



INTERNATIONALE ENERGIE-AGENTUR

WELT- ENERGIE- AUSBLICK

**2
0
0
2**

SCHWERPUNKTE

INTERNATIONALE ENERGIE-AGENTUR

9, rue de la Fédération
75739 Paris, Cedex 15, Frankreich

Die Internationale Energie-Agentur (IEA) ist eine autonome Institution, die im November 1974 im Rahmen der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) zur Durchführung eines internationalen Energieprogramms gegründet wurde.

Sie führt ein umfassendes Programm der Energiekooperation zwischen 26* der insgesamt 30 OECD-Mitgliedstaaten durch. Die grundlegenden Ziele der IEA sind:

- Aufrechterhaltung und Verbesserung der Systeme für die Bewältigung von Ölversorgungsstörungen;
- Förderung rationeller Maßnahmen im Energiebereich auf weltweiter Ebene durch kooperative Beziehungen zu Nichtmitgliedstaaten, zur privaten Wirtschaft und zu internationalen Organisationen;
- Unterhaltung eines ständigen Informationssystems über den internationalen Ölmarkt;
- Verbesserung der Struktur von Weltenergieangebot und -nachfrage durch Entwicklung alternativer Energieträger und eine rationellere Energieverwendung;
- Förderung der Integration von Umwelt- und Energiepolitik.

** IEA-Mitgliedstaaten: Australien, Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Italien, Japan, Kanada, Korea, Luxemburg, Niederlande, Neuseeland, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich, Vereinigte Staaten. Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften beteiligt sich ebenfalls an den Arbeiten der IEA.*

ORGANISATION FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG

Gemäß Artikel I des am 14. Dezember 1960 in Paris unterzeichneten und am 30. September 1961 in Kraft getretenen Übereinkommens fördert die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) eine Politik, die darauf gerichtet ist:

- in den Mitgliedstaaten unter Wahrung der finanziellen Stabilität eine optimale Wirtschaftsentwicklung und Beschäftigung sowie einen steigenden Lebensstandard zu erreichen und dadurch zur Entwicklung der Weltwirtschaft beizutragen;
- in den Mitglied- und Nichtmitgliedstaaten, die in wirtschaftlicher Entwicklung begriffen sind, zu einem gesunden wirtschaftlichen Wachstum beizutragen, und
- im Einklang mit internationalen Verpflichtungen auf multilateraler und nicht diskriminierender Grundlage zur Ausweitung des Welthandels beizutragen.

Die Gründungsmitglieder der OECD sind: Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kanada, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Türkei, Vereinigtes Königreich und Vereinigte Staaten. Folgende Staaten wurden zu den nachstehend genannten Daten Mitglieder der OECD: Japan (28. April 1964), Finnland (28. Januar 1969), Australien (7. Juni 1971), Neuseeland (29. Mai 1973), Mexiko (18. Mai 1994), die Tschechische Republik (21. Dezember 1995), Ungarn (7. Mai 1996), Polen (22. November 1996), Korea (12. Dezember 1996) und die Slowakische Republik (14. Dezember 2000). Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften nimmt an den Tätigkeiten der OECD teil (Artikel 13 des Übereinkommens über die OECD).

*Originalfassung veröffentlicht unter dem Titel:
WORLD ENERGY OUTLOOK 2002 – Highlights
© OECD/IEA, 2002*

Anträge auf Überlassung von Nachdruck- oder Übersetzungsrechten für die gesamte oder Teile dieser Veröffentlichung sind zu richten an:

Head of Publications Service, OECD/IEA
2, rue André Pascal, 75775 Paris Cedex 16, Frankreich
oder

9, rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, Frankreich

VORWORT

Den *Weltenergieausblick* – die ehrgeizigste und meistgelesene Veröffentlichung der IEA – zu präsentieren, stellt alljährlich eine angenehme Pflicht dar. Die Vorstellung des *WEA 2002* ist diesmal freilich eine besonders dankbare Aufgabe, nicht nur wegen der Umstände seines Erscheinens, sondern auch wegen der Bedeutung der darin enthaltenen Aussagen.

Wir haben beschlossen, das Buch nahezu zwei Monate vor dem ursprünglich geplanten Datum, d.h. bereits zur Ministertagung 2002 des Internationalen Energieforums (Energiedialog zwischen Konsumenten und Produzenten) in Osaka, Japan, zu veröffentlichen. Wir antworteten damit auf ein Ersuchen der Regierung Japans, eines unserer größten und engagiertesten Mitgliedsländer. Ferner kommt darin zum Ausdruck, welchen Wert wir dem zunehmend vertrauensvollen und fruchtbaren Dialog zwischen Ölproduzenten und -verbrauchern beimessen.

Der *Weltenergieausblick* ist ein Kompendium, das Tausende von Zahlen und Hunderte von Seiten mit detaillierten Analysen umfasst. Er ist eine wahre Fundgrube. Je nach seinen spezifischen Interessen kann sich der Leser auf diese oder jene oder auch mehrere der zahlreichen darin besprochenen Aspekte konzentrieren:

- Der Weltenergieverbrauch wird in den nächsten dreißig Jahren um zwei Drittel zunehmen;
- die fossilen Energieträger werden in der Energieverbrauchsstruktur weiterhin dominieren;
- nahezu zwei Drittel des Energieverbrauchswachstums werden auf die Entwicklungsländer entfallen;
- die Finanzierung der erforderlichen neuen Energieinfrastrukturen stellt eine enorme Herausforderung dar und hängt im Wesentlichen von den Rahmenbedingungen ab, die von den Regierungen geschaffen werden;
- der internationale Energiehandel wird drastisch expandieren;
- das Nachfragewachstum bei Erdgas wird das aller anderen fossilen Energieträger überflügeln, jedoch hinter dem der erneuerbaren Energien zurückbleiben;

- das Ölverbrauchswachstum wird hauptsächlich auf den Verkehrssektor entfallen;
- der Stromverbrauch wird rascher zunehmen als alle anderen Arten des Energieendverbrauchs;
- der Anteil der Weltbevölkerung, der keinen Zugang zu Elektrizität hat, wird um ein Drittel sinken, oder anders gesagt, 1,4 Milliarden Menschen werden im Jahr 2030 immer noch keinen Zugang zu Strom haben;
- ausgehend von den derzeitigen Politiken und Maßnahmen werden die durch den Energieeinsatz verursachten Kohlendioxidemissionen weiter drastisch steigen;
- in den nächsten dreißig Jahren werden neue Energietechnologien entstehen; ihr eigentlicher Durchbruch wird jedoch noch wesentlich länger dauern.

Das im vorliegenden Bericht enthaltene Alternative PolitikszENARIO dient einem doppelten Zweck: Es soll uns zum einen vor Augen führen, wie stark das Basisszenario von bestimmten Grundannahmen abhängt, darunter auch von der Kontinuität der derzeitigen Politik, und es soll zum anderen anzeigen, wie und in welchem Umfang dieses Szenario durch gezielte Politikmaßnahmen verändert werden kann. Zahlreiche Veränderungen dieser Art sind denkbar, beispielsweise was die Politik in Bezug auf die Armutsbekämpfung, die Versorgungssicherheit, die ökologischen Prioritäten und die nukleare Komponente der Energieversorgung sowie viele andere Fragen betrifft.

Der von den Regierungen gewählte Policy Mix muss mit den heutigen Standards einer nachhaltigen ökonomischen Entwicklung im Einklang stehen. Ohne Energie ist keine wirtschaftliche Entwicklung möglich, und wirtschaftliche Entwicklung kann nicht von Dauer sein, wenn die Energieversorgung nicht verlässlich, d.h. sicher ist. Energieerzeugung und -einsatz müssen überdies aber auch umweltverträglich sein – und sozialen Bedürfnissen und Erwartungen gerecht werden. Die politisch Verantwortlichen müssen den richtigen Weg finden, um diese Anforderungen miteinander in Einklang zu bringen; denn alle sind gleich wichtig.

Das letzte Kapitel dieses Berichts ist dem Thema Energie und Armut gewidmet. Weder die verantwortlichen Energiepolitiker noch erst recht die Energieanalysten können dieses Problem alleine lösen. Jedoch können letztere das Problem korrekt definieren – und dies wiederum ist der erste Schritt zu seiner Lösung. Genau dies haben wir zu tun versucht. Das Ergebnis war ein Schock für uns. Es ist – moralisch wie ökonomisch – absolut inakzeptabel, dass

1,4 Milliarden Menschen dreißig Jahre nach Anbruch dieses Jahrtausends noch immer ohne Elektrizität auskommen sollen.

Der vorliegende Bericht, für den ich in meiner Eigenschaft als Exekutivdirektor der IEA verantwortlich zeichne, muss nicht in allen Punkten mit den Auffassungen oder Politiken der IEA-Mitgliedsländer übereinstimmen.

Robert Priddle
Exekutivdirektor

Alle etwaigen Kommentare und Fragen zu diesem Bericht sind willkommen und sollten gerichtet werden an:

Fatih Birol
Chief Economist
Head, Economic Analysis Division
International Energie Agency
9, rue de la Fédération
75739 Paris Cedex 15
France

Telefon: (33-1) 4057 6670
Fax: (33-1) 4057 6659
E-Mail: Fatih.Birol@iea.org

In der Reihe „Weltenergieausblick“ sind bisher erschienen:

- World Energy Outlook – 1993
- World Energy Outlook – 1994
- World Energy Outlook – 1995
- Oil, Gas & Coal Supply Outlook – 1995
- World Energy Outlook – 1996
- World Energy Outlook – 1998
- World Energy Outlook – 1999 Insights
 - Looking at Energy Subsidies: Getting the Prices Right
- World Energy Outlook – 2000
- World Energy Outlook – 2001 Insights
 - Assessing Today's Supplies to Fuel Tomorrow's Growth
- World Energy Outlook – 2002
- World Energy Outlook – 2003 Insights (erscheint demnächst)
 - Global Energy Investment Outlook

INHALTSVERZEICHNIS

(Die Kurzfassung *Schwerpunkte des Weltenergieausblicks* enthält Auszüge aus der vollständigen Fassung des *Weltenergieausblicks 2002*.)

Vorwort

Dank

Zusammenfassung

Kapitel 1	Analyserahmen
2	Weltenergiereits
	Energieverbrauch
	Energieproduktion und -handel
	Auswirkungen auf die globalen CO ₂ -Emissionen
	Technologische Entwicklungen
3	Energiemarktaussichten
4	OECD-Nordamerika
5	OECD-Europa
6	OECD-Pazifik
7	China – eine eingehende Analyse
8	Russland
9	Indien
10	Brasilien
11	Indonesien
12	Alternatives Politikszenario für den OECD-Raum
13	Energie und Armut

DANK

Der vorliegende Bericht wurde von der Abteilung Wirtschaftsanalyse (EAD) der Internationalen Energie-Agentur (IEA) in Zusammenarbeit mit anderen Abteilungen der IEA erstellt. Der Leiter der Abteilung Langfristige Kooperation und Politikanalyse Olivier Appert hat das Projekt gefördert und unterstützt. Konzipiert und gelenkt wurde die Studie vom Leiter der Abteilung Wirtschaftsanalyse Fatih Birol. Weitere an der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit beteiligte Mitarbeiter der EAD waren namentlich: Armando Acosta, Maria Argiri, Amos Bromhead, François Cattier, Laura Cozzi, Lisa Guarrera, Claudia Jones, Hiroyuki Kato, Teresa Malyshev, Trevor Morgan, Scott Sullivan und Michael Taylor.

Zum *Outlook*-Team gehörten ferner auch folgende Kollegen: Carmen Difiglio, Fridtjof Unander, Sohbet Karbuz, Mike Ting (Abteilung Energietechnologiepolitik), Miharuru Kanai (Abteilung Ölmärkte), Peter Fraser (Abteilung Energiediversifikation) und Kyung-Hwan Toh (Abteilung Nichtmitgliedsländer).

Auch andere IEA-Mitarbeiter brachten Beiträge ein, namentlich Richard Baron, Xavier Chen, Sylvie Cornot, Sylvie Lambert D'Apote, Ralf Dickel, Mark Hammonds, Lew Fulton, Rebecca Gaghen, Mitsuhide Hoshino, Benoit Lebot, Shin Morita, Isabel Murray, Carlos Ocana, Jonathan Pershing, Riccardo Quercioli, Loretta Ravera, Klaus Rehaag, Rick Sellers und Mike Wittner.

Die Arbeit an diesem Bericht konnte sich darüber hinaus auf Direktbeiträge stützen, die staatliche Gremien, internationale Organisationen und Energieunternehmen weltweit leisteten. Hier sind insbesondere zu nennen: das Energy Research Institute der State Development Planning Commission (China), die Europäische Kommission (Generaldirektion Energie und Verkehr), Electricité de France, Eni, das mexikanische Energieministerium, das Tata Energy Research Institute of India, die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) und die Weltbank.

Für die vorliegende Studie war eine komplexe Analyse verschiedener Themenbereiche erforderlich. Wir haben daher eine Reihe von Experten gebeten, zu den grundsätzlichen analytischen Arbeiten, die diesem Bericht zugrunde liegen, Stellung zu nehmen und die Vorentwürfe der einzelnen

Kapitel zu prüfen. Ihre Kommentare und Vorschläge waren äußerst nützlich. Auf der folgenden Seite unternehmen wir den Versuch, all diese Beiträge zu würdigen, und wir bitten im Voraus um Entschuldigung, falls wir diesen oder jenen versehentlich nicht genannt haben.

Für alle etwaigen Fehler und Auslassungen ist die IEA verantwortlich.

Würdigung der Beiträge IEA-externer Experten

African Energy Policy Research Network, Kenia, *Stephen Karakezi*.

Asiatische Entwicklungsbank, Philippinen, *Carol Litwin*.

Asia-Pacific Energy Research Centre, Japan, *Yonghun Jung* und *Naoko Doi*.

Australian Greenhouse Gas Office, Australien, *Stephen Berry*.

Cambridge Energy Research Associates, Vereinigte Staaten von Amerika, *Kevin Lindemer*.

Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales, Frankreich, *Nina Kousnetzof*.

CONCAWE, Belgien, *Jean-François Larive*.

Constellation Energy, Vereinigte Staaten von Amerika, *John Paffenbarger*.

Energieministerium, Vereinigte Staaten von Amerika, *Andy Kydes*, *Bruce Bawks*, *John Cymbalski*, *Lynda Doman* und *Crawford Honeycutt*.

Department for International Development, Vereinigtes Königreich, *Gill Wilkins*.

Generaldirektion Entwicklung, Europäische Kommission, Belgien, *Philip Mann*.

Generaldirektion Energie und Verkehr, Europäische Kommission, Belgien, *Manfred Decker*, *Pietro Menna*, *Paolo Bertoldi* und *Randall Bowie*.

Electricité de France, Frankreich, *François Verneyre* und *Prabodh Porouchottamin*.

Energy Conservation Centre, Japan, *Naohito Okumura*.

Energy Efficient Strategies, Australien, *Lloyd Harrington*.

Energy Research Institute, State Development Planning Commission, China, *Dadi Zhou*, *Yuan Guo* und *Yufeng Yang*.

Eni, Italien, *Alessandro Lanza*.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ (WGBU), Deutschland, *Marc Ringel*.

Institute of Energy Economics, Japan, *Koukichi Ito* und *Yukari Yamashita*.

Internationale Atomenergie-Agentur, Österreich, *Kee-Yung Nam*.

Jyukankyo Research Institute Inc., Japan, *Naoto Sagawa*.

Kumasi Institute of Technology and Environment, Ghana, *Abeeku Brew-Hammond*.

Lawrence Berkeley National Laboratory, Vereinigte Staaten von Amerika, *Jonathan Sinton*.

Ministerium für Wirtschaft, Industrie und Energie, Korea, *Il-Hwan Oh* und *Jae-Joon Kim*.

Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie, Japan, *Akihiko Inomata*.

Ministerium für Energie und Bodenschätze, Indonesien, *Sumiarso Luluk*.
Natural Resources Canada, *Bob Lyman* und *Valentin Konza*.

Nationale Technische Universität Athen, Griechenland, *Leonidas Mantzos*.

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), Frankreich, *Ulrich Hiemenz*, *Barrie Stevens*, *David O'Connor*, *Jean-Claude Berthelemy*, *Patrick Love*, *Riel Miller* und *Celine Kauffmann*.

Organisation Erdöl exportierender Länder (OPEC), Österreich, *Nadir Guerer*.

PW Consulting, Vereinigtes Königreich, *Paul Wade*.

Simmons & Company, Vereinigte Staaten von Amerika, *Matt Simmons*.

Bundesamt für Energie, Schweiz, *Jean-Christophe Fuëg*.

Tata Energy Research Institute, Indien, *Rajendra Pachauri*.

Technische Universität Wien, Österreich, *Reinhard Haas* und *Gustav Resch*.

Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), Frankreich, *Lawrence Agbemabiese*.

Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), Italien, *Gustavo Best*, *Miguel Trossero* und *Adrian Whiteman*.

Universität São Paulo, Brasilien, *Edmilson Moutinho dos Santos*.

WEFA Inc., Vereinigte Staaten von Amerika, *Michael Lynch*.

Weltbank, Vereinigte Staaten von Amerika, *Jamal Saghir*, *Mohamed Farhandi*, *Dominique Lallement*, *Shane Streifel* und *Nouredine Berrah*.

World Coal Institute, *Malcom Keay*.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Ausgabe des *Weltenergieausblicks*, in der die neuesten Energieprojektionen der IEA bis zum Jahr 2030 vorgestellt werden, beschreibt eine Zukunft, in der der Energieverbrauch weiter unaufhaltsam zunimmt, die fossilen Energieträger in der Energieverbrauchsstruktur nach wie vor dominieren und die Entwicklungsländer sich den OECD-Ländern als größten kommerziellen Energieverbrauchern rasch annähern. Die weltweiten Energieressourcen reichen zweifellos aus, um die steigende Nachfrage noch mindestens drei Jahrzehnte lang zu decken. Doch werfen die in diesem *Ausblick* enthaltenen Projektionen gravierende Fragen im Hinblick auf die Energieversorgungssicherheit, die Investitionen in die energiewirtschaftliche Infrastruktur, die Bedrohung durch energiewirtschaftliche Umweltschäden und den ungleichen Zugang der Weltbevölkerung zu einer modernen Energieversorgung auf.

Die Regierungen werden in vielen Bereichen von Energieverbrauch und -angebot energische Maßnahmen ergreifen müssen, wenn diesen Befürchtungen begegnet werden soll. Die hier vorgelegten Kernprojektionen sind von einem Referenzszenario abgeleitet, in dem nur die bis Mitte 2002 effektiv beschlossenen staatlichen Politiken und Maßnahmen berücksichtigt sind. In einem separaten Alternativen PolitikszENARIO werden die Auswirkungen einer Reihe von den OECD-Ländern derzeit erwogener neuer energie- und umweltpolitischer Maßnahmen sowie einer rascheren Einführung neuer Energietechnologien evaluiert. Beide Szenarien bestätigen das Ausmaß der politischen Herausforderungen, vor die sich die Staaten heute weltweit gestellt sehen.

Eines der wichtigsten Ergebnisse des *Energieausblicks* lautet, dass der Energiehandel rasch expandieren wird. Insbesondere in den wichtigsten Öl- und Gasverbraucherregionen werden sich die Importe erheblich ausweiten. Dieser Handel wird die wechselseitige Abhängigkeit zwischen den Ländern erhöhen. Zugleich wird aber auch die Besorgnis über die Anfälligkeit der Weltwirtschaft für Störungen der Energieversorgung insofern zunehmen, als sich die Produktion immer stärker auf eine kleine Zahl von Förderländern konzentriert. Die Versorgungssicherheit ist unter den energiepolitischen Anliegen an die erste Stelle gerückt. Die Regierungen der Öl und Gas importierenden Län-

der müssen künftig eine aktivere Rolle bei der Bewältigung der beim Handel mit fossilen Energieträgern gegebenen Risiken für die Versorgungssicherheit übernehmen. Sie müssen ihr Augenmerk verstärkt darauf richten, die Sicherheit der internationalen Seewege und Rohrleitungen zu gewährleisten. Außerdem müssen sie die Möglichkeiten zur Diversifizierung ihrer Energieträger sowie der entsprechenden geographischen Bezugsquellen einer erneuten Prüfung unterziehen. Das Alternative PolitikszENARIO der OECD veranschaulicht die starken Effekte, die neue Maßnahmen zur Eindämmung des Energieverbrauchswachstums sowie zur Förderung der Abkehr von fossilen Energieträgern auf die Importabhängigkeit haben könnten. Gleichwohl werden Regierungen und Verbraucher wahrscheinlich auch weiterhin bereit sein, im Tausch für ein Energieangebot zu wettbewerbsfähigen Preisen ein gewisses Maß an Risiken in Kauf zu nehmen.

