW sein 75-jähriges Jubiläum feierte, wurde TMH gegründet. Heute blickt der SVGW bereits auf eine Tradition von 125 Jahren zurück und TMH feiert den Jahrestag des 50-jährigen Bestehens. TMH gratuliert dem SVGW zu seinem stolzen Jubiläum und dankt allen SVGW-Mitgliedern, die uns im ersten halben Jahrhundert unserer Geschäftstätigkeit das Vertrauen geschenkt haben.

TMH THOMAS HAGENBUCHER

50 Jahre Tradition nach dem Motto:
«Alles aus einer Hand».



TMH
THOMAS HAGENBUCHER
Technischer Grosshandel
Postfach, 8126 Zumikon
Tel. 01-301 17 92
Fax 01-302 12 08

Inhalt / Sommaire

125 Jahre Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches Les 125 ans de la Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux	391	Berichte Rapports	485
Vorwort / Avant-propos H. Keller	393	Praxis aktuell Pratique actuelle	487
Teil I / Première partie Gratulationen zum Jubiläum/ En l'honneur de la SSIGE C. Détourné, N. Hood, T. Martijn, P. J. Hinstrup, R. Günnewig, M. Affholder, J.-P. George, A. Lolli, R. Pöltner	395	Rubriken Rubriques	
Teil II / Deuxième partie Interview mit Bundesrat Moritz Leuenberger	412	Verschiedenes – Divers	494
Teil III / Troisième partie Gegenwart / Présent W. Hirschi, E. Défago, A. Vettori, H.-P. Weinmann, Y. de Siebenthal, A. Tonolli, P. Giacasso, P. Michel, H. U. Schweizer, M. Boller, H.-P. Klein, U. Manser, F. Eggimann, W. Schwitz, T. Zahner, D. Galliker, A. Guggi	415	Veranstaltungen – Manifestations Rückschau – Rétrospective Kalender – Calendrier Vorschau – Avant-programme	496 503 504
Teil IV / Quatrième partie Vision A. Grübler, A. Götz, C. Furrer, P. Roch, M. K. Eberle	462	Literatur – Bibliographie	506
Unsere Nachbarn – Nos voisins	484	Personelles – Personnel	509
		Vereinsnachrichten Communications	
		SVGW – SSIGE	510
		VSA	520
		Beilage Annexe	
		Einladung 125. Jahresversammlung Invitation 125 ^e Assemblée annuelle	

Erscheint monatlich mit Beilagen «Wasser in der Presse» und «Energie Extra», dazu das Jahrbuch des SVGW

Redaktion, Verlag:
Geschäftsstelle des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches,
8027 Zürich, Grütlistrasse 44,
Telefon 01-288 33 33, Telefax 01-202 16 33
E-Mail: svgw@iprolink.ch

Chefredaktorin:
Frau Chantal Nagel (Cn), Dipl. Geol. TUB/SIA
Redaktionsassistentinnen:
Frau Felicitas Sacher, Frau Katharina Scheuch
Sekretariat:
Frau Claudia Zavadil-Bonelli

Anzeigenverwaltung:
IVA AG für internationale Werbung,
Mühlebachstrasse 43, 8032 Zürich,
Telefon 01-251 24 50, Telefax 01-251 27 41

Druckerei:
Zofinger Tagblatt AG, 4800 Zofingen

La revue paraît mensuellement avec suppléments «L'eau dans la presse» et «Energie extra», en sus l'annuaire de la SSIGE

Redaktion, édition:
Secrétariat général de la Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux,
8027 Zurich, Grütlistrasse 44,
Téléphone 01-288 33 33, Téléfax 01-202 16 33
E-Mail: svgw@iprolink.ch

Redactrice en chef:
M^{me} Chantal Nagel (Cn), Dipl. Geol. TUB/SIA
Redactrices adjointes:
M^{me} Felicitas Sacher, M^{me} Katharina Scheuch
Secrétariat:
M^{me} Claudia Zavadil-Bonelli

Régie d'annonces:
IVA SA de publicité internationale,
23 rue Pré-du-Marché, 1004 Lausanne,
Téléphone 021-647 72 72, Téléfax 021-647 02 80

Imprimerie:
Zofinger Tagblatt SA, 4800 Zofingue

Jahresabonnementspreis: ISSN
Für Nichtmitglieder in der Schweiz Fr. 181.- (inkl. MWST), 1018-760X
im Ausland Fr. 215.-, Einzelnummer: spez. Preis.

Das Abonnement läuft 12 Monate und verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht mit einer Frist von 8 Wochen schriftlich zum Ende eines Kalenderjahres gekündigt wird.

Prix de l'abonnement annuel:
Pour les non-sociétaires en Suisse fr. 181.- (TVA incl.), à l'étranger fr. 215.-. Numéros individuels: prix spéciaux.
L'abonnement est valable 12 mois et est automatiquement renouvelé à moins qu'il ne soit résilié par écrit dans un délai de 8 semaines avant la fin de l'année civile.

Abdruck der Originalarbeiten, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung der Redaktion und unter vollständiger Quellenangabe gestattet. Manuskripte unterliegen der redaktionellen Bearbeitung. Die Beiträge der Autoren müssen nicht mit der Meinung der Redaktion übereinstimmen.

Toute reproduction d'articles publiés, même partielle, n'est autorisée que si la Rédaction donne son aval et que la source est expressément mentionnée. Les manuscrits demeurent sujets à des modifications d'ordre rédactionnel. L'opinion des auteurs reste toutefois indépendante de celle de la Rédaction.