Die notwendige Ausweitung von Produktions- und Angebotskapazitäten wird massive Investitionen auf allen Ebenen der Energieversorgungskette erfordern. So werden allein für neue Stromerzeugungskapazitäten bis 2030 Investitionen in Höhe von fast 4,2 Bill. \$ benötigt. Damit diese Investitionen rechtzeitig mobilisiert werden, wird es erforderlich sein, regulierungs- und marktbedingte Schranken abzubauen und ein attraktives Investitionsklima zu schaffen – eine in vielen Entwicklungsländern und in der ehemaligen Sowjetunion gewaltige Aufgabe. Die meisten Investitionen werden in den Entwicklungsländern benötigt werden und dürften ohne einen enormen Zuwachs der Kapitalzuflüsse aus den Industriestaaten wohl kaum zustande kommen.

Die energiewirtschaftlich bedingten Kohlendioxidemissionen werden voraussichtlich, trotz der bisher umgesetzten Politiken und Maßnahmen, etwas rascher wachsen als der Energieverbrauch im Referenzszenario. Dem Alternativen PolitikszENARIO zufolge würden jedoch neue Maßnahmen, die von zahlreichen OECD-Ländern derzeit erwogen werden, im Verein mit einer rascheren Einführung effizienterer und saubererer Technologien Energieeinsparungen zur Folge haben und den Umstieg auf weniger CO₂-intensive Energieträger fördern. Diese Entwicklungen würden letztlich, wenn auch erst gegen Ende des Projektionszeitraums, die CO₂-Emissionen in den OECD-Ländern stabilisieren.

Mehr als ein Viertel der Weltbevölkerung hat keinen Zugang zu Elektrizität, und zwei Fünftel decken ihren Basisenergiebedarf noch immer vorwiegend mit Hilfe traditioneller Biomasse. Wenngleich die Zahl der Menschen ohne Anschluss an die Stromversorgung in den kommenden Jahrzehnten sinken wird, werden den Projektionen zufolge auch im Jahr

2030 noch 1,4 Milliarden Menschen ohne Elektrizität auskommen müssen. Ja, die Zahl der Menschen, die Holz, Agrarabfälle und tierische Abfälle als Hauptbrennstoffe zum Kochen und Heizen verwenden, wird sogar noch *zunehmen*. Um die Versorgung mit Elektrizität auch den energiewirtschaftlich armen Bevölkerungsgruppen zukommen zu lassen und ihnen besseren Zugang zu anderen modernen Energieformen zu verschaffen, sind energischere staatliche Politiken und koordinierte internationale Maßnahmen unerlässlich.

Fossile Energieträger werden im weltweiten Energieverbrauch weiterhin dominieren

Laut Referenzszenario wird der weltweite Energieverbrauch bis Ende 2030 stetig zunehmen. Der globale Primärenergieverbrauch wird den Projektionen zufolge von 2000 bis 2030 um 1,7% jährlich steigen und somit 15,3 Mrd. t RÖE auf Jahresbasis erreichen. Diese Zunahme entspricht zwei Dritteln des heutigen Verbrauchs. Das projizierte Wachstum bleibt gleichwohl hinter der jährlichen Steigerungsrate der letzten dreißig Jahre (2,1%) zurück.

Die fossilen Energieträger werden die wichtigsten Energiequellen bleiben und mehr als 90% des Verbrauchswachstums decken. Der weltweite *Ölverbrauch* wird um rd. 1,6% jährlich von 75 Mio. Barrel pro Tag (mb/d) im Jahr 2000 auf 120 mb/d im Jahr 2030 steigen. Nahezu drei Viertel dieser Nachfragesteigerung werden auf den Verkehrssektor entfallen. Öl wird im Straßen-, See- und Luftverkehr weiterhin der bevorzugte Energieträger sein. Infolgedessen wird sich in allen Regionen eine Verschiebung weg von schwereren, vorwiegend in der Industrie verwendeten Ölprodukten hin zu Leicht- und Mitteldestillaten wie Benzin und Dieselmotorkraftstoff vollziehen. Diese Verlagerung wird besonders ausgeprägt in den Entwicklungsländern sein, wo der Treibstoffanteil am Produktmix derzeit noch vergleichsweise gering ist.

Bei *Erdgas* wird die Nachfrage kräftiger steigen als bei allen anderen fossilen Energieträgern. Der Primärgasverbrauch wird sich, bezogen auf den heutigen Stand, bis 2030 verdoppeln, und der Gasanteil am Weltenergieverbrauch wird von 23% auf 28% zunehmen. Über 60% der zusätzlichen Erdgaslieferungen in den nächsten dreißig Jahren werden von Kraftwerksneubauten absorbiert werden. In den meisten Fällen wird es sich dabei um Kombikraftwerke handeln, deren Stromerzeugungstechnologie sich durch einen hohen Energienutzungsgrad und niedrige Kapitalkosten auszeichnet. Gas wird ferner auch oft wegen seiner relativ geringen Um-

welteffekte, insbesondere seines geringeren Kohlenstoffgehalts, den Energieträgern Kohle und Öl vorgezogen.

Der Kohleverbrauch wird ebenfalls wachsen, wenn auch langsamer als der Öl- und Gasverbrauch. Zwei Drittel der Zunahme des Weltkohleverbrauchs im Projektionszeitraum werden auf China und Indien entfallen. In allen Regionen wird sich der Kohleeinsatz zunehmend auf die Verstromung konzentrieren, wo Kohle der vorherrschende Energieträger bleiben wird. Die Kohlenachfrage des Stromerzeugungssektors wird mit dem erwarteten Anstieg der Gaspreise zunehmen. Auch die Einführung moderner Technologien wird langfristig die Attraktivität der Kohle für Verstromungszwecke erhöhen.

Die Rolle der Kernenergie wird mit der Stilllegung einer Reihe von Kernkraftwerken und dem nur geringen Zubau neuer Reaktoren deutlich zurückgehen. Die Kernenergieerzeugung wird am Ende dieses Jahrzehnts ihren Höchststand erreichen und sich dann allmählich verringern. Ihr Anteil am weltweiten Primärenergieverbrauch wird bis einschließlich 2010 bei rd. 7% verharren und dann bis 2030 auf 5% sinken. Ihr Anteil an der Gesamtstromerzeugung wird sogar noch rascher zurückgehen, nämlich von 17% im Jahr 2000 auf 9% im Jahr 2030. Die Kernenergieproduktion wird nur in einigen wenigen, vorwiegend asiatischen Ländern zunehmen. Die stärkste Abnahme der Kernenergieerzeugung wird für Nordamerika und Europa erwartet. Bei der Kernenergie sind die Aussichten besonders ungewiss. Die Regierungen einiger Länder haben ein erneutes Interesse an der nuklearen Option als Mittel zur Emissionsminderung und zur Verbesserung der Versorgungssicherheit bekundet.

Erneuerbare Energien werden in der weltweiten Primärenergieverbrauchsstruktur eine wachsende Rolle spielen. Die Wasserkraft ist seit langem eine wichtige Energiequelle für die Stromerzeugung. Ihr Anteil am globalen Primärenergieaufkommen wird konstant bleiben, ihr Anteil an der Stromerzeugung aber sinken. Die erneuerbaren Energieträger (ohne Wasserkraft) werden, als Gruppe betrachtet, mit einer durchschnittlichen Jahresrate von 3,3% im Projektionszeitraum rascher expandieren als jede andere Primärenergiequelle. Windenergie und Biomasse werden, namentlich in den OECD-Ländern, das höchste Wachstum verzeichnen. Allerdings werden die erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) auch noch 2030 nicht mehr als einen Bruchteil des Weltenergieverbrauchs decken, da sie von einer sehr niedrigen Ausgangsbasis aus wachsen. Die OECD-Länder, von denen viele energische Maßnahmen zur Förderung von Kraftwerksvorhaben auf der Basis erneuerbarer Energien eingeführt haben, werden für den größten Teil des Wachstums in diesem Bereich verantwortlich sein.

Der Verbrauch wird am raschesten in den Entwicklungsländern steigen ...

Über 60% der Steigerung des weltweiten Primärenergieverbrauchs zwischen 2000 und 2030 werden auf die Entwicklungsländer, namentlich in Asien, entfallen. Der Anteil dieser Länder am Weltenergieverbrauch wird von 30% auf 43% steigen. Der Anteil der OECD-Länder hingegen wird von 58% auf 47% sinken. Der Anteil der ehemaligen Sowjetunion sowie Ost- und Mitteleuropas (d.h. der Reformstaaten) wird geringfügig auf 10% zurückgehen. Die sprunghafte Erhöhung des Verbrauchs in den Entwicklungsländern resultiert aus ihrem raschen Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum. Auch die zunehmende Industrialisierung und Verstädterung wird den Verbrauch in die Höhe treiben. Die Ablösung traditioneller Biomasse durch kommerziell gehandelte Energien wird den statistisch erfassten Verbrauch steigern. Die höheren Verbraucherpreise im Zuge des Abbaus von Energiesubventionen und des internationalen Preisanstiegs werden das Energieverbrauchswachstum voraussichtlich nicht schmälern.

Die Bedeutung Chinas, das schon heute der zweitgrößte Energieverbraucher der Welt ist, wird an den Weltenergiemärkten weiter zunehmen, da das starke chinesische Wirtschaftswachstum den Verbrauch und die Einfuhren in die Höhe treibt. Die außergewöhnlich große Abhängigkeit der chinesischen Wirtschaft von Kohle wird bestehen bleiben, doch werden die Anteile von Öl, Erdgas und Kernenergie in der chinesischen Energieverbrauchsstruktur zunehmen. Infolge seines steigenden Öl- und Gasimportbedarfs wird China zu einem strategischen Käufer an den Weltmärkten werden.

... und der Energieverbrauch des Verkehrssektors wird den aller anderen Sektoren überflügeln

Die Energienachfrage des Verkehrssektors, die nahezu ausschließlich dem Öl gilt, wird von allen Endverbrauchssektoren mit 2,1% jährlich am raschesten zunehmen. Der Verkehrssektor wird die Industrie in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts als größter Endverbrauchssektor überholen. Die verkehrsbedingte Energienachfrage wird nahezu überall zunehmen, am raschesten aber in den Entwicklungsländern. Der Verbrauch für Verkehrszwecke wird im OECD-Raum im Zuge der immer stärkeren Sättigung der Märkte langsamer wachsen. Der Verbrauch im Wohnungs- und im Dienstleistungssektor wird mit einer durchschnittlichen Jahresrate von 1,7% etwas rascher zunehmen als in der Industrie, wo er um 1,5% jährlich steigen wird.

Der Stromverbrauch wird mit jährlich 2,4% im Projektionszeitraum rascher zunehmen als jede andere Art des Endenergieverbrauchs. Der Weltstromverbrauch wird sich bis einschließlich 2030 verdoppeln, und im selben Zeitraum wird der Anteil dieses Energieträgers am gesamten Endenergieverbrauch von 18% im Jahr 2000 auf 22% im Jahr 2030 steigen. Der größte Verbrauchszuwachs wird in den Entwicklungsländern anfallen. Am raschesten nimmt der Stromeinsatz im Sektor private Haushalte zu, insbesondere in den Entwicklungsländern. Allerdings wird sich der enorme Abstand beim Pro-Kopf-Stromverbrauch zwischen OECD- und Entwicklungsländern im Projektionszeitraum kaum verändern. Auch die Anteile von Öl und Gas am weltweiten Endverbrauch werden mehr oder weniger konstant bleiben. Im Jahr 2030 wird rund die Hälfte des Endenergieverbrauchs auf Ölprodukte entfallen. Der Kohleanteil wird hingegen von 9% auf 7% sinken. Der Kohleinsatz wird im Industriesektor zunehmen, allerdings ausschließlich in Nicht-OECD-Ländern. In den Sektoren private Haushalte und Dienstleistungen wird er stagnieren.

Fossile Energieressourcen sind in großem Umfang vorhanden, doch werden sich Technologien und Angebotsstruktur verändern

Die weltweiten Energieressourcen reichen zur Deckung des projizierten Energieverbrauchswachstums aus. Erdölressourcen sind zwar reichlich vorhanden, doch werden zusätzliche Reserven erschlossen werden müssen, um die steigende Ölnachfrage bis 2030 zu befriedigen. Besonders reichlich bemessen sind die Reserven an Erdgas und Kohle, und auch an Uran für die Kernenergieerzeugung besteht kein Mangel. Das physische Potential für die Erzeugung erneuerbarer Energien ist ebenfalls sehr groß. Allerdings wird sich die geographische Verteilung der Bezugsquellen für die zusätzlich benötigte Energie in den nächsten dreißig Jahren, bedingt durch kostenmäßige, geologische und technische Faktoren, verschieben. Insgesamt wird nahezu der gesamte Anstieg der Energieproduktion auf Nicht-OECD-Länder entfallen, im Vergleich zu gerade einmal 60% im Zeitraum 1971-2000.

Ein Großteil des weltweiten Nachfragewachstums bei Öl und Gas wird durch eine Ausweitung der Förderung im Nahen Osten und in der ehemaligen Sowjetunion gedeckt werden, die über massive Kohlenwasserstoffressourcen verfügen. Der Löwenanteil am projizierten 60%igen Wachstum des weltweiten Ölverbrauchs in den kommenden dreißig Jahren wird von den OPEC-Förderländern insbesondere im Nahen Osten ge-

deckt werden. In den Regionen, in denen die Ölförderung mittlerweile ihren Höhepunkt erreicht hat, wie in Nordamerika und der Nordsee, wird die Förderleistung allmählich sinken. Zusätzliches Öl wird von Russland und der Region am Kaspischen Meer zur Verfügung gestellt werden, was wiederum tiefgreifende Auswirkungen auf die Diversifizierung der Bezugsquellen der Ölimportländer haben wird.

Die weltweiten Rohölraffineriekapazitäten werden sich den Projektionen zufolge um 1,3% im Jahresdurchschnitt auf 121 mb/d im Jahr 2030 erhöhen. Der Kapazitätszuwachs wird dank steigender Auslastungsraten und der Beseitigung einiger Engpässe im Raffineriebereich nur geringfügig hinter der Nachfrage nach Raffinerieprodukten zurückbleiben. Über 80% der neuen Raffineriekapazitäten werden außerhalb des OECD-Raums, und zwar größtenteils in Asien, entstehen. Die Raffinerien werden ihren Ausstoß an Kraftstoffen im Vergleich zu den schwereren Ölprodukten steigern und zugleich die Produktqualität verbessern müssen.

Die Erdgasressourcen sind geographisch breiter verteilt als die Erdölvorkommen, und die Gasförderung wird in allen Regionen außer Europa zunehmen. Die Kosten für Gasproduktion und -transport dürften vielerorts steigen, da die kostengünstigen, marktnah verfügbaren Ressourcen langsam erschöpft sind und die Versorgungsketten länger werden.

In den meisten Regionen sind Kohlereserven in reichem Maß vorhanden. Die Zunahme der Kohleproduktion wird sich allerdings voraussichtlich auf die Gebiete konzentrieren, wo die Förder-, Verarbeitungs- und Transportkosten am niedrigsten sind – Südafrika, Australien, China, Indien, Indonesien, Nord- und Lateinamerika.

Im Projektionszeitraum werden neue Energiequellen und moderne Technologien entstehen. Nicht konventionelle Ölquellen, wie etwa Ölsände und Gasverflüssigung, werden im Zuge sinkender Produktionskosten mit Sicherheit an Bedeutung gewinnen. Auch Brennstoffzellen werden wahrscheinlich einen bescheidenen Beitrag zum Weltenergieaufkommen nach 2020 leisten, und zwar vorwiegend in kleinen dezentralen Kraftwerken. Bei den Brennstoffzellen, die voraussichtlich als erste kommerziell eingesetzt werden, wird die Dampfreformierung von Erdgas im Vordergrund stehen. Für den Einsatz in Kraftfahrzeugen werden Brennstoffzellen wohl erst gegen Ende des Projektionszeitraums attraktiv werden, so dass sie im Jahr 2030 erst einen kleinen Teil des Fahrzeugbestands antreiben dürften.

Der internationale Energiehandel, der sich nahezu ausschließlich auf fossile Energieträger beschränkt, wird ganz enorm expandieren. Der Energiehandel wird sich, bezogen auf den heutigen Stand, bis 2030 mehr

als verdoppeln. Alle Erdöl importierenden Regionen, einschließlich der drei OECD-Regionen, werden mehr Öl, hauptsächlich aus dem Nahen Osten, importieren. Am spektakulärsten wird die Zunahme in Asien sein. Die Importabhängigkeit der größten Wachstumsmärkte für Erdgas wird sich erheblich verstärken. In absoluter Rechnung wird der größte Anstieg der Gasimporte auf Europa entfallen. Die Zahl der grenzüberschreitenden Pipeline-Projekte wird sich vervielfachen, und der Handel mit Flüssigerdgas (LNG) wird sprunghaft zunehmen.

Der steigende Verbrauch wird die Kohlendioxidemissionen in die Höhe treiben

Die energiebezogenen Kohlendioxidemissionen werden weltweit etwas rascher wachsen als der Primärenergieverbrauch. Den Projektionen zufolge steigen sie im Referenzszenario von 2000 bis 2030 um jährlich 1,8% und erreichen im Jahr 2030 38 Mrd. t. Dieser Wert liegt um 16 Mrd. t bzw. 70% über dem heutigen Stand. Zwei Drittel des Zuwachses werden auf die Entwicklungsländer entfallen. Rund drei Viertel der Neuemissionen werden durch Stromerzeugung und Verkehr verursacht werden.

Die geographischen Quellen der Neuemissionen werden sich sehr stark von den Industriestaaten zu den Entwicklungsländern verlagern. Der Anteil letzterer an den weltweiten Emissionen wird von heute 34% auf 47% im Jahr 2030 hinaufschnellen, während der Anteil des OECD-Raums von 55% auf 43% sinken wird. China allein wird ein Viertel bzw. 3,6 Mrd. t zum Anstieg der CO₂-Emissionen beisteuern, so dass die Gesamtemissionen dieses Landes 2030 6,7 Mrd. t erreichen. Gleichwohl werden die Emissionen Chinas auch dann noch weit unter denen der Vereinigten Staaten liegen.

Der steile Anstieg der projizierten Emissionen im Referenzszenario veranschaulicht die Herausforderung, die die meisten OECD-Länder bei der Einhaltung ihrer aus dem Kyoto-Protokoll resultierenden Verpflichtungen bewältigen müssen. Die Emissionen werden in den OECD-Ländern, die das Protokoll unterzeichnet haben, im Jahr 2010, d.h. in der Mitte der im Protokoll vorgesehenen Zielperiode 2008-2012, 12,5 Mrd. t erreichen. Dieser Wert liegt um 2,8 Mrd. t bzw. 29% über der Zielvorgabe. Ganz anders stellt sich die Lage in Russland sowie in den mittel- und osteuropäischen Ländern dar, wo die projizierten Emissionen erheblich *niedriger* sind, als es den Verpflichtungen dieser Länder entsprechen würde. Dem Protokoll zufolge kann das nicht in Anspruch genommene Emissionsvolu-

men in Russland, der Ukraine und Osteuropa, auch als „heiße Luft“ bezeichnet, an Länder verkauft werden, die die Emissionsziele überschreiten. Doch wird selbst diese „heiße Luft“ nicht ausreichen, um die Zielverfehlungen der anderen Länder auszugleichen. Die Gesamtlücke wird ungefähr 15% der für 2010 projizierten Emissionen entsprechen. Bei Ausklammerung der Vereinigten Staaten, die das Kyoto-Protokoll nicht zu ratifizieren beabsichtigen, sinkt die Lücke auf 2%.

Kohlenstoffbindungs- und -speicherungstechnologien bieten langfristig die Aussicht auf einen Verbrennungsprozess fossiler Energieträger ohne Freisetzung von Kohlenstoff in der Atmosphäre. Diese Technologien werden jedoch wohl kaum vor 2030 in großem Umfang zum Einsatz kommen. Ihre Entwicklung steckt noch in den Kinderschuhen, und sie sind sehr kostspielig. Wenn diese Kosten rascher gesenkt werden könnten, als hier unterstellt wird, hätte dies erhebliche Auswirkungen auf die langfristigen Energieversorgungsaussichten.

Die in den OECD-Ländern erwogenen Maßnahmen sollen Energieverbrauch und Emissionen eindämmen

Dem Alternativen PolitikszENARIO zufolge würde die Umsetzung der in den OECD-Ländern bereits heute erwogenen Maßnahmen die CO₂-Emissionen im Jahr 2030 um rd. 2 150 Mio. t bzw. 16% gegenüber den oben beschriebenen Projektionen des Referenzszenarios verringern. Das entspricht in etwa den heutigen Emissionen von Deutschland, dem Vereinigten Königreich, Frankreich und Italien zusammengenommen. Die durch die neuen Politiken und Maßnahmen sowie die raschere Einführung effizienterer Technologien erzielten Energieeinsparungen würden 9% des im Referenzszenario für 2030 projizierten Verbrauchs entsprechen. Die CO₂-Minderungen wären infolge der zusätzlichen Effekte des Umstiegs auf weniger kohlenstoffhaltige Brennstoffe sogar noch größer. Wegen des langsamen Tempos der Erneuerung des Energiekapitalstocks wären die CO₂-Einsparungen in den ersten Jahren allerdings relativ gering – d.h. sie würden nicht mehr als 3% bis 2010 und 9% bis 2020 betragen.

Gemäß dem Alternativen PolitikszENARIO würde die größte Minderung der CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung erzielt, was durch den rasch wachsenden Einsatz erneuerbarer Energieträger sowie Einsparungen beim Stromverbrauch bedingt ist. Die Regierungen der OECD-Länder setzen in ihren langfristigen Plänen zur Eindämmung der CO₂-Emissionen und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit derzeit vor allem auf erneuerbare Energieträger und Elektrizität. Wenn die drei

großen OECD-Regionen einzeln betrachtet auch bei diesem Szenario die im Kyoto-Protokoll festgesetzten Zielvorgaben noch verfehlen würden, könnte das „Heiße-Luft-Phänomen“ doch gleichwohl die Einhaltung dieser Ziele erlauben.

Die Projektionen des Alternativszenarios zeigen eine deutliche Reduzierung der Importabhängigkeit in den wichtigsten Energie importierenden Regionen. 2030 betrage demnach der Gasverbrauch der OECD-Länder 260 Mrd. m³ und läge damit um 13% unter dem Ansatz des Referenzszenarios. Prozentual gesehen wäre der Rückgang bei den Importen sogar noch größer. Die Reduzierung der EU-Gasimporte bis 2030 wäre höher als das gesamte derzeitige Importvolumen aus Russland und Norwegen. Die Einsparungen beim Ölverbrauch würden 10% oder 4,6 mb/d erreichen.

Auch am Ende des Projektionszeitraums wird es nicht gelungen sein, die Armen der Welt in eine moderne Energieversorgung einzubeziehen

Nach den eigens für diese Studie zusammengestellten Daten haben rd. 1,6 Milliarden Menschen keinen Zugang zu Elektrizität. Mehr als 80% der Menschen, die heute noch auf Strom verzichten müssen, leben in Südasien sowie in Afrika südlich der Sahara. Die Mehrzahl von ihnen müssen mit weniger als 2 Dollar pro Tag auskommen, doch ist das Einkommen nicht der einzige Bestimmungsfaktor für den Zugang zu Elektrizität. China, wo 56% der Bevölkerung nach der internationalen Definition immer noch „arm“ sind, war gleichwohl in der Lage, die große Mehrheit seiner Bürger mit Elektrizität zu versorgen.

Ohne neue staatliche Initiativen großen Stils werden auch 2030 noch immer 1,4 Milliarden Menschen bzw. 18% der Weltbevölkerung trotz der weiteren Ausbreitung von Wohlstand und moderner Technik ohne Elektrizität auskommen müssen. Die Zahl der Menschen ohne Zugang zu Strom wird im Jahr 2030 um 200 Millionen niedriger als heute sein, obwohl die Weltbevölkerung von 6,1 Milliarden im Jahr 2000 auf dann 8,3 Milliarden ansteigen dürfte. Vier Fünftel der Menschen, die nicht über Strom verfügen, leben in ländlichen Räumen. Die Struktur des Elektrizitätsmangels wird sich aber aller Voraussicht nach insofern verändern, als 95% des Bevölkerungszuwachses in den nächsten dreißig Jahren auf städtische Ballungsräume entfallen werden.

Zur Deckung ihres Basisenergiebedarfs greift die arme Bevölkerung in den Entwicklungsländern massiv auf traditionelle Biomasse zurück – Holz, Agrarabfälle und Dung. Nach den speziell für diese Studie gesam-

melten Informationen benutzen 2,4 Milliarden Menschen in den Entwicklungsländern zum Kochen und Heizen ausschließlich derartige Brennstoffe. Ein Großteil der Bevölkerung leidet unter Gesundheitsschäden, die durch den ineffizienten Einsatz traditioneller Biomassebrennstoffe hervorgerufen werden. Über die Hälfte aller Personen, die im Wesentlichen auf Biomasse angewiesen sind, lebt in Indien und China, doch ist der *Bevölkerungsanteil* derjenigen, die von Biomasse abhängig sind, am höchsten in Afrika südlich der Sahara.

Der Anteil der Weltbevölkerung, der für Koch- und Heizzwecke auf Biomasse angewiesen ist, wird voraussichtlich in den meisten Regionen der Dritten Welt zurückgehen, doch wird die absolute Zahl der hiervon betroffenen Menschen zunehmen. Diese Steigerung wird sich überwiegend auf Südasien und Subsahara-Afrika konzentrieren. Über 2,6 Milliarden Menschen in den Entwicklungsländern werden auch im Jahr 2030 noch Biomasse für Koch- und Heizzwecke verwenden. Das entspricht einer Zunahme von über 240 Millionen bzw. 9%. In den Entwicklungsländern wird am Ende des Projektionszeitraums immer noch mehr als die Hälfte des Energieverbrauchs der privaten Haushalte auf Biomasse entfallen.

Das Fehlen von Strom verschärft die Armut und trägt zu deren Verfestigung bei, da hierdurch die meisten industriellen Aktivitäten unmöglich gemacht und dementsprechend auch keine Arbeitsplätze geschaffen werden. Die in China und anderen Ländern gesammelten Erfahrungen zeigen, wie die Regierungen dazu beitragen können, den Zugang zu modernen Energiequellen zu erweitern. Natürlich garantieren aber die Elektrifizierung und der Zugang zu modernen Energiedienstleistungen alleine noch nicht den Abbau der Armut. Damit produktive, Einkommen schaffende Aktivitäten in den Entwicklungsländern entstehen, bedarf es einer Vielzahl von Energiequellen für thermische und mechanische Anwendungen. Da aber Biomasse noch auf absehbare Zukunft beim Energieverbrauch dieser Länder dominieren wird, ist die Entwicklung von Biomasetechnologien mit höherem Wirkungsgrad für die Armutsreduzierung in ländlichen Räumen von existenzieller Bedeutung. Erneuerbare Energien, solare Strahlungs- und Windenergie sowie Biomasse können kosteneffektive Optionen für spezifische netzunabhängige Anwendungen sein, doch wird man bei der Ausweitung der netzgebundenen Kapazitäten wohl eher konventionellen Energieträgern und bewährten Technologien den Vorzug geben.

KAPITEL 1 : ANALYSERAHMEN

SCHWERPUNKTE

- Das Wirtschaftswachstum ist die Haupttriebfeder des Energieverbrauchs. Es wird unterstellt, dass sich das weltweite Bruttoinlandsprodukt im Zeitraum 2000-2030 um durchschnittlich 3% jährlich erhöht – das entspricht einer moderaten Verlangsamung im Vergleich zu den letzten dreißig Jahren. Das Wachstum wird sich im Jahr 2003 wahrscheinlich beleben und bis einschließlich 2010 konstant bleiben, dürfte sich dann aber in den folgenden zwanzig Jahren allmählich verlangsamen, wenn die Volkswirtschaften der Entwicklungsländer nach und nach ausreifen und deren Bevölkerung langsamer wächst.
- Die Weltbevölkerung wird den Annahmen zufolge um ein Drittel expandieren, von 6 Milliarden im Jahr 2000 auf 8,2 Milliarden im Jahr 2030. Die Zuwachsrate wird sich allmählich von 1,4% in den neunziger Jahren auf 1% im Zeitraum 2000-2030 verlangsamen. Das Wachstum der Weltbevölkerung wird vorwiegend auf die städtischen Ballungsgebiete der Entwicklungsländer entfallen.
- Es wird unterstellt, dass die Rohölpreise bis 2010 konstant bei rd. 21 \$ je Barrel (in Dollar des Jahres 2000), also ihrem Durchschnittsniveau der vergangenen 15 Jahre, verharren. Sie werden dann den Projektionen zufolge stetig auf 29 \$ im Jahr 2030 ansteigen. Die Erdgaspreise werden sich mehr oder weniger parallel zu den Ölpreisen entwickeln, wobei die Preise in den drei Regionen Europa, Asiatisch-Pazifischer Raum und Nordamerika bis zu einem gewissen Grade konvergieren dürften. Die Kohlepreise bleiben bis 2010 konstant und steigen danach sehr langsam.
- Die größten Unsicherheitsfaktoren beim *Weltenergieausblick* betreffen Veränderungen bei den staatlichen Politikmaßnahmen und der technologischen Entwicklung bzw. hängen mit den makroökonomischen Bedingungen und den Energiepreisen zusammen. Diese Faktoren werden sowohl die Nachfrage nach Energiedienstleistungen als auch den Umfang der Investitionen in die Versorgungsinfrastruktur beeinflussen. Die Unsicherheiten sind naturgemäß wesentlich größer, was das letzte Jahrzehnt des Projektionszeitraums betrifft.

KAPITEL 2: WELTENERGIETRENDS

SCHWERPUNKTE

- Dem Referenzszenario zufolge wird der Weltenergieeinsatz bis 2030 weiterhin stetig zunehmen. Wichtigste Energiequelle sind auch künftig die fossilen Energieträger, die bis 2030 mehr als 90% des Verbrauchsanstiegs decken werden. Unter den fossilen Energieträgern wird Erdgas das höchste Wachstum aufweisen, wobei Öl aber gleichwohl die wichtigste Energiequelle bleibt. Die Bedeutung der erneuerbaren Energien wird wachsen, während der Anteil der Kernenergie an der Weltenergieversorgung sinken wird.
- Der Energieverbrauch wird am raschesten in den Entwicklungsländern, insbesondere in Asien, zunehmen. Der Anteil der Entwicklungsländer am Weltverbrauch wird von heute gerade einmal 30% auf mehr als 40% im Jahr 2030 steigen. Dennoch wird der Pro-Kopf-Energieverbrauch in den Entwicklungsländern vergleichsweise sehr gering bleiben.
- Im Projektionszeitraum und insbesondere nach 2020 werden neue Energiequellen und moderne Technologien, darunter Ölsände, Gasverflüssigung und Brennstoffzellen, zur Anwendung kommen.
- Bei der geographischen Struktur der Bezugsquellen für das zusätzliche Energieangebot wird es in den nächsten dreißig Jahren durch eine Kombination von kostenmäßigen, geopolitischen und technischen Faktoren zu einer deutlichen Verschiebung kommen. Insgesamt gesehen wird nahezu der gesamte Anstieg der Energieproduktion auf Nicht-OECD-Länder entfallen.
- Der internationale Energiehandel wird stark expandieren. Die Regionen mit den größten Weltöl- und -gasressourcen, insbesondere der Nahe Osten und Russland, werden ihre Exporte kräftig steigern. Die OECD-Länder und die Dynamischen Volkswirtschaften Asiens, die zur Deckung ihres Bedarfs bereits heute große Mengen von Öl importieren, werden ihre Öleinfuhren weiter erhöhen. Der Handel mit Flüssigerdgas

(LNG) wird sprunghaft steigen. Diese Entwicklungen werden die Versorgungssicherheit erneut zum obersten energiepolitischen Anliegen machen.

- Die Ausweitung von Produktions- und Angebotskapazitäten wird, zu einem Großteil in den Entwicklungsländern, massive Investitionen auf allen Ebenen der Energieversorgungskette erfordern. Damit diese Investitionen rechtzeitig mobilisiert werden, müssen regulierungs- und marktbedingte Schranken verringert werden.
- Die energiebezogenen Emissionen von Kohlendioxid werden etwas rascher wachsen als der Gesamt-Primärenergieverbrauch. Drei Viertel der Neuemissionen werden durch Stromerzeugung und Verkehr verursacht werden. Damit die Industriestaaten ihre Emissionsminderungsverpflichtungen gemäß dem Kyoto-Protokoll erfüllen können, werden energischere Politiken und Maßnahmen als bisher erforderlich sein.

Energieverbrauch

Primärenergie

Den Projektionen des Referenzszenarios zufolge wird der globale Primärenergieverbrauch¹ von 2000-2030 um 1,7% jährlich zunehmen und 15,3 Mrd. t RÖE erreichen (Tabelle 2.1). Der Verbrauchszuwachs wird sich auf nahezu 6,1 Mrd. t RÖE bzw. zwei Drittel des heutigen Verbrauchs belaufen. Das projizierte Wachstum bleibt gleichwohl hinter der Steigerungsrate der letzten dreißig Jahre zurück, in denen der Verbrauch um 2,1% jährlich zunahm.

1. Der Gesamt-Primärenergieverbrauch (PEV) entspricht dem gesamten Primärenergieangebot. Diese beiden Begriffe sind im vorliegenden *Ausblick* austauschbar. Im weltweiten Primärenergieverbrauch sind die internationalen Bunkerbestände für die Seeschifffahrt enthalten, die in den regionalen Gesamtbeträgen nicht erfasst sind. Falls nicht anderweitig spezifiziert, bezieht sich der Weltverbrauch ausschließlich auf kommerzielle Energieträger, während Biomasse in Nicht-OECD-Ländern ausgeklammert bleibt (vgl. Fußnote 3). Als Primärenergie werden Energieträger in ihrer Ursprungsform nach Produktion bzw. Einfuhr bezeichnet. Ein Teil der Energie wird umgewandelt, hauptsächlich in Raffinerien, Elektrizitätswerken und Wärmekraftwerken. Der Begriff Endverbrauch bezieht sich auf den Verbrauch in den Endverbrauchssektoren, abzüglich der bei Umwandlung und Verteilung entstehenden Verluste. Vgl. Anhang 2 wegen detaillierter Definitionen.

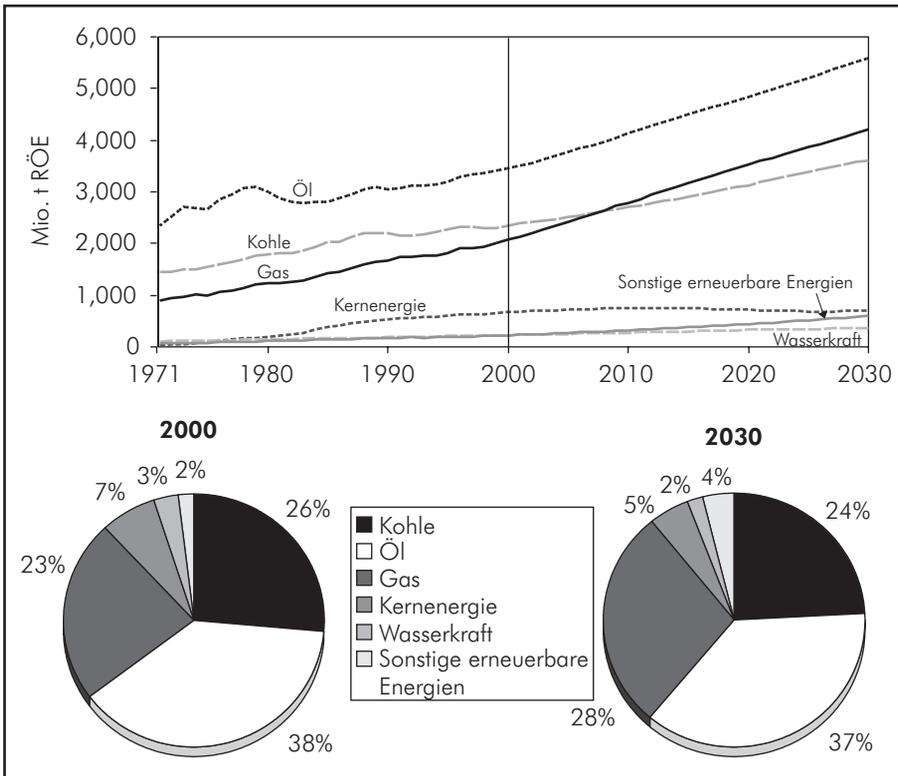
Tabelle 2.1: **Weltprimärenergieverbrauch** (Mio. t RÖE)

	1971	2000	2010	2030	Jahresdurchschnittliches Wachstum 2000-2030 (%)
Kohle	1,449	2,355	2,702	3,606	1.4
Öl	2,450	3,604	4,272	5,769	1.6
Gas	895	2,085	2,794	4,203	2.4
Kernenergie	29	674	753	703	0.1
Wasserkraft	104	228	274	366	1.6
Sonstige erneuerbare Energien	73	233	336	618	3.3
Gesamtes Primärenergieangebot	4,999	9,179	11,132	15,267	1.7

Gut 90% des projizierten Anstiegs des Weltprimärenergieverbrauchs bis 2030 werden auf fossile Energieträger entfallen (Abb. 2.1). Deren *Anteil* am Gesamtverbrauch nimmt von 87% im Jahr 2000 auf 89% im Jahr 2030 noch geringfügig zu. **Öl** bleibt der wichtigste Energieträger in der Primärenergiestruktur, wenngleich sein Anteil geringfügig von 38% auf 37% sinken wird. Der Ölverbrauch dürfte um 1,6% jährlich von 75 mb/d im Jahr 2000 auf 89 mb/d im Jahr 2010 und 120 mb/d im Jahr 2030 zunehmen. Dieser Zuwachs wird überwiegend auf den Verkehrssektor entfallen. Kein anderer Energieträger wird die Vorherrschaft des Öls im Straßen-, See- und Luftverkehr während des Projektionszeitraums ernsthaft in Frage stellen. Im Jahr 2030 wird der Verkehrssektor 55% des Gesamtölverbrauchs absorbieren, gegenüber heute 47%. Bei der Stromerzeugung wird Öl weiterhin nur eine marginale Rolle spielen, wobei der Rückgang im OECD-Raum einen geringfügigen Anstieg in den Entwicklungsländern ausgleichen wird. Moderate Steigerungen werden für den Ölverbrauch in der Industrie sowie im Sektor private Haushalte und gewerbliche Kleinverbraucher projiziert. Diese Zuwächse werden größtenteils auf die Entwicklungsländer entfallen, wo die Konkurrenz von Seiten des Erdgases in den Bereichen Raumheizung und Warmwasserbereitung sowie Prozesswärme begrenzt sein wird.

Die Nachfrage nach **Erdgas** wird rascher wachsen als die nach jedem anderen Primärenergieträger, mit Ausnahme von erneuerbaren Energiequellen (ohne Wasserkraft). Mit einem jährlichen Wachstum von 2,4% wird das Erdgas die Kohle kurz vor 2010 als zweitwichtigste Energiequelle der Welt überholen. Der Gasverbrauch wird sich zwischen 2000 und 2030

Abbildung 2.1: Weltprimärenergieverbrauch



verdoppeln, und der Gasanteil am Weltenergieverbrauch wird von 23% im Jahr 2000 auf 28% im Jahr 2030 zunehmen, vorwiegend zu Lasten von Kohle und Kernenergie. Über 60% des Gasverbrauchsanstiegs in den nächsten dreißig Jahren werden auf neue Kraftwerke entfallen. In den meisten dieser Kraftwerke werden Gasturbinen mit kombinierter Bauart zum Einsatz kommen. Dieser Art von Stromerzeugung wird auf Grund ihrer hohen Energieumwandlungseffizienz und niedrigen Kapitalkosten häufig der Vorzug vor Kohlekraftwerkstechnologien und wie auch vor Kernenergie gegeben. Gas ist zudem wegen seiner relativ geringen Umwelteffekte, insbesondere seines niedrigeren Kohlenstoffgehalts, beliebter als Kohle und Öl. Ein kleiner, aber wachsender Anteil der Erdgasnachfrage wird auf Gasverflüssigungsanlagen sowie Brennstoffzellen zur Produktion von Wasserstoff entfallen.

Der Verbrauch von **Kohle** dürfte um 1,4% jährlich zunehmen. Dennoch wird der Kohleanteil am Weltprimärenergieverbrauch etwas sinken, nämlich von 26% im Jahr 2000 auf 24% im Jahr 2030. Nahezu drei Vier-

tel der Zunahme des Kohleverbrauchs in den Entwicklungsländern und zwei Drittel der Steigerung des Weltkohleverbrauchs werden auf China und Indien entfallen. Der größte Teil des zusätzlichen Kohleverbrauchs wird der Verstromung dienen. In den OECD-Ländern wird die erhöhte Kohleverstromung den geringeren Rückgang des Kohleinsatzes in den Endverbrauchssektoren ausgleichen. Die Sektoren Industrie, private Haushalte und Kleingewerbe werden in den Transformations- und Entwicklungsländern mehr Kohle verbrennen, doch geht der Löwenanteil der Zunahme des Gesamtkohleverbrauchs in beiden Ländergruppen auf die Stromerzeugung zurück.

Die **Kernenergie** wird im Projektionszeitraum erheblich an Bedeutung verlieren, da davon ausgegangen wird, dass nur wenige neue Reaktoren in Betrieb genommen, mehrere hingegen stillgelegt werden². Die Kernenergieerzeugung wird in den nächsten Jahren ihren Höhepunkt erreichen und dann allmählich zurückgehen. Ihr Anteil am Weltprimärenergieverbrauch wird bis einschließlich 2010 bei rd. 7% verharren und dann bis 2030 auf 5% sinken. Die Kernenergieerzeugung wird nur in wenigen Ländern, vorwiegend in Asien steigen. Die größten Einbußen bei der Kernenergieproduktion werden in Nordamerika und Europa erwartet.

Die **Wasserkraft** ist seit langem eine wichtige Energiequelle für die Stromproduktion, doch wird sich ihre relative Bedeutung sicherlich verringern. Ein Großteil der zu niedrigen Kosten verfügbaren hydroelektrischen Ressourcen im OECD-Raum werden bereits genutzt, und aus Umweltgründen werden die Entwicklungsländer kaum weitere Großvorhaben in Angriff nehmen. Die weltweite Stromerzeugung aus Wasserkraft wird bis einschließlich 2030 langsam, d.h. durchschnittlich 1,6% jährlich, zunehmen, doch wird ihr Anteil am Primärenergieverbrauch im Projektionszeitraum nahezu konstant bei 2,5% verharren. Der Großteil des Zuwachses bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft wird auf die Entwicklungsländer entfallen. Der Anteil der Wasserkraft an der weltweiten Stromerzeugung wird von 17% auf 14% zurückgehen.

Die **sonstigen erneuerbaren Energien**³ werden, als Gruppe betrachtet, mit einer durchschnittlichen Jahresrate von 3,3% im Projektionszeit-

2. Die Investitionen in neue Kernkraftwerke dürften aus Gründen der Wettbewerbsfähigkeit und der in vielen Ländern geltenden Beschränkungen für Kraftwerkszubauten begrenzt sein. Sollten die Regierungen allerdings entschlossene politische Entscheidungen zur Erleichterung von Investitionen in Kernkraftwerke gesetzlich verankern, so könnte der Kernenergieanteil an der Stromerzeugung erheblich höher ausfallen als hier projiziert. Kraftwerksneubauten und Verlängerungen der Betriebsdauer existierender Kraftwerke werden in entscheidendem Maße von politischen Weichenstellungen wie auch von ökonomischen Faktoren abhängen.

Kasten 2.1: Einsatz nicht kommerzieller Biomasse in den Entwicklungsländern

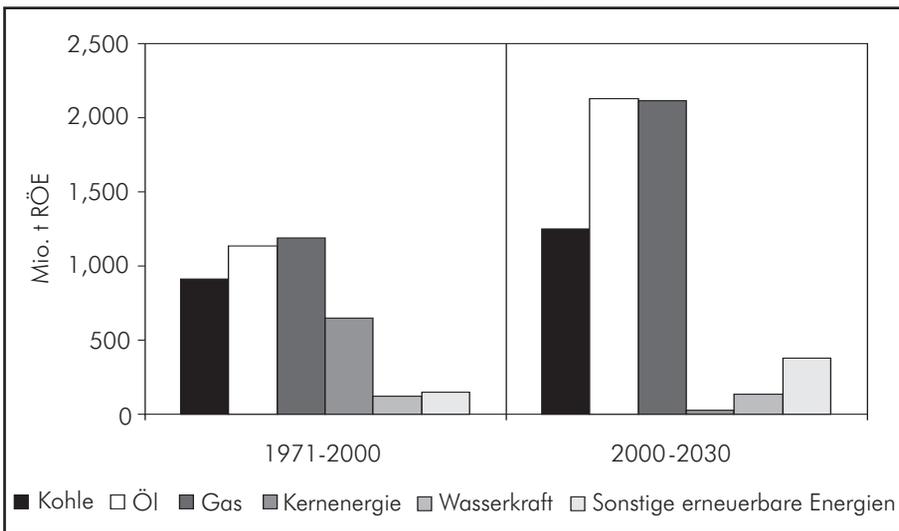
Auf nicht kommerzielle Biomasse entfällt ein Viertel des gesamten Energieverbrauchs in den Entwicklungsländern. Der Biomasseeinsatz dürfte sich dort im Projektionszeitraum von 891 Mio. t RÖE im Jahr 2000 auf 1 019 Mio. t RÖE im Jahr 2030 erhöhen, doch wird der *Anteil* von Biomasse am Gesamt-Primärenergieverbrauch in diesen Ländern sinken. Der Verbrauch wird in der ersten Dekade größer sein und um 0,8% jährlich steigen, dann aber in der letzten Dekade nur noch um 0,1% jährlich wachsen. Der Einsatz von Biomasse, namentlich Holzprodukten, in den Entwicklungsländern dürfte im Projektionszeitraum verstärkt kommerziellen Charakter erhalten. Biomasse wird zunehmend an Märkten gehandelt werden, die mit den heutigen Märkten vieler OECD-Länder vergleichbar sind. In den Energieverbrauchsprojektionen des vorliegenden *Weltenergieausblicks* ist der Einsatz traditioneller Biomasse in den Entwicklungsländern ausgeklammert. Diese Projektionen werden in den Tabellen von Teil D separat ausgewiesen.

raum rascher expandieren als jede andere Energiequelle. Im globalen Energieverbrauch werden sie allerdings auch noch im Jahr 2030 eine nur geringe Rolle spielen, da dieses Wachstum von einer sehr niedrigen Ausgangsbasis aus ansetzt. Der überwiegende Teil der Zunahme bei den erneuerbaren Energien wird auf den Elektrizitätssektor entfallen. Der Anteil erneuerbarer Energiequellen an der gesamten Stromerzeugung wird von 1,6% im Jahr 2000 auf 4,4% im Jahr 2030 wachsen. In absoluter Rechnung wird der Anstieg der Verwendung erneuerbarer Energieträger in den OECD-Ländern vor allem deshalb wesentlich stärker ausfallen, weil viele

3. Zu dieser Kategorie gehören geothermische, solare Strahlungs-, Wind-, Gezeiten- und Wellenenergie. Nur für die OECD-Länder wird auch Biomasse einbezogen. In dieser Studie bezieht sich der Begriff Biomasse auf traditionelle Biomassenenergie, Gas- und Flüssigbrennstoffe aus organischen Stoffen, kommunalen und Industrieabfällen. Im Anhang zu Kapitel 13 werden für die Entwicklungsländer separate Projektionen für den Einsatz traditioneller, hauptsächlich nicht kommerzieller Biomasse (Holz, Agrar- und Tierabfälle) ausgewiesen. Biomasse wird in vielen Entwicklungsländern, insbesondere in Südamerika, kommerziell gehandelt, die IEA-Statistiken unterscheiden jedoch nicht zwischen kommerziellem und nicht kommerziellem Einsatz von Biomasse. Vgl. Kapitel 13 wegen einer Erörterung des Zusammenhangs zwischen dem Einsatz von Biomasse und der Armut in Entwicklungsländern.

dieser Länder erhebliche Fördermaßnahmen eingeführt haben. Von den erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) werden, insbesondere in den OECD-Ländern, Windkraft und Biomasse am stärksten wachsen.

Abbildung 2.2: Anstieg des Weltprimärenergieverbrauchs nach Energieträgern

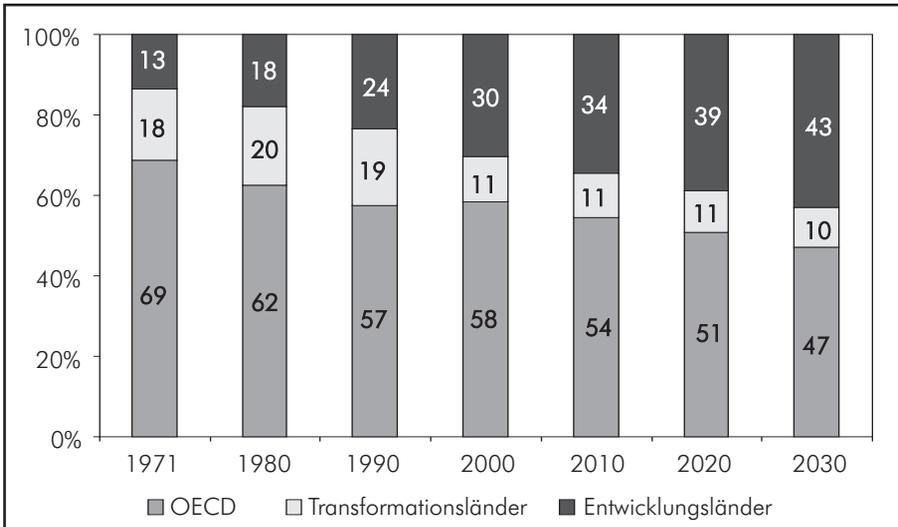


Regionale Aussichten

Über 60% der Steigerung des weltweiten Primärenergieverbrauchs zwischen 2000 und 2030 werden auf die Entwicklungsländer entfallen (Abb. 2.3). Die OECD-Länder werden für 30% und die Transformationsländer für die restlichen 8% verantwortlich sein. Der Anteil der OECD-Länder am Weltenergieverbrauch wird von 58% im Jahr 2000 auf 47% im Jahr 2030 sinken, während der Anteil der Entwicklungsländer von 30% auf 43% zunehmen wird. Der Anteil der Transformationsländer wird geringfügig sinken.

Die Zunahme des Anteils der Entwicklungsländer am Weltenergieverbrauch resultiert aus deren raschem Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum. Industrialisierung, Verstädterung und die Substitution nicht kommerzieller Biomasse durch kommerzielle Energieträger werden ebenfalls den Verbrauch in die Höhe treiben. Der Anstieg der Endverbraucherpreise als Ergebnis des allmählichen Subventionsabbaus und steigender

Abbildung 2.3: Regionale Anteile am Weltprimärenergieverbrauch

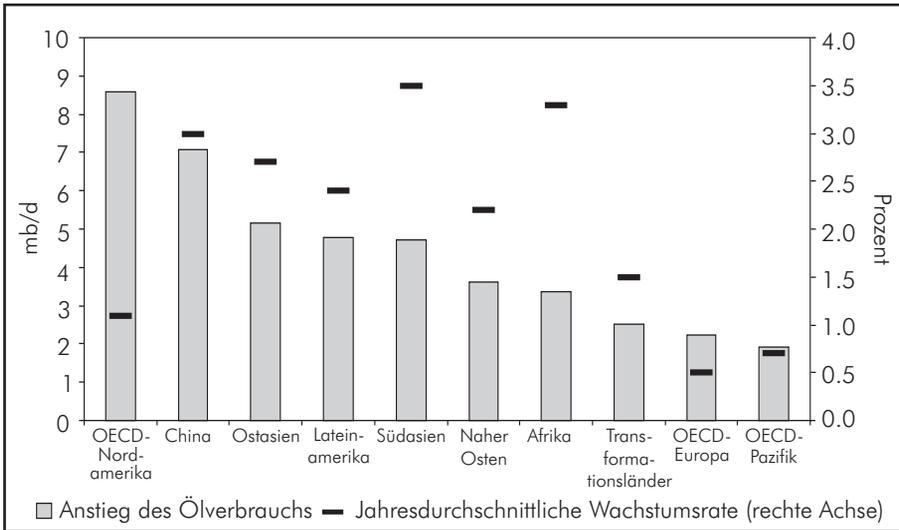


Weltmarktpreise dürften das Energieverbrauchswachstum in den Entwicklungsländern nicht bremsen.

Auf die Entwicklungsländer werden 29 mb/d von den insgesamt 45 mb/d entfallen, um die sich der weltweite Ölverbrauch zwischen 2000 und 2030 erhöhen wird. Davon werden die asiatischen Entwicklungsländer den größten Anteil auf sich vereinen. In China wird der Ölverbrauch im Projektionszeitraum um 7 mb/d auf 12 mb/d im Jahr 2030 steigen. Der Verbrauch der anderen ostasiatischen Länder wird sich mehr als verdoppeln und 9,4 mb/d erreichen. Der Ölverbrauch in den nordamerikanischen OECD-Ländern wird ebenfalls kräftig anziehen, von 22 mb/d im Jahr 2000 auf fast 31 mb/d im Jahr 2030. In den anderen OECD-Regionen wird der Verbrauch hingegen nur moderat zunehmen (Abb. 2.4). Nordamerika bleibt der bei weitem größte Einzelmarkt für Öl.

Der Erdgasverbrauch wird stark wachsen, und der Gasanteil in der Primärenergiestruktur wird in allen Regionen steigen. Volumenmäßig wird der Gasverbrauch am meisten in den nordamerikanischen und europäischen OECD-Ländern zunehmen. Die höchsten Wachstumsraten werden indessen in China und Südasien erwartet, wo der Gasverbrauch derzeit sehr niedrig ist. Der Kohleverbrauch wird am meisten in China und Indien steigen, die über große, kostengünstig abbaubare Ressourcen verfügen. Wenngleich der Marktanteil der Kohle geringfügig sinkt, wird diese doch weiterhin ihre Spitzenstellung in der Energieverbrauchsstruktur der beiden

Abbildung 2.4: Anstieg des Primärölverbrauchs nach Regionen, 2000-2030



Länder beibehalten. Bis 2030 werden auf China und Indien 45% des gesamten weltweiten Kohleverbrauchs entfallen, gegenüber 35% im Jahr 2000. Der Kernenergieanteil wird in den nordamerikanischen und den europäischen OECD-Ländern sowie in den Transformationsländern zurückgehen. In allen anderen Regionen wird er zunehmen, in den meisten Fällen allerdings nur geringfügig. Am stärksten wird sich die Kernenergieerzeugung in Japan, Korea und den asiatischen Entwicklungsländern erhöhen.

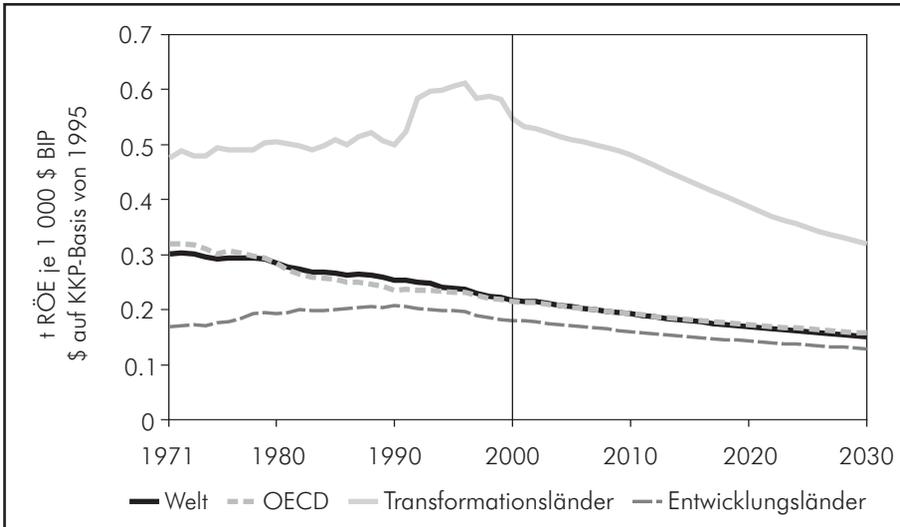
Energieintensität

Den Projektionen zufolge wird die Energieintensität, gemessen als Gesamt-Primärenergieverbrauch je BIP-Einheit, in allen Regionen zurückgehen. Von 2000 bis 2030 wird die weltweite Energieintensität demnach um 1,2% jährlich sinken. Diese Entwicklung wird sich am raschesten in den Nicht-OECD-Ländern vollziehen, im Wesentlichen bedingt durch Verbesserungen der Energieeffizienz⁴ sowie strukturelle wirtschaftliche Veränderungen zu Gunsten der Leichtindustrie. Die durchschnittliche Rate des Rückgangs der Energieintensität wird sich in diesen Regionen im

4. Wegen einer Erörterung der Relation zwischen Energieintensität und Energieeffizienz sowie der Rolle der Preisgestaltung vgl. IEA (2000).

Vergleich zu den früheren Trends beschleunigen. Insbesondere in den Transformationsländern wird die Energieintensität im Zuge der Einführung energieeffizienter Technologien, der Eindämmung des verschwenderischen Umgangs mit Energie und der Reform der Energiepreisgestaltung erheblich sinken. In den OECD-Ländern ist die Verlagerung zum Dienstleistungssektor bereits so weit fortgeschritten, dass dessen Energieintensität fortan auf jeden Fall langsamer sinken wird als in der Vergangenheit (Abb. 2.5).

Abbildung 2.5: Primärenergieintensität nach Regionen



Energiebezogene Dienstleistungen

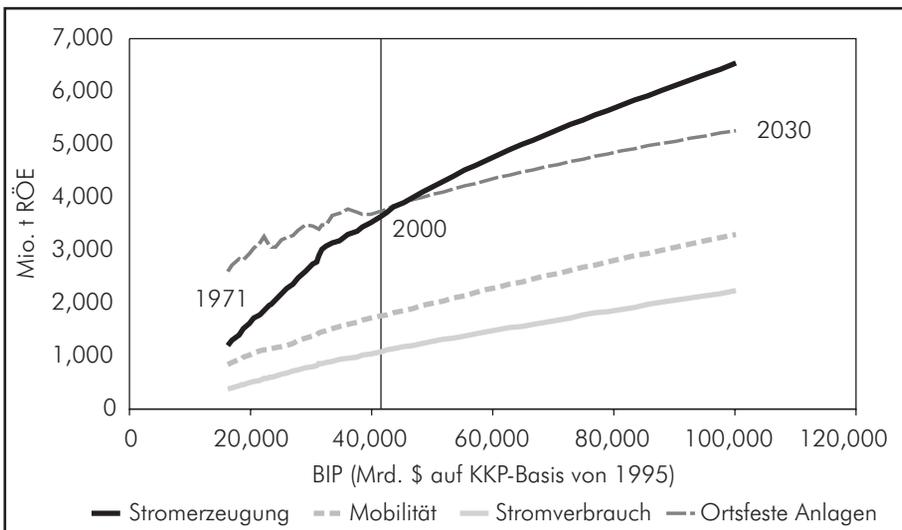
Energie wird zur Erbringung verschiedener Dienstleistungen gebraucht. Bei der Nachfrage nach Energie handelt es sich im Jargon der Ökonomen um eine „abgeleitete Nachfrage“. Die Identifizierung der Ursachen für die Nachfrage nach diesen Dienstleistungen verbessert unser Verständnis von den langfristigen Trends des Energieverbrauchs. Bei diesen energiebezogenen Dienstleistungen handelt es sich um:

- Mobilität (für sämtliche Transportarten verwendete Treibstoffe, ohne Elektrizität);
- ortsfeste Dienstleistungen (fossile Energieträger zur Beheizung von Wohngebäuden und gewerblichen Bauten sowie für Prozesswärme);

- Elektrizitätsversorgung (Elektrizitätsverbrauch in den Sektoren private Haushalte, Dienstleistungen, Industrie und sonstige Endverbrauchssektoren) sowie
- Einsatz zur Stromerzeugung (eine vorgelagerte energiewirtschaftliche Dienstleistung).

Der Energieeinsatz für Mobilitätsw Zwecke wie auch für elektrische Dienstleistungen wird mit zunehmendem BIP weltweit wachsen, wenn auch geringfügig langsamer als letzteres (Abb. 2.6). In den vergangenen dreißig Jahren expandierte der Elektrizitätsverbrauch stärker als das BIP, die Mobilität (Verkehr) hingegen geringfügig weniger. Der Einsatz von Brennstoffen für die Stromerzeugung wird mit der Ausweitung der Elektrizitätsversorgung ebenfalls weiter wachsen, allerdings mit sinkender Rate. Die thermischen Verluste bei der Stromerzeugung dürften allmählich in dem Maße sinken, wie effizientere Technologien, insbesondere auf der Basis von Gasturbinen mit kombinierter Bauart, zum Einsatz kommen. Der ortsfeste Energieeinsatz steht in einem weniger engen Zusammenhang mit dem Wirtschaftswachstum als die anderen energiebezogenen Dienstleistungen. Der Verbrauch für ortsfeste Verwendungen, der in den letzten zwanzig Jahren eine mehr oder minder moderat steigende Tendenz aufwies, wird im Projektionszeitraum voraussichtlich nur langsam zunehmen, was durch Sättigungseffekte sowie durch den sinkenden BIP-Anteil der Schwerindustrie im OECD-Raum bedingt ist. Außerhalb des OECD-Raums wird der Energieverbrauch für

Abbildung 2.6: Energiebezogene Dienstleistungen weltweit, 1971-2030



stationäre Verwendungszwecke im Verhältnis zum BIP rascher wachsen, was z.T. auf das kräftige Wachstum energieintensiver Industriebranchen wie Eisen und Stahl sowie Chemie zurückzuführen ist.

Endenergieverbrauch

Der Gesamtenergieverbrauch in den Endverbrauchssektoren (Industrie, Verkehr, private Haushalte, Dienstleistungen, Landwirtschaft sowie nichtenergetische Verwendungszwecke) wird den Projektionen zufolge im Zeitraum 2000-2030 um 1,7% jährlich wachsen – d.h. um die gleiche Rate wie der Primärenergieverbrauch. Am stärksten wird der Verbrauch für Verkehrszwecke zunehmen, der in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts mit einer Zuwachsrate von 2,1% jährlich die Industrie als wichtigsten Endverbrauchssektor ablösen wird. Der Verbrauch für Verkehrszwecke wird überall expandieren, am raschesten jedoch mit 3,6% jährlich in den Entwicklungsländern. Im OECD-Raum wird der Verbrauch des Verkehrssektors infolge von Sättigungseffekten mit 1,4% moderater steigen. Der Verbrauch der privaten Haushalte und der Dienstleistungssektoren wird mit einer durchschnittlichen Jahresrate von 1,7% etwas rascher wachsen als der Verbrauch des industriellen Sektors, der um 1,5% jährlich zunehmen wird. Die Sektoren Informations- und Kommunikationstechnologie stellen im Hinblick auf die künftige Entwicklung des Endenergieverbrauchs einen großen Unsicherheitsfaktor dar (Kasten 2.2).

Kasten 2.2: Die Auswirkungen der Informations- und Kommunikationstechnologie auf den Energieverbrauch

Das Wachstum der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) beeinflusst den Energieverbrauch auf vielfältige Weise, so u.a. durch :

- *Einkommenseffekte*: In dem Maße, wie Produktion und Einsatz von IKT das globale Wirtschaftswachstum in die Höhe treiben, steigern sie die Gesamtnachfrage nach Energiedienstleistungen.
- *Preiseffekte*: Der IKT-Einsatz wird die Produktivität in zahlreichen Sektoren in unterschiedlichem Maße steigern. Diese Unterschiede werden die relativen Preise von Gütern und Dienstleistungen verändern und damit die Strukturen des Energieeinsatzes beeinflussen.

- *Strukturelle Effekte:* Da diese neuen Technologien vorwiegend im Dienstleistungssektor Anwendung finden, wächst dessen Anteil am BIP rascher, als dies möglicherweise sonst der Fall gewesen wäre. Dieses Phänomen trägt zur Reduzierung der Energieintensität bei, da Dienstleistungen einen geringeren Energieeinsatz je Produktionseinheit erfordern als die Industrie.
- *Effizienzgewinne:* Der elektronische Geschäftsverkehr in den Bereichen *Business-to-Business* sowie *Business-to-Customer* kann den Energieeinsatz durch Verbesserung der operationellen Effizienz reduzieren, was z.T. durch ein besseres Management der Versorgungskette und der Lagerbestände bedingt ist. Der Handel über Internet verringert den Bedarf an großen Vorräten und Geschäftsflächen. Wenn die Gesamtnachfrage nach gewerblichen Flächen sinkt, verringert sich auch der Energieverbrauch im Bausektor. Die Effekte der verbesserten Effizienz auf den Energieverbrauch dürften allerdings teilweise durch die Effekte der Einkommensaufbesserung („Rebound-Effekt“) ausgeglichen werden.
- *Effekte bei der Energieverbrauchsstruktur:* IKT-Geräte werden ausschließlich mit Strom betrieben, wodurch der Stromanteil am Endenergieverbrauch tendenziell wächst.

Aus den jüngsten Studien ergeben sich keine klaren Hinweise darauf, welchen Nettoeffekt IKT auf den Gesamtenergieverbrauch haben könnte. Sie lassen allerdings darauf schließen, dass dieser Effekt je nach den strukturellen Gegebenheiten der einzelnen Länder, wie etwa relative Größe des Dienstleistungssektors, unterschiedlich ausfällt⁵.

Unter allen Endenergien wird Strom den Projektionen zufolge mit 2,4% jährlich von 2000-2030 weltweit am raschesten wachsen (Tabelle 2.2). Der Stromverbrauch wird sich in diesem Zeitraum verdoppeln, während der Stromanteil am gesamten Endenergieverbrauch von 18% auf 22% steigen wird. Die höchste Zuwachsrate wird mit 4,1% jährlich in den Entwicklungsländern verzeichnet werden, wo die Zahl der Menschen mit Zugang zu Elektrizität ebenso wie der Pro-Kopf-Verbrauch eine steigende Tendenz

5. Die IEA setzt ihre quantitative Analyse über diese Frage fort und sucht ihre Modelle zur Erfassung der IKT-Effekte auf die Energieverbrauchsstruktur und -trends zu verbessern. Die Ergebnisse der Arbeiten des IEA-Workshops über die künftigen IKT-Auswirkungen auf das Energiesystem sind unter www.worldenergyoutlook.org verfügbar.

aufweisen. Der Stromverbrauch wird in den Transformationsländern um 2% und im OECD-Raum um 1,5% wachsen.

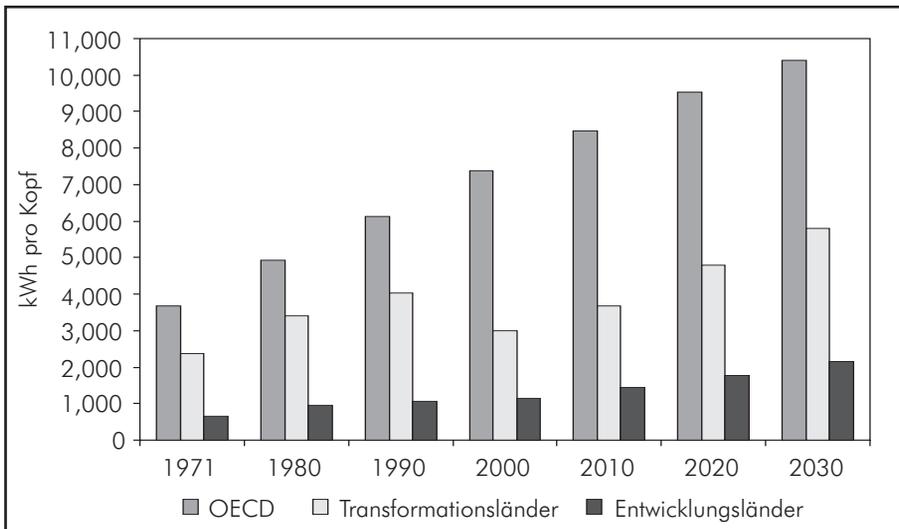
Tabelle 2.2: Weltendenergieverbrauch (Mio. t RÖE)

	1971	2000	2010	2030	Jahresdurchschnittliches Wachstum 2000-2030 (%)
Kohle	630	554	592	664	0.6
Öl	1,890	2,943	3,545	4,956	1.8
Gas	604	1,112	1,333	1,790	1.6
Strom	377	1,088	1,419	2,235	2.4
Wärme	68	247	260	385	0.5
Erneuerbare Energien	66	86	106	150	1.8
Gesamter Endverbrauch	3,634	6,032	7,254	10,080	1.7

In den Entwicklungsländern gleicht sich der Anteil der Elektrizität am gesamten Endenergieverbrauch bis 2030 dem des OECD-Raums an. Das erklärt sich z.T. daraus, dass die Elektrifizierung in den ärmsten Entwicklungsländern sogar rascher voranschreitet als das Bevölkerungswachstum (vgl. Kapitel 13). Es ist andererseits aber auch darauf zurückzuführen, dass der Erdgasanteil am Endverbrauch in den Entwicklungsländern wesentlich niedriger ist als in den OECD-Ländern. Der *rechnerische* Anteil der Elektrizität fällt in diesen Ländern auch deshalb höher aus, weil Biomasse in unseren Daten zum gesamten Endverbrauch nicht enthalten ist. Gleichwohl bleibt der Pro-Kopf-Stromverbrauch der Bevölkerung mit Zugang zu Elektrizität in den Entwicklungsländern auch 2030 noch weit hinter dem der OECD-Länder zurück (Abb. 2.7).

Der Kohleanteil am weltweiten Endenergieverbrauch wird von 9% auf 7% sinken. Der Kohleinsatz für industrielle Zwecke wird zunehmen, jedoch lediglich in Nicht-OECD-Ländern, während er in den Sektoren private Haushalte und Dienstleistungen stagnieren wird. Die Anteile von Öl und Gas am weltweiten Endenergieverbrauch werden sich im Projektionszeitraum kaum verändern. Auf Ölprodukte wird rund die Hälfte des Endenergieverbrauchs entfallen, auf Gas 18%. Der Ölverbrauch wird um 1,8% jährlich zunehmen, wobei nahezu drei Viertel der Steigerung auf den Verkehrssektor entfallen. Der Anteil des Verkehrssektors am zusätzlichen Ölverbrauch beträgt im OECD-Raum über 90%.

Abbildung 2.7: Pro-Kopf-Stromverbrauch



Energieproduktion und -handel

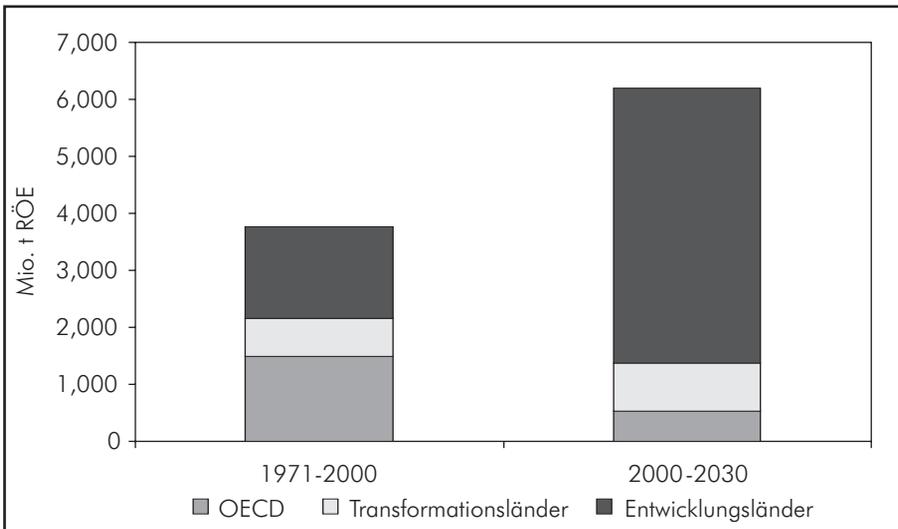
Aussichten für Energieressourcen und -produktion

Die weltweiten Energieressourcen reichen zur Deckung des projizierten Energieverbrauchswachstums aus. Zumindest bis 2030 wird weltweit ein reichliches Ölangebot vorhanden sein, wenngleich zusätzliche „wahrscheinliche“ oder „mögliche“ Lagerstätten gefunden werden müssen, um die steigende Nachfrage zu befriedigen. Die nicht konventionellen Ölressourcen werden ihren Anteil am weltweiten Ölangebot wahrscheinlich steigern. Die Erdgas- und Kohlevorkommen sind besonders reichlich bemessen, und auch an Uran für die Kernenergieerzeugung besteht bis 2030 kein Mangel. Erneuerbare Energiequellen sind ebenfalls in großem Umfang vorhanden.

Die geographische Verteilung der Bezugsquellen für das zusätzliche Energieangebot wird sich in den nächsten dreißig Jahren, bedingt durch kostenmäßige, geopolitische und technische Faktoren, verschieben. Insgesamt gesehen wird sich dadurch nahezu der gesamte Anstieg der Energieproduktion auf Nicht-OECD-Länder konzentrieren, im Vergleich zu nicht mehr als 60% im Zeitraum 1971-2000 (Abb. 2.8).

Ein Großteil des Zuwachses bei der weltweiten Öl- und Gasnachfrage wird wahrscheinlich durch Produktionssteigerungen im Nahen Osten und in der ehemaligen Sowjetunion gedeckt werden, die sehr umfangreiche

Abbildung 2.8: Zunahme der Weltprimärenergieproduktion



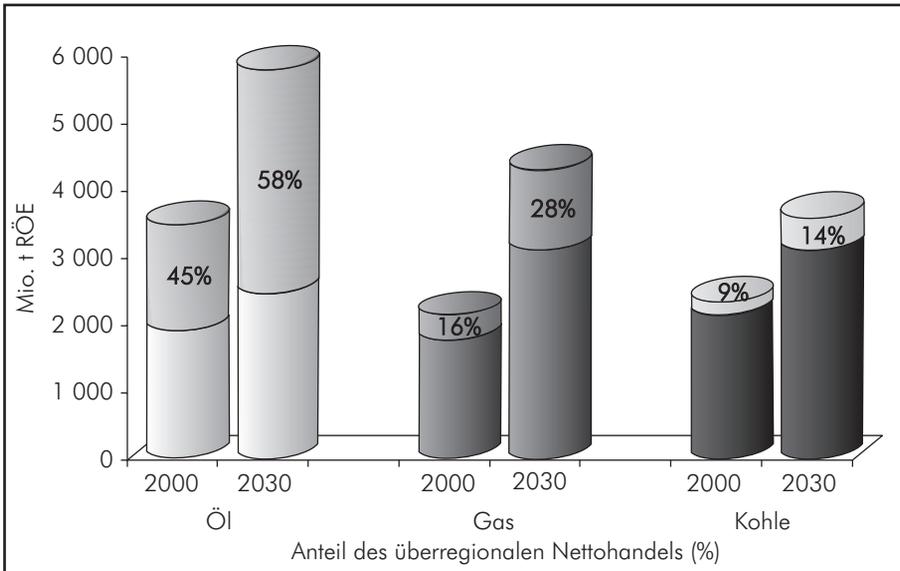
Kohlenwasserstoffressourcen besitzen. Lateinamerika, insbesondere Venezuela und Brasilien, sowie Afrika werden ebenfalls zur Erhöhung der Öl- und Gasproduktion beitragen. In nahezu allen anderen Ländern wird die Ölförderung sinken. Die Produktion von Erdgas, dessen Vorkommen geographisch breiter gestreut sind als die Ölvorkommen, wird in allen Regionen außer Europa zunehmen. Wenngleich in den meisten Regionen reichliche Kohlereserven vorhanden sind, dürfte sich die Erhöhung der Kohleförderung doch auf die Gebiete konzentrieren, wo die Abbau-, Verarbeitungs- und Transportkosten am niedrigsten sind. Die Kohleproduktion wird wahrscheinlich am raschesten in Südafrika, Australien, China, Indonesien, Nordamerika und Lateinamerika steigen. Die Produktionsaussichten für die einzelnen Energieträger werden ausführlicher in Kapitel 3 erörtert.

Auswirkungen auf den internationalen Energiehandel

Der internationale Energiehandel wird sowohl in absoluter Rechnung wie auch als Anteil an der Produktion expandieren; denn er dient ja dazu, das Missverhältnis zwischen den Standorten von Verbrauch und Produktion auszugleichen (Abb. 2.9). Der zunehmende Energiehandel, der sich nahezu ausschließlich auf fossile Energieträger beschränkt, wird große geopolitische Auswirkungen haben. Die Abhängigkeit vom Öl des Nahen Ostens wird in den Nettoölimportregionen, hauptsächlich den drei

OECD-Regionen und einigen Teilen Asiens, weiter zunehmen. Diese Entwicklung wird die wechselseitige Abhängigkeit erhöhen, aber auch die Besorgnis hinsichtlich der weltweiten Anfälligkeit für einen durch Versorgungsstörungen verursachten Preisschock verschärfen. Mit der Verlängerung der Ölversorgungsketten wird die Sicherheit der internationalen Seewege und Pipelines an Bedeutung gewinnen.

Abbildung 2.9: Anteil des überregionalen Nettohandels am weltweiten Angebot fossiler Energieträger



Anmerkung: Der gesamte internationale Handel ist infolge des Handels zwischen den Ländern der jeweiligen WEA-Regionen sowie auf Grund der Reexporte sogar noch größer.

Die steigende Abhängigkeit von Erdgasimporten in Europa, Nordamerika und anderen Regionen wird diese Befürchtungen noch verstärken. Die durch soziale Unruhen ausgelöste Störung der Flüssigerdgaslieferungen aus Indonesien im Jahr 2001 hat die Risiken vor Augen geführt, die die Abhängigkeit von Gasimporten aus politisch sensiblen Regionen mit sich bringen kann. Andererseits könnte die erwartete Expansion des internationalen LNG-Handels die mit den langen Versorgungsketten verbundenen Risiken verringern, wenn sie zu einer größeren Diversifikation des Angebots führt. Auch der verstärkte kurzfristige Handel wird die Flexibilität des LNG-Angebots vergrößern.

Die Regierungen der Öl und Gas importierenden Länder werden voraussichtlich künftig eine aktivere Rolle bei der Auseinandersetzung mit den Versorgungssicherheitsrisiken im Handel mit fossilen Energieträgern spielen. Sie werden sich wahrscheinlich für eine Verbesserung der Beziehungen zu den Energielieferanten einsetzen. Ferner werden sie verstärkte Maßnahmen ergreifen, um kurzfristige Versorgungsengpässe oder Preisschocks in den Griff zu bekommen. Regierungen und Endverbraucher dürften gleichwohl eine Obergrenze für die Prämie haben, die sie für eine größere Sicherheit der Energieversorgung zu zahlen bereit sind.

Auswirkungen auf die Investitionen

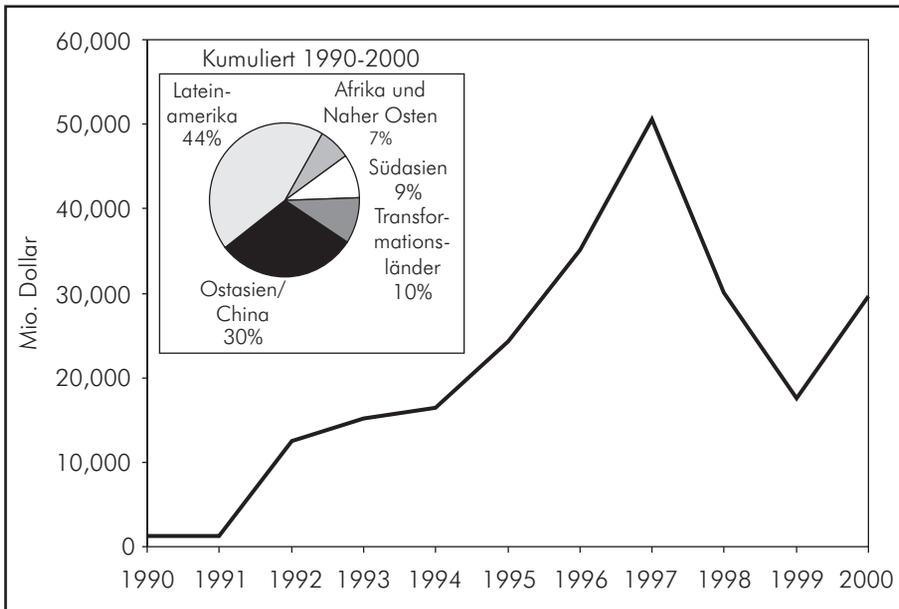
Die projizierte Steigerung der Produktions- und Versorgungskapazität wird gewaltige Investitionen in allen Bereichen der Energieversorgungskette erfordern⁶. So sind beispielsweise nach den Projektionen des Referenzszenarios für die Stromerzeugungskapazität kumulierte Investitionen von 2 100 Mrd. \$ in den Entwicklungsländern und 300 Mrd. \$ in den Transformationsländern notwendig (vgl. Kapitel 3). Die Finanzierung des Aufbaus neuer Energieinfrastrukturen wird die Länder vor große Herausforderungen stellen. Der größte Teil der Investitionen wird in den Entwicklungsländern benötigt. Dies wiederum wird eine gewaltige Steigerung der Kapitalzuflüsse aus den Industriestaaten erfordern. Die privaten Auslandsinvestitionen in Energieprojekte (ohne vorgelagerte Öl- und Gasaktivitäten) in Entwicklungs- und Reformländern erlebten Anfang bis Mitte der neunziger Jahre einen Boom und erreichten 1997 einen Höhepunkt von fast 51 Mrd. \$. Infolge der Wirtschaftskrise von 1997-1998 in den aufstrebenden Marktwirtschaften brachen die Investitionen dann auf weniger als 18 Mrd. \$ im Jahr 1999 ein, erholten sich aber anschließend wieder auf rd. 30 Mrd. \$ im Jahr 2000 (Abb. 2.10)⁷.

Damit diese Investitionen rechtzeitig mobilisiert werden können, wird es notwendig sein, regulierungs- und marktbedingte Schranken zu verringern. Die meisten großen Öl- und Gasproduzenten in Afrika, im Nahen Osten und in Lateinamerika sind sich der Notwendigkeit ausländischer Beteiligungen bewusst. So haben z.B. Algerien, Ägypten, Libyen und

6. Die IEA führt derzeit eine umfangreiche Studie über Energieinvestitionen durch, deren Veröffentlichung für 2003 geplant ist (*WEO 2003 Insights: Global Energy Investment Outlook*). Darin soll der Umfang der Investitionen quantifiziert werden, die erforderlich sind, um den in diesem *Weltenergieausblick* projizierten Verbrauchsanstieg zu decken. Darüber hinaus werden Fragen der Projektfinanzierung erörtert.

7. Vgl. auch Saghiri (2002). Die den Entwicklungsländern von den Industriestaaten gewährten EZ-Mittel gingen in den neunziger Jahren zurück.

Abbildung 2.10: Private ausländische Energieinvestitionen in Entwicklungs- und Transformationsländern*



* Ohne Öl- und Gasprospektion und -förderung.

Quelle: Datenbank der Weltbank über private Beteiligungen an Infrastrukturvorhaben (PPI).

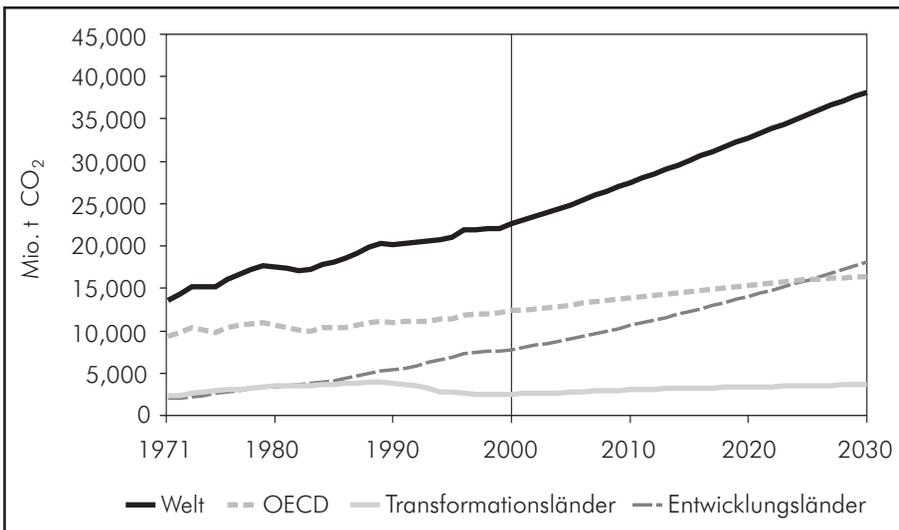
Nigeria ihre Politiken und Praktiken im Upstream-Bereich geändert, um internationale Ölgesellschaften zu Jointventure-Investitionen anzuregen. Venezuela bemüht sich seit 1992 um private Investitionen im Öl- und Gassektor. Saudi-Arabien hat unlängst begonnen, seinen Upstream-Gassektor für ausländische Unternehmen zu öffnen. Wichtige Kohleproduzenten, darunter China und Indien, werden enorme Kapitalbeträge mobilisieren müssen, wenn sie ihre mittelfristigen Produktionsziele erfüllen wollen. Viele Entwicklungsländer arbeiten an der Öffnung und Umstrukturierung ihrer Elektrizitätswirtschaft, um private in- und ausländische Investitionen zu mobilisieren. Auch was das Management und den Betrieb staatlicher Energiegesellschaften betrifft, sind in vielen Ländern Verbesserungen notwendig. Mangelnde Transparenz und Konsequenz haben im Verein mit schwachen Rechtssystemen die Bildung von Interessenbastionen begünstigt und in einigen Fällen zu Korruption, Betrug, Diebstahl und Geldwäsche geführt. Derartige Probleme erhöhen die Produktionskosten und mindern den Anreiz für private Investitionen.

Auswirkungen auf die globalen CO₂-Emissionen

Den Energieverbrauchsprojektionen des Referenzszenarios zufolge werden die weltweiten Kohlendioxidemissionen von 2000 bis 2030 um 1,8% jährlich steigen⁸. Sie werden im Jahr 2030 38 Mrd. t erreichen und damit um 16 Mrd. t bzw. 70% über dem derzeitigen Niveau liegen. Zwei Drittel der Erhöhung werden auf die Entwicklungsländer entfallen. Im Jahr 2010 werden die energiebezogenen CO₂-Emissionen den Stand von 1990 um 36% überschreiten.

Die geographische Verteilung der Neuemissionen wird sich im Projektionszeitraum drastisch verändern (Abb. 2.11). In der Vergangenheit waren die OECD-Länder die größten Verursacher von Treibhausgasen. Im Jahr 2000 produzierten sie 55% der globalen Kohlenstoffemissionen; auf die Entwicklungsländer entfielen 34% und auf die Transformationsländer die restlichen 11%. Bis 2030 werden die Entwicklungsländer die Region mit dem höchsten Emissionsanteil (47%) sein. Auf die OECD-Länder werden 43% und auf die Transformationsländer 10% entfallen. Die Emissionen der OECD-Länder werden zwischen 2000 und 2030 um 4 Mrd. t zunehmen, die Emissionen Chinas alleine um 3,6 Mrd. t.

Abbildung 2.11: Energiebezogene CO₂-Emissionen nach Regionen

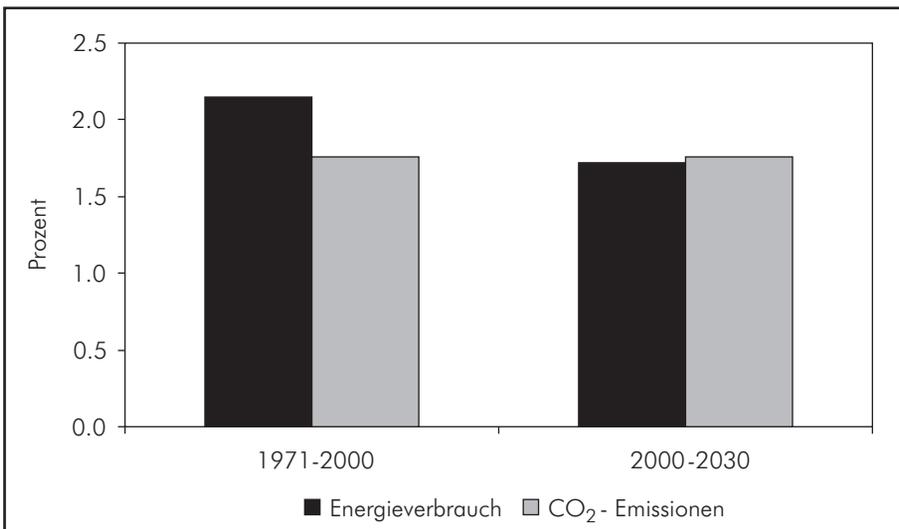


8. Detaillierte Projektionen der energiebezogenen CO₂-Emissionen finden sich in Teil D.

In den vergangenen dreißig Jahren waren der Abbau und die Verbrennung von Kohle für 40% des *Anstiegs* der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich, während auf Öl 31% und auf Gas 29% entfielen. In den kommenden dreißig Jahren wird der Öleinsatz 37% der neuen energiebezogenen Kohlenstoffemissionen verursachen und Kohle 32%. Infolgedessen wird der Kohleanteil an den *Gesamtemissionen* bis 2030 um 3 Prozentpunkte auf 36% sinken. Der Gasanteil wird auf 25% steigen.

Der Trend im Verhältnis zwischen den *gesamten* CO₂-Emissionen und dem Primärenergieverbrauch wird sich im Projektionszeitraum umkehren. In den vergangenen dreißig Jahren wuchsen die Kohlenstoffemissionen um 1,8% jährlich, wurden aber vom Energieverbrauch überholt, der um 2,1% jährlich zunahm. In den nächsten dreißig Jahren werden die Emissionen auf der Basis der derzeitigen Politik weiter um 1,8% jährlich steigen, während das Energieverbrauchswachstum lediglich 1,7% jährlich erreicht (Abb. 2.12). Im Ergebnis wird sich der durchschnittliche Kohlenstoffgehalt von Energie – CO₂-Emissionen pro Einheit des gesamten Primärenergieverbrauchs – geringfügig von 2,47 t je t RÖE auf 2,50 t erhöhen. Im Jahr 1971 betrug der durchschnittliche Kohlenstoffgehalt 2,7. Hauptursache dieses Trendumschwungs wird der abnehmende Anteil von Strom aus Kernenergie und Wasserkraft in der weltweiten Energieverbrauchsstruktur sein. Es werden zunehmend erneuerbare Energieträger (ohne Wasserkraft) eingesetzt werden, und die neuen Technologien wer-

Abbildung 2.12: Jahresdurchschnittliche Wachstumsraten von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen weltweit



den die Effizienz der Energiesysteme steigern – wenn auch keine dieser Entwicklungen den zur Substitution von Kernenergie und Wasserkraft erforderlichen höheren Einsatz fossiler Energieträger wettmachen wird.

Kasten 2.3: Tendenzielle Entwicklung der Kohlenstoffintensität

Die Kohlenstoffintensität wird gewöhnlich als Menge des pro BIP-Einheit ausgestoßenen CO₂ definiert. Von 1997 bis 2000 wuchsen die weltweiten Emissionen um 1,1% jährlich, während die Weltwirtschaft im Durchschnitt um 3,5% expandierte. Infolgedessen *sank* die Kohlenstoffintensität in diesem Zeitraum um 2,2% jährlich (Abb. 2.13).

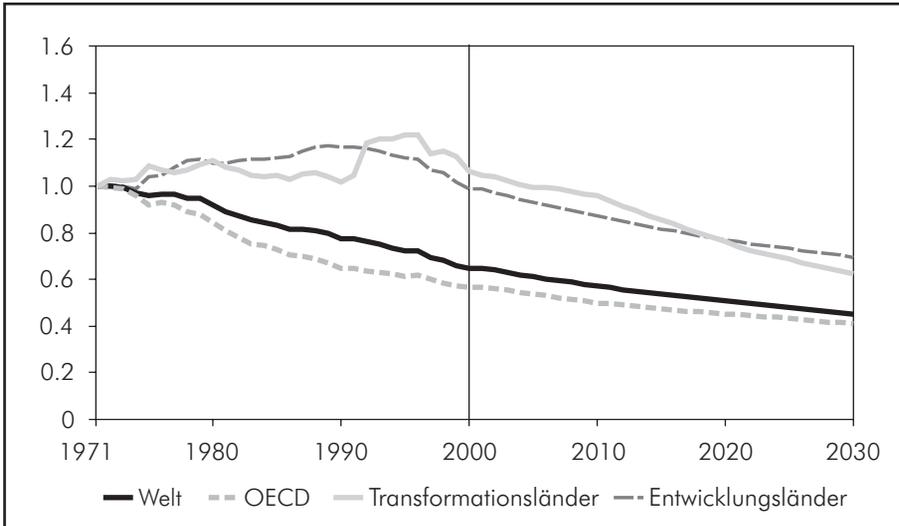
Der Großteil dieser Minderung kann China zugeschrieben werden, das amtlichen Statistiken zufolge eine spektakuläre 7,4%ige Rückführung der Kohlenstoffintensität erreichte. Wichtigster Einzel­faktor war dabei der Rückgang der durch Kohle verursachten CO₂-Emissionen um 2,2%⁹. Die verbesserte Energieeffizienz in den Transformationsländern trug zur Senkung der weltweiten Kohlenstoffintensität bei. Das Gleiche gilt für die Verlagerung von der Industrie zum Dienstleistungssektor in den OECD-Ländern.

Die Kohlenstoffintensität wird in den nächsten dreißig Jahren weltweit zurückgehen, aber nicht schnell genug, um einen Nettoanstieg der CO₂-Emissionen zu verhindern. Der Rückgang der Kohlenstoffintensität wird vorwiegend durch eine weltweite Verlagerung vom Verarbeitenden Gewerbe zum Dienstleistungssektor, durch technologische Fortschritte und durch Umstellung auf andere Energieträger bewirkt werden.

Im Projektionszeitraum werden die größten Verbesserungen in den Transformationsländern zustande kommen, da dort ein alter, ineffizienter Kapitalstock ersetzt und Erdgas die Kohle und das Öl bei der Stromerzeugung ablösen wird. Die wirtschaftliche Erholung in Russland wird sich voraussichtlich fortsetzen, und die Kohlenstoffintensität des Landes, die heute sechsmal so hoch ist wie in Japan und dreimal so hoch wie in China, wird bis 2030 um mehr als 2% jährlich sinken. Auch China und Indien dürften im Projektionszeitraum rasche Verbesserungen der Kohlenstoffintensität erzielen.

9. 1997 waren die kohlebedingten CO₂-Emissionen Chinas für 30 % der weltweiten durch Kohleinsatz verursachten Emissionen verantwortlich. Dieser Wert ist mittlerweile auf 27 % gesunken. Vgl. Kapitel 7 wegen weiterer Einzelheiten zu den chinesischen Kohleverbrauchsdaten.

Abbildung 2.13: Kohlenstoffintensität nach Regionen
(Index, 1971 = 1)



Regionale Trends bei den CO₂-Emissionen

Dem Referenzszenario zufolge erreichen die CO₂-Emissionen in den OECD-Ländern im Jahr 2030 16,4 Mrd. t. Zur größten Zunahme wird es in Nordamerika¹⁰ kommen, wo die Emissionen auf 9,1 Mrd. t steigen werden, was einen Zuwachs von 1,1% jährlich bzw. 71% gegenüber 1990 entspricht. Im pazifischen OECD-Raum werden sich die CO₂-Emissionen jährlich um 0,9% erhöhen, von 1,9 Mrd. t im Jahr 2000 auf 2,5 Mrd. t im Jahr 2030; das sind 67% mehr als 1990. In den europäischen OECD-Ländern wird der Anstieg im Projektionszeitraum 23% betragen und damit wesentlich geringer ausfallen als in den nordamerikanischen und pazifischen OECD-Ländern. Dieses relativ positive Ergebnis kann dem verstärkten Einsatz von erneuerbaren Energien und Erdgas zugeschrieben werden.

Unter den Entwicklungsländern wird China den bei weitem größten Emissionsanstieg verzeichnen, bedingt durch das kräftige Wirtschaftswachstum, den raschen Anstieg des Stromverbrauchs und den auch weiter andauernden massiven Einsatz von Kohle in diesem Land. Die chinesischen Emissionen werden sich mehr als verdoppeln, nämlich von

10. Vgl. Kapitel 4 bis 11 wegen einer umfassenderen Beschreibung der regionalen Trends sowie Kapitel 12 über das alternative PolitikszENARIO der OECD zur Evaluierung des Potentials für eine Reduktion der CO₂-Emissionen im OECD-Raum.

3,1 Mrd. t im Jahr 2000 auf 6,7 Mrd. t im Jahr 2030. Ein Viertel des Anstiegs der globalen CO₂-Emissionen wird auf China entfallen.

Kohle wird auch in anderen asiatischen Entwicklungsländern als Brennstoff für neue Stromerzeugungskapazitäten eingesetzt werden und für einen Großteil des Zuwachses der CO₂-Emissionen dieser Länder verantwortlich sein. In Indien werden die CO₂-Emissionen um 3% jährlich zunehmen, da die meisten im Zeitraum bis 2030 errichteten neuen Kraftwerke mit Kohle betrieben werden sollen. In Indien wird ein Viertel des nationalen Zuwachses der Gesamtemissionen durch verkehrsbezogene Emissionen verursacht werden. In Ostasien werden die Emissionen von 1,1 Mrd. t im Jahr 2000 auf 2,8 Mrd. t im Jahr 2030 steigen. Die Hälfte dieser Zunahme wird auf den Kraftwerkssektor und mehr als ein Viertel auf den Verkehrssektor entfallen.

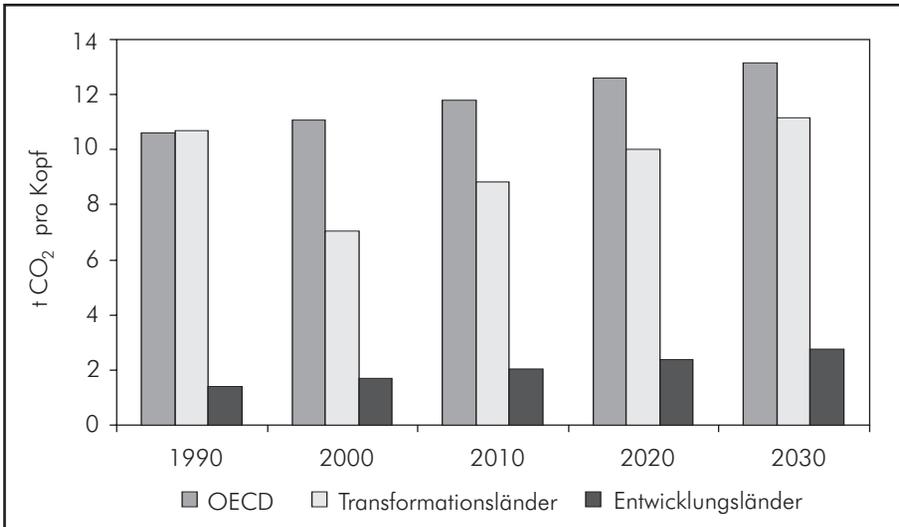
Die CO₂-Emissionen in Lateinamerika werden im Projektionszeitraum infolge der raschen Zunahme des Verbrauchs fossiler Energieträger um 3% jährlich wachsen. Die Emissionen aus Kraftwerken werden rascher steigen als die Stromerzeugung, da das Wasserkraftpotential des Kontinents zunehmend aufgebraucht sein wird und nach und nach die großen Erdgasreserven zum Einsatz kommen. Die Gesamtemissionen Lateinamerikas werden von 0,9 Mrd. t im Jahr 2000 auf 2,1 Mrd. t im Jahr 2030 zunehmen. Der Beitrag Afrikas zu den globalen CO₂-Emissionen wird in den nächsten dreißig Jahren gering bleiben, da große Teile der Bevölkerung weiterhin ohne kommerzielle Energie auskommen müssen.

Trends bei den Pro-Kopf-CO₂-Emissionen

Die weltweiten Pro-Kopf-CO₂-Emissionen dürften in den nächsten dreißig Jahren um 0,7% jährlich wachsen. Sie werden im Jahr 2030 4,7 t erreichen, gegenüber 3,8 t im Jahr 2000. Die regionalen Unterschiede werden weiterhin beträchtlich sein. In China werden die Pro-Kopf-Emissionen erheblich zunehmen, von 2,4 t auf 4,5 t im Jahr 2030. In Indien werden sie von 0,9 t auf 1,6 t steigen. In Indonesien werden sie sich mehr als verdoppeln. In Afrika sind die Pro-Kopf-Emissionen derzeit mit 0,9 t sehr gering und werden bis 2030 um die Hälfte auf 1,3 t steigen. Trotz dieser Zuwächse werden die OECD und die Transformationsländer im Jahr 2030 aber immer noch wesentlich höhere Pro-Kopf-Emissionen aufweisen: 13 t im OECD-Raum gegenüber 11 t in den Transformationsländern (Abb. 2.14).

Die Verstädterung wird beim Wachstum der Pro-Kopf-Emissionen eine wichtige Rolle spielen. Sieben der zehn bevölkerungsreichsten Städte

Abbildung 2.14: Pro-Kopf-CO₂-Emissionen



der Welt befinden sich in Entwicklungsländern. Über die Hälfte der Gesamtbevölkerung der Entwicklungsländer wird im Jahr 2030 in städtischen Ballungsräumen leben, gegenüber 40% heute. Die Pro-Kopf-Emissionen liegen in Städten häufig zwei- oder dreimal so hoch wie im nationalen Durchschnitt, da die Stadtbewohner besseren Zugang zu kommerzieller Energie haben als die Landbevölkerung. Ebenso haben sie auch besseren Zugang zu Verkehrsdienstleistungen.

CO₂-Emissionen nach Sektoren

Nahezu die Hälfte des Anstiegs der globalen Emissionen zwischen 2000 und 2030 wird durch die Stromerzeugung verursacht werden (Tabelle 2.3). Auf den Verkehr wird mehr als ein Viertel entfallen, für den Rest werden die Sektoren private Haushalte, Kleingewerbe und Industrie verantwortlich sein.

Kraftwerksemissionen

Die Stromerzeugung wird immer stärker zu den CO₂-Gesamtemissionen beitragen; so wird ihr Anteil von 40% der gesamten CO₂-Emissionen im Jahr 2000 auf 43% im Jahr 2030 ansteigen. Dem Referenzszenario zufolge nimmt die Abhängigkeit der Kraftwirtschaft von fossilen Energieträgern im Projektionszeitraum zu. Es wird unterstellt, dass sich das CO₂-Emissionswachstum und die Stromerzeugung künftig synchroner entwickeln als bisher. Die erwartete Zunahme des thermischen Wirkungs-

Tabelle 2.3: Anstieg der CO₂-Emissionen nach Sektoren (Mio. t CO₂)

	OECD		Transformationsländer		Entwicklungsländer		Welt	
	1990-2010	2000-2030	1990-2010	2000-2030	1990-2010	2000-2030	2000-2030	1990-2010
Stromerzeugung	1,373	1,800	44	341	2,870	5,360	4,287	7,500
Industrie	11	211	-309	341	739	1,298	440	1,850
Verkehr	1,175	1,655	-52	242	1,040	2,313	2,163	4,210
Sonstige*	244	363	-428	234	620	1,365	436	1,962
Gesamtzunahme	2,803	4,028	-746	1,158	5,268	10,336	7,325	15,522

* Landwirtschaft, Handel, öffentliche Dienste, private Haushalte und sonstige nicht spezifizierte Sektoren.

grads bei der Stromerzeugung, der verstärkte Einsatz von Erdgas und der wachsende Rückgriff auf erneuerbare Energien (außer Wasserkraft) wird den Emissionsanstieg zwar bis zu einem gewissen Grade dämpfen, jedoch nicht entscheidend bremsen.

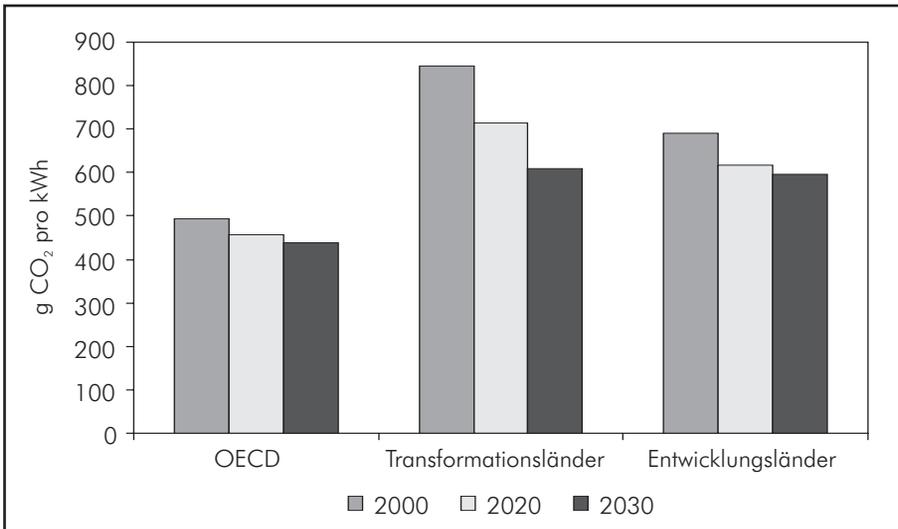
Nahezu drei Viertel der zusätzlichen kraftwerksbedingten CO₂-Emissionen werden auf die Entwicklungsländer entfallen. Die Kohlekraftwerke in diesen Ländern werden in den nächsten dreißig Jahren immer noch für *mehr als die Hälfte* der globalen Zunahme der CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung verantwortlich sein. Im OECD-Raum und in den Transformationsländern werden die kraftwerksbedingten Emissionen wesentlich langsamer steigen, da erneuerbare Energien und Erdgas der Kohle Marktanteile abnehmen werden.

Die Emissionen je Stromeinheit dürften im Laufe der Zeit sinken, doch werden die regionalen Unterschiede auch auf diesem Gebiet beträchtlich bleiben (Abb. 2.15). Die Effizienz der Kraftwerke in den Transformations- und den Entwicklungsländern könnte sich rascher verbessern als hier projiziert, was aber nur bei einer baldigen Markteinführung moderner Technologien auf breiter Basis der Fall wäre.

Verkehrsbedingte Emissionen

Der steigende Ölverbrauch im Verkehrssektor, vorwiegend von Pkw und Lkw, ist dem Referenzszenario zufolge nach der Stromerzeugung die zweitwichtigste Ursache der wachsenden CO₂-Emissionen. Die globalen Emissionen des Verkehrssektors dürften von 2000 bis 2030 um mehr als 85% zunehmen. Im Jahr 2030 wird auf den Verkehrssektor rund ein Vier-

Abbildung 2.15: CO₂-Emissionen pro kWh erzeugten Stroms



Anmerkung: Die in dieser Abbildung aufgeführten Emissionen umfassen auch die durch Wärmeerzeugung bedingten. Somit sind die oben ausgewiesenen Emissionen pro Stromeinheit etwas überzeichnet.

tel der globalen energiebezogenen Emissionen entfallen, gegenüber 21% im Jahr 2000. Mehr als die Hälfte des Anstiegs wird voraussichtlich in den Entwicklungsländern stattfinden, während die OECD-Länder rd. 40% beitragen werden. Für den größten Teil der Zunahme im OECD-Raum wird der Straßenverkehr verantwortlich sein.

Die rasche Erhöhung der CO₂-Emissionen in den Entwicklungsländern ist weitgehend der projizierten Zunahme der Zahl von Kfz-Haltern wie auch dem Wachstum des Güterverkehrs zuzuschreiben. Besonders kräftig ist der Anstieg in Asien, wo der prozentuale Anteil der Pkw- und Motorradhalter an der Gesamtbevölkerung im Vergleich zum Weltdurchschnitt immer noch niedrig ist. Im Jahr 2000 entfielen in China durchschnittlich 12 Fahrzeuge auf 1 000 Personen und in Indien 8,4. In den Vereinigten Staaten und Kanada liegt diese Zahl bei fast 700. Auch der Straßengüterverkehr wird voraussichtlich drastisch zunehmen. Da in den asiatischen Entwicklungsländern nahezu die Hälfte der Weltbevölkerung lebt, würde eine Zunahme des Straßenverkehrs gewaltige Auswirkungen auf die globalen Emissionsniveaus haben. Aus diesen Projektionen geht eindeutig hervor, dass die asiatischen Länder enorme Investitionen in ihre Straßeninfrastruktur tätigen müssen. Sie werden ferner mit einer Vielzahl lokaler Umweltprobleme konfrontiert sein, insbesondere Verkehrsstauungen und Luftverschmutzung.

Projizierte CO₂-Emissionen im Verhältnis zum Kyoto-Protokoll

Die im vorliegenden *Weltenergieausblick* enthaltenen CO₂-Emissionsprojektionen sind im Hinblick auf die Verpflichtungen der Industriestaaten („Annex B“) gemäß dem Kyoto-Protokoll von besonderer Bedeutung¹¹. Tabelle 2.4 liefert eine regionale Aufschlüsselung der Emissionsprojektionen für diese Länder sowie der Lücke, die sowohl in prozentualer als auch in absoluter Rechnung noch zwischen diesen Werten und den Kyoto-Verpflichtungen besteht. Diese Zahlen spiegeln lediglich die energiebezogenen CO₂-Emissionen wider, während sich das Protokoll auf sechs Gase erstreckt und den Beitrag der Waldsenken berücksichtigt.

Tabelle 2.4: Energiebedingte CO₂-Emissionen und Zielvorgaben der Annex-B-Länder, 2010 (Mio. t CO₂)

	Emissionsziele für 2010	WEA-Emissionen 2010	Lücke* (%)	Lücke (Mio. t CO ₂)
OECD-Annex-B-Länder**	9,662	12,457	28.9	2,795
Russland	2,212	1,829	-17.3	-383
Ukraine und Osteuropa	1,188	711	-40.2	-477
Gesamt	13,062	14,997	14.8	1,935

* Differenz zwischen den Emissionszielen und den projizierten Emissionen als Prozentsatz der Emissionsziele, oder anders gesagt, der Betrag, um den die projizierten Emissionen die Zielvorgaben übersteigen.

** Dieses Gesamtvolumen umfasst alle OECD-Länder, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls Verpflichtungen eingegangen sind (Annex-B-Länder). Die Türkei, Mexiko und Korea sind als einzige OECD-Länder nicht in Annex B aufgeführt. Australien und die Vereinigten Staaten kündigten im Jahr 2001 an, sie würden das Abkommen nicht ratifizieren.

Anmerkung: Die Emissionsziele für 2010 unterscheiden sich von den im *Weltenergieausblick 2000* genannten, da die Emissionsdaten für 1990 revidiert wurden.

Der steile Anstieg der Emissionen im Referenzszenario unterstreicht die Herausforderung, die das Kyoto-Protokoll für die meisten OECD-Länder, insbesondere in Nordamerika und im pazifischen Raum, darstellt. Für die europäischen OECD-Länder wird in den Projektionen unterstellt, dass die energiebezogenen CO₂-Emissionen im Jahr 2010 die

11. Das Kyoto-Protokoll von 1997 fordert von den in Annex B aufgeführten Industriestaaten eine Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen in einem Umfang, der im Zeitraum 2008-2012 die Gesamtemissionen im Durchschnitt um mindestens 5% unter den Stand von 1990 zurückführen würde. Annex B umfasst alle OECD-Länder, mit Ausnahme Koreas, Mexikos und der Türkei. Um in Kraft treten zu können, muss das Kyoto-Protokoll von mindestens 55 Staaten ratifiziert werden, auf die zusammengenommen mindestens 55% der Kohlendioxidemissionen der Industriestaaten entfallen müssen. Bis Juni 2002 hatten 74 Länder, darunter alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union, das Protokoll ratifiziert. Auf diese Länder entfallen 36% der Emissionen.

Zielvorgabe um rd. 8% überschreiten. In allen OECD-Ländern, die im Rahmen des Protokolls Verpflichtungen eingegangen sind, werden die Emissionen 2010 zusammengenommen 12,5 Mrd. t betragen, was um 2,8 Mrd. t bzw. 29% über dem festgelegten Ziel liegt.

Russland befindet sich, wie Mittel- und Osteuropa, in einer ganz anders gearteten Situation; so werden die projizierten Emissionen dort erheblich *unter* dem Zielwert bleiben. Die Emissionen Russlands werden um rd. 0,4 Mrd. t unter den eingegangenen Verpflichtungen liegen. In der Ukraine sowie anderen mittel- und osteuropäischen Ländern zusammengenommen werden die Emissionen ebenfalls die Verpflichtungen unterschreiten, und zwar um rd. 0,5 Mrd. t¹². Das Protokoll gestattet es den Ländern, ihre Emissionsverpflichtungen mit Hilfe eines Handelssystems gegeneinander aufzurechnen. Die niedrigeren Emissionen in Russland, der Ukraine und Osteuropa („heiße Luft“) werden allerdings nicht ausreichen, um die höheren Emissionen in anderen Annex-B-Ländern auszugleichen. Die Gesamtdifferenz wird im Jahr 2010 rd. 15% der projizierten Emissionen betragen. Bei Ausklammerung der Vereinigten Staaten erreicht die Differenz indessen nur 2%.

Technologische Entwicklungen

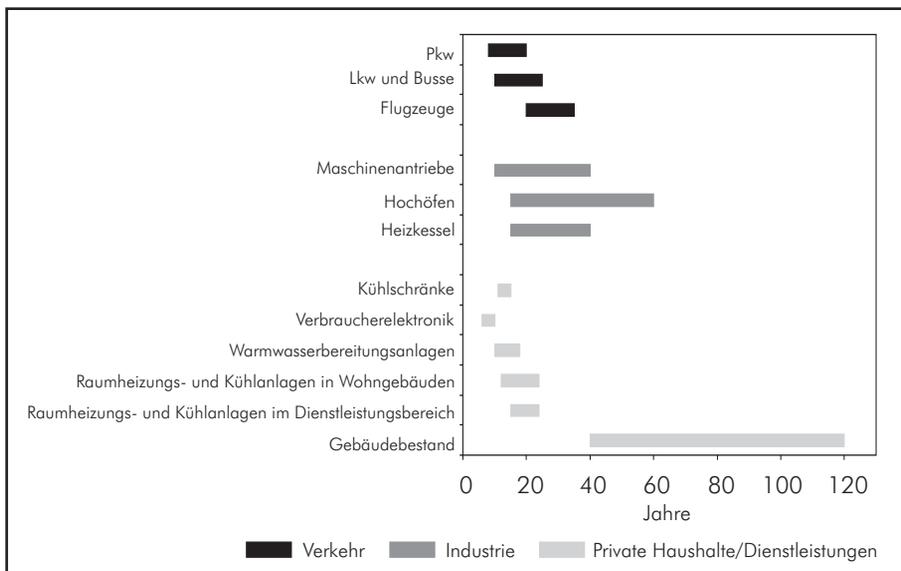
Für den gesamten Projektionszeitraum wird unterstellt, dass Energieversorgung und -verbrauch im Wesentlichen auf den gleichen Technologien basieren, die bereits heute in Gebrauch bzw. derzeit verfügbar sind. Zwar werden weitere technologische Fortschritte unterstellt, diese dürften sich aber eher evolutionär denn revolutionär vollziehen. Einige schon heute existierende Technologien werden in den nächsten dreißig Jahren kommerziell verwertbar werden. Es wird zu einem allmählichen Umstieg auf weniger umweltbelastende Technologien kommen, insbesondere bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. In einigen Bereichen könnte es durchaus zu Bahn brechenden technologischen Entwicklungen kommen, doch lassen sich Zeitpunkt und Größenordnung der Neuerungen derzeit nicht voraussagen. Die staatliche Förderung von Energieforschung und -entwicklung wird weiterhin eine Schlüsselrolle für den technologischen Fortschritt spielen.

12. Im *WEA 2000* wurde die Differenz für Russland auf 600 Mio. t CO₂ veranschlagt. Der geringere hier genannte Wert ergibt sich vorwiegend aus Bereinigungen der Daten für das Basisjahr 1990 sowie aus positiveren Annahmen in Bezug auf das BIP-Wachstum.

Verbrauchsseitige Technologien

Im Referenzszenario wird unterstellt, dass die Effizienz des Energieeinsatzes – also die zur Erzielung einer bestimmten Menge von Energiedienstleistungen erforderliche Energiemenge – sich weiterhin im selben Tempo wie in den vergangenen dreißig Jahren verbessern wird. Da der Großteil des Energie nutzenden Kapitalstocks eine lange Lebensdauer hat, können technologische Fortschritte die durchschnittliche Energieeffizienz bereits in Betrieb befindlicher Anlagen und Geräte nur sehr allmählich beeinflussen (Abb. 2.16).

Abbildung 2.16: Lebensdauer des Energiekapitalstocks



Im Verkehrssektor wird der Treibstoffwirkungsgrad in den meisten Regionen weiter sinken. Über freiwillige Vereinbarungen mit den Automobilherstellern und durch die Festlegung von Normen dürften beim Kraftstoffverbrauch neuer Pkw zwischen 2000 und 2030 Verbesserungen von 30% in der Europäischen Union und 20% in Japan, Australien und Neuseeland erzielt werden. Allerdings wird ein Teil der Energieeinsparungen durch den Anstieg der gesamten Fahrleistung in Kilometern aufgezehrt werden. Keine Verbesserung wird in den Vereinigten Staaten und Kanada erwartet, da die technischen Fortschritte bei der Kraftstoffeffizienz dort durch eine Zunahme von Fahrzeuggröße, -gewicht und Zahl der Zusatzausstattungen je Fahrzeug wettgemacht werden. Im Referenzszenario wer-

den keine Veränderungen bei den Effizienznormen unterstellt, die in den Vereinigten Staaten unter der Abkürzung CAFE bekannt sind. In allen Regionen werden Hybridfahrzeuge, die sowohl mit konventionellen Kraftstoffen als auch Elektrobatterien betrieben werden, zu einem Bestandteil der Fahrzeugflotte werden. Mit Brennstoffzellen betriebene Fahrzeuge dürften vor 2030 keine größere Verbreitung finden.

Beim Energieeinsatz in ortsfesten Anlagen werden in der Industrie sowie in den Bereichen Haushalte und Kleingewerbe schrittweise Verbesserungen der Energieeffizienz infolge kontinuierlicher technologischer Fortschritte unterstellt. So wird z.B. die wachsende Verbreitung von integrierten Gebäudekonzepten, die effiziente Beleuchtungs-, Heizungs- und Kühlsysteme umfassen, den Energieverbrauch pro Quadratmeter Büroraum in neuen Bürogebäuden senken. Die bereits existierenden Energieeffizienznormen und Programme zur Kennzeichnung des Energieverbrauchs werden auch weiterhin zur Erhöhung des Wirkungsgrads von Anlagen und Geräten beitragen. Diese Verbesserungen werden sich allerdings sehr allmählich vollziehen, da der Energiekapitalstock, insbesondere in Gebäuden, nur sehr langsam ersetzt wird.

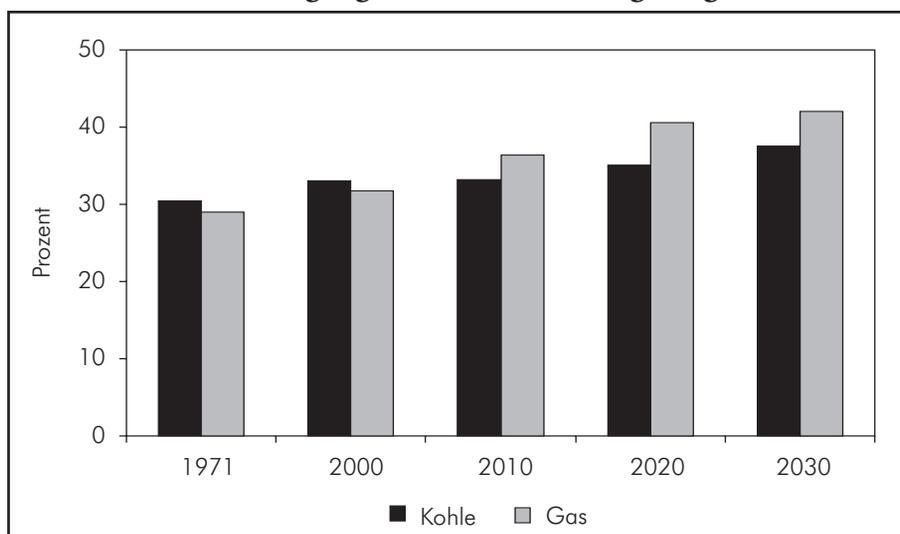
Angebotsseitige Technologien

Bei den angebotsseitigen Technologien werden auch weiterhin Verbesserungen, einschließlich Kostensenkungen, erzielt werden. Die Bemühungen um Senkung der Kosten für Öl- und Gasexploration und -förderung werden auch in Zukunft fortgesetzt werden. Neue Schlüsseltechnologien in diesem Bereich, wie die modernen seismischen Techniken, werden die Identifizierung von Lagerstättencharakteristiken verbessern, und ebenso sind auch effizientere Bohr- und Fördertechniken zu erwarten. Weitere Fortschritte werden bei Tiefwassertechnologien und in Bezug auf verbesserte Ölgewinnungstechniken erzielt werden. Auch bei Hochdruck-Gaspipelines, LNG-Verarbeitung und Gasverflüssigungstechnologien werden wesentliche Fortschritte erwartet. Der Einsatz moderner Kohlefördertechnologien wird im Verein mit der zunehmenden Größe der jeweiligen Bergwerksprojekte weiterhin Impulse für Produktivitätszuwächse und Kostensenkungen bei Kohleextraktion und -aufbereitung liefern.

Mit erheblichen Fortschritten ist bei der Steigerung der Umwandlungseffizienz der bereits vorhandenen Stromerzeugungstechnologien zu rechnen. Darüber hinaus werden die Kapitalkosten für neu aufkommende Technologien der Stromerzeugung mit Hilfe fossiler Brennstoffe und er-

neuerbarer Energien sinken. Der durchschnittliche Wirkungsgrad neuer integrierter Gas- und Dampfturbinenkraftwerke wird in den OECD-Ländern voraussichtlich von 55% im Jahr 2000 auf 62% im Jahr 2030 steigen. Kombikraftwerke mit integrierter Kohlevergasung (IGCC) werden den Projektionen zufolge bis zur Mitte des Projektionszeitraums gegenüber gasbefeuerten Kraftwerken wettbewerbsfähig werden. Diese Technologie wird dann allerdings später erneut unter Wettbewerbsdruck von Seiten der erneuerbaren Energieträger geraten. Der durchschnittliche Wirkungsgrad der IGCC-Technologie dürfte bis 2030 52% erreichen, verglichen mit derzeit 43%. Die höheren Wirkungsgrade der neuen gas- und kohlebefeuchten Kraftwerke werden den Durchschnittswirkungsgrad sämtlicher in Betrieb befindlicher Kraftwerke im Projektionszeitraum erhöhen (Abb. 2.17). Bei der Kernkrafttechnologie wird vor 2030 kein Durchbruch erwartet.

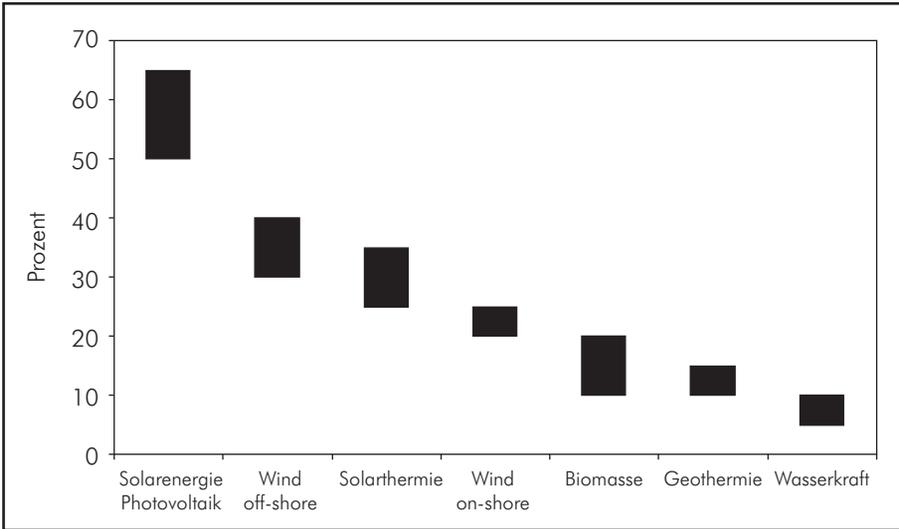
Abbildung 2.17: Durchschnittliche weltweite Stromerzeugungseffizienz nach Energieträgern



Die Kapitalkosten bei erneuerbaren Energieträgern dürften erheblich sinken, so dass die Stromproduktion aus diesen Energien im Projektionszeitraum zunehmend wettbewerbsfähig wird. Die Kapital- wie die globalen Stromerzeugungskosten werden zwischen den Regionen je nach den örtlichen Gegebenheiten weiterhin erheblich voneinander abweichen. Zusätzliche Kostenreduzierungen werden bei der Erzeugung von Windenergie auf Grund größerer, leistungsstärkerer Turbinen sowie höherer Wirkungs-

grade bei der Umwandlung von Biomasse erwartet. Die nach Energiequellen aufgeschlüsselten Projektionen für Rate und Umfang der Kostensenkungen sind in Abbildung 2.18 dargestellt; diese Zahlen sind allerdings weitgehend ungesichert.

Abbildung 2.18: Verringerung der Kapitalkosten von Technologien auf der Basis erneuerbarer Energieträger, 2000-2030



Brennstoffzellen werden voraussichtlich erst nach 2020, vorwiegend bei stationären Anwendungen, einen Beitrag zur globalen Energieversorgung liefern. Bei Brennstoffzellen handelt es sich um batterieähnliche Vorrichtungen, die Sauerstoff und Wasserstoff in Elektrizität umwandeln. Wasserstoff kann aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern mit Hilfe so genannter „Reformierungs“-Prozesse sowie aus Wasser durch Elektrolyse gewonnen werden. Technische Grundlage der Brennstoffzellen, die wahrscheinlich als erste zur Marktreife gelangen werden, wird die Reformierung von Erdgas in der Brennstoffzelle bzw. in einer separaten Vorrichtung sein. Die Erzeugung von Wasserstoff aus Kohle und Biomasse bzw. durch Elektrolyse dürfte vor dem Jahr 2030 wohl kaum wirtschaftlich rentabel sein. Nahezu alle bis 2030 verwendeten Brennstoffzellen werden in der dezentralen Stromerzeugung eingesetzt werden. Dort dürften die Brennstoffzellen wettbewerbsfähig werden, wenn die Kapitalkosten unter 1 000 \$/kW, also auf knapp über ein Viertel der derzeitigen Kosten, sinken und sich ihr Wirkungsgrad der Marke von 60% nähert (im Vergleich zu

weniger als 40% heute). Brennstoffzellen in Fahrzeugen werden wohl erst gegen Ende des Projektionszeitraums wirtschaftlich interessant werden, so dass 2030 erst ein Bruchteil der gesamten Kraftfahrzeugflotte mit Brennstoffzellen ausgerüstet sein dürfte¹³.

Kohlenstoffbindungs- und -speichertechnologien werden vor 2030 wohl kaum in großem Umfang zum Einsatz kommen. Es ist bislang noch völlig unklar, wie bald bei diesen Technologien die Schwelle der Wirtschaftlichkeit und technischen Einsatzfähigkeit erreicht sein könnte. Wenn die Kosten dieser Verfahren hinreichend gesenkt werden können, würden sie die Attraktivität der fossilen Energieträger gegenüber erneuerbaren Energiequellen erhöhen. Das würde wiederum eine Revolution bei den langfristigen Aussichten für das Energieangebot bewirken (Kasten 2.4).

Kasten 2.4: Bindung und Speicherung von CO₂ aus fossilen Energieträgern

Derzeit werden Technologien entwickelt, um den Kohlendioxid ausstoß von mit fossilen Energieträgern befeuerten Kraftwerken zu binden und unter Tage in geologischen Lagerstätten oder im Ozean zu speichern. Der am häufigsten verwendete Ansatz für die Bindung von CO₂ beruht auf einer Reaktion mit Aminen, die genutzt wird, um das CO₂ aus dem Gasstrom „herauszufiltern“. Dieser Prozess, der bereits in der chemischen Industrie Verwendung findet, könnte potentiell angepasst werden, um die CO₂-Emissionen existierender gas- und kohlebefeuerter Kraftwerke nach dem Verbrennungsprozess zu binden. Die Kosten werden mit rd. 30-50 \$ je Tonne CO₂ veranschlagt. Ein weiterer derzeit in der Entwicklung befindlicher Ansatz zielt auf die Abscheidung von CO₂ vor der Verbrennung ab.

Die CO₂-Bindung ist aber nur ein Teil des Problems; das Gas muss danach transportiert und dauerhaft gespeichert werden. Für die Speicherung gibt es eine Reihe von Optionen:

- Die Wiedereinbringung von CO₂ in Ölfelder könnte die Ölausbeute erhöhen, was einen Teil der durch dieses Gas verursachten Kosten wettmachen würde. Das weltweite Speicherpotential in Ölförderstätten wird auf rd. 130 Mrd. t geschätzt. Weitere

13. Vgl. Barreto et al. (2002) wegen eines langfristigen Szenarios, in dem die Rolle des Wasserstoffs im globalen Energiesystem beschrieben wird.

900 Mrd. t könnten in ausgeförderten Gasfeldern gespeichert werden. Allerdings wirft die CO₂-Speicherung in ausgeförderten Öl- oder Gasfeldern eine Anzahl neuer Probleme auf. Die Auffüllung einer Lagerstätte mit CO₂ würde den Druck verstärken. Die Einbringung von CO₂ in tiefe Kohleflöze könnte die Methanproduktion erhöhen. Die weltweite Speicherkapazität in Kohleflözen wird auf rd. 15 Mrd. t geschätzt.

- Tiefe saline Aquifere könnten eine enorme zusätzliche Speicherkapazität liefern, bieten aber kein ausgleichendes Einnahmepotential. Seit 1996 wird jährlich 1 Mio. t CO₂, das von dem aus dem Sleipner West-Feld im norwegischen Sektor der Nordsee geförderten Erdgas abgeschieden wurde, in eine saline unterseeische Lagerstätte eingebracht. Die seismische Überwachung deutet darauf hin, dass das CO₂ unter dem wasserundurchlässigen geologischen Deckel, der über der Lagerstätte liegt, effektiv eingeschlossen ist. Indessen sind weitere Experimente mit der Einbringung von CO₂ in Aquifere erforderlich, um den Prozess als solchen und die potentiellen Risiken besser evaluieren zu können. Saline Lagerstätten könnten weltweit nicht weniger als 10 Bill. t CO₂ speichern, was mehr als dem 10fachen aller für die nächsten dreißig Jahre projizierten energiebezogenen Emissionen entsprechen würde.
- Die Entsorgung von CO₂ in den Ozeanen könnte die Lösung für Regionen ohne ausgeförderte Öl- und Gasfelder oder Aquifere darstellen. Die Ozeane könnten potentiell den *gesamten* Kohlenstoff speichern, der in den bekannten fossilen Energiereserven enthalten ist. Derzeit werden in kleinem Maßstab Tests durchgeführt, um das Verhalten von im Meer gelöstem CO₂ und dessen Auswirkungen auf die Meeresfauna zu evaluieren.

Bisher konnte noch nicht geklärt werden, wie geologische und ozeanische Systeme auf die Einbringung von CO₂ in großem Maßstab reagieren werden. Die Schlüsseltechnologien für die Bindung und geologische Speicherung von CO₂ sind sämtlich experimentell oder auf Pilotbasis erprobt worden, werden jedoch erst dann kommerziell eingeführt werden, wenn die Risiken und Kosten hinreichend reduziert sein werden und der CO₂-Emissionsminderung ein Marktwert beigemessen wird.

KAPITEL 3: ENERGIEMARKTAUSSICHTEN

SCHWERPUNKTE

- Der Löwenanteil am projizierten 60%igen Wachstum des weltweiten Ölverbrauchs wird in den kommenden dreißig Jahren von den OPEC-Förderländern, insbesondere im Nahen Osten, gedeckt werden. In den Regionen, in denen die Ölförderung mittlerweile ihren Höhepunkt erreicht hat, wie in Nordamerika und der Nordsee, wird die Förderleistung allmählich sinken. Die konventionellen Rohölvorkommen sind ausreichend, um den Verbrauch bis 2030 zu decken, doch wird die Rolle von nicht konventionellem Öl, wie Ölsände und GTL, wahrscheinlich expandieren, insbesondere nach 2020. Sämtliche Öl importierende Regionen – einschließlich der drei OECD-Regionen – werden mehr Öl importieren. In Asien wird der volumenmäßige Anstieg am größten sein.
- Über 80% der neuen Rohölraffineriekapazitäten werden außerhalb des OECD-Raums errichtet werden, dessen Importabhängigkeit bei Raffinerieprodukten zunehmen wird. Die Rohölraffinerien werden ihren Ausstoß an Kraftstoffen im Vergleich zu schwereren Ölprodukten steigern und zugleich die Produktqualität verbessern müssen. Der Anteil der Raffinerieprodukte am gesamten Ölhandel wird zunehmen.
- Die Nachfrage nach Erdgas wird den Projektionen zufolge stärker steigen als nach allen anderen fossilen Energieträgern, was vorwiegend auf den Kraftwerkssektor zurückzuführen ist. Der Gasverbrauch wird 2030 5 Bill. m³ erreichen und sich damit gegenüber dem Jahr 2000 verdoppelt haben. Die Importabhängigkeit der größten Gasmärkte wird wesentlich zunehmen. In absoluter Rechnung werden die Importe am stärksten in Europa und Nordamerika steigen. Russland und der Nahe Osten/Afrika werden 2030 die größten Exporteure sein.
- Auch die Nachfrage nach Kohle wird wachsen, wenn auch langsamer als nach Öl und Gas. Zwei Drittel der Steigerung des

Weltkohleverbrauchs im Projektionszeitraum werden auf China und Indien entfallen. In allen Regionen wird sich der Kohleinsatz zunehmend auf die Verstromung konzentrieren.

- Der Weltstromverbrauch dürfte sich zwischen 2000 und 2030 verdoppeln, wobei der Großteil des Wachstums in den Entwicklungsländern erfolgen wird. In den nächsten dreißig Jahren wird sich der Gasanteil unter an der Gesamtheit der zur Verstromung eingesetzten Energieträger deutlich erhöhen. Dennoch wird die Kohle auch 2030 noch der wichtigste Energieträger für die Stromerzeugung sein. Erneuerbare Energien (ohne Wasserkraft) – namentlich Windkraft und Biomasse – werden ebenfalls rasch expandieren, insbesondere in den OECD-Ländern, wo erneuerbare Energieträger von staatlicher Seite aktiv gefördert werden.
- Um die projizierte Zunahme des Stromverbrauchs decken zu können, werden von 2000 bis 2030 allein im Kraftwerksbereich Gesamtinvestitionen von 4,2 Bill. \$ notwendig sein. Von dieser Summe entfällt etwas mehr als die Hälfte auf die Entwicklungsländer. In vielen Ländern ist ungewiss, ob ausreichende Finanzierungen zur Verfügung stehen werden.

KAPITEL 4: OECD-NORDAMERIKA

SCHWERPUNKTE

- Das Referenzszenario weist für den Primärenergieverbrauch in den Vereinigten Staaten und Kanada eine jahresdurchschnittliche Wachstumsrate von 1% aus. Der Verbrauch wird nach 2010 auf Grund einer allmählichen Abschwächung des Wirtschaftswachstums sowie infolge von Sättigungseffekten und steigenden Energiepreisen langsamer zunehmen.
- Die Vereinigten Staaten und Kanada werden weiterhin hochgradig vom Öl abhängig sein, das in diesen Ländern vorwiegend für den Straßen- und Luftverkehr eingesetzt wird. Die relative Bedeutung von Gas wird jedoch wachsen, da viele neue Kraftwerke mit Gas befeuert werden. Das Angebot an erneuerbaren Energieträgern expandiert rasch, wenngleich deren Anteil am Primärverbrauch 2030 immer noch bei weniger als 10% liegen wird.
- Wenn die Regierungen der Vereinigten Staaten und Kanadas keine neuen Maßnahmen zur Verbrauchsdrösselung und Produktionsteigerung ergreifen, werden die Nettoölimporte weiter steigen und im Jahr 2030 15,5 mb/d oder 57% des Gesamtverbrauchs der Region erreichen. Ein großer, weiter wachsender Anteil dieser zusätzlichen Importe wird aus OPEC-Ländern stammen. Die Gasimporte, vorwiegend in Form von Flüssigerdgas, werden von ihrem heute sehr niedrigen Niveau auf rd. 30% des Verbrauchs im Jahr 2030 wachsen, da sich das inländische Angebot verknappt und die Gaspreise steigen. Die neuen Maßnahmen zur Förderung des Umstiegs auf andere Energieträger bzw. zur Dämpfung des Gasverbrauchs, die hier nicht berücksichtigt wurden, würden die Abhängigkeit von Gasimporten reduzieren.
- Neue Politikinitiativen, darunter auch die jüngst im Rahmen der nationalen Energiepolitik der Vereinigten Staaten vorgeschlagenen Maßnahmen, könnten die Trends bei Angebot und

Verbrauch sowie die Aussichten im Hinblick auf die energiebezogenen Kohlendioxidemissionen erheblich verändern. Ohne neue Maßnahmen würden die Emissionen von 2000 bis 2030 um 1% jährlich steigen.

- Der Primärenergieverbrauch in Mexiko wird im Projektionszeitraum um 2,5% jährlich und damit mehr als doppelt so rasch wie der Verbrauch in den Vereinigten Staaten und Kanada expandieren. Unter den verschiedenen Energieträgern wird Öl weiterhin dominieren, doch wird es auch zu einem erheblichen Zuwachs beim Erdgasverbrauch kommen. Die Entwicklung der reichlich vorhandenen mexikanischen Energieressourcen und der Ausbau der dortigen Versorgungsinfrastruktur hängen von der Fortsetzung des Reformprogramms der mexikanischen Regierung ab.

KAPITEL 5: OECD-EUROPA

SCHWERPUNKTE

- Der Primärenergieverbrauch wird in der Europäischen Union bei einem BIP-Wachstum von 1,9% bis zum Jahr 2030 um jährlich 0,7% steigen. Der Verbrauch wird in den übrigen europäischen OECD-Ländern geringfügig rascher zunehmen. In beiden Subregionen werden Öl und Gas in der Energieverbrauchsstruktur nach wie vor dominieren, während der Anteil der Kohle weiter sinken wird.
- Auf den Elektrizitätssektor wird ein wachsender Anteil des Primärenergieverbrauchs in der EU entfallen. Der größte Teil des projizierten Kapazitätswachstums wird durch gasbefeuerte Kraftwerke gedeckt werden, aber auch der Anteil erneuerbarer Energieträger (ohne Wasserkraft) wird – von einer niedrigen Basis aus – rasch wachsen. Die Bedeutung der Kernenergie wird abnehmen, da weniger neue Kraftwerke errichtet und einige ältere stillgelegt werden.
- Die Europäische Union wird angesichts des Rückgangs der Kohle-, Öl- und Gasförderung nach und nach mehr fossile Energieträger importieren müssen. Der Anteil der Nettoimporte am Ölverbrauch der EU wird von 73% im Jahr 2000 auf 92% im Jahr 2030 steigen. Auch die Nettogasimporte werden zunehmen, von heute 44% auf 81% des gesamten EU-Gasverbrauchs im Jahr 2030.
- Die Kohlendioxidemissionen werden um die gleiche Rate wachsen wie der Primärenergieverbrauch. Die Emissionen werden rascher zunehmen als in den vergangenen dreißig Jahren. Wenn keine bedeutenden neuen Initiativen ergriffen werden, wird die Europäische Union massiv auf flexible Mechanismen zurückgreifen müssen, um ihr Treibhausgasemissionsziel gemäß dem Kyoto-Protokoll zu erreichen.
- Die mögliche Einführung neuer Maßnahmen zur Eindämmung der steigenden Energieimporte und CO₂-Emissionen stellt für die energiewirtschaftlichen Aussichten in Europa einen entscheidenden Unsicherheitsfaktor dar.

KAPITEL 6: OECD-PAZIFIK

SCHWERPUNKTE

- Der Primärenergieverbrauch in Japan, Australien und Neuseeland wird von 2000 bis 2030 um 0,8% jährlich zunehmen. Bedingt durch eine allmähliche Verlangsamung des Wirtschaftswachstums, die anhaltende Verlagerung zu weniger energieintensiven Aktivitäten, stagnierende Bevölkerungszahlen sowie Sättigungseffekte in den Sektoren Verkehr, Wohnungswesen und Dienstleistungen wird das Verbrauchswachstum allerdings im Projektionszeitraum nachlassen.
- In dieser Ländergruppe werden die Anteile von Erdgas, Kernenergie und erneuerbaren Energiequellen zu Lasten von Kohle und Öl wachsen. Dieser Trend resultiert z.T. aus staatlichen Maßnahmen zur Förderung weniger kohlenstoffintensiver Energieträger. Gleichwohl wird die Ölimportabhängigkeit dieser Ländergruppe drastisch zunehmen und im Jahr 2030 92% erreichen.
- Die energiebezogenen Kohlendioxidemissionen werden in den ersten zehn Jahren des Projektionszeitraums weitgehend im Einklang mit dem Primärenergieverbrauch wachsen. Infolgedessen werden diese Länder ihre Kyoto-Verpflichtungen nicht erfüllen, es sei denn, sie führten durchgreifende neue Maßnahmen ein.
- Der Primärenergieverbrauch Koreas wird im Projektionszeitraum um 2,3% jährlich zulegen und damit wesentlich langsamer wachsen als in den vergangenen dreißig Jahren. Wenn Öl in der koreanischen Energieverbrauchsstruktur auch weiterhin dominieren wird, werden doch die Anteile von Gas und Kernenergie expandieren. Da Korea praktisch über keine einheimischen fossilen Energieträger verfügt, wird der Anteil des Landes am internationalen Energiehandel künftig noch zunehmen.

KAPITEL 7: CHINA – EINE EINGEHENDE ANALYSE

SCHWERPUNKTE

- Als weltweit zweitgrößter Primärenergieverbraucher ist China einer der wichtigsten Akteure an den Weltenergiemärkten und vereint mehr als 10% des gesamten Weltprimärenergieverbrauchs auf sich. Das Land wird auch in den kommenden Jahrzehnten ein Energieriese bleiben, da das starke Wirtschaftswachstum Energieverbrauch und -einfuhren in die Höhe treibt.
- Die chinesische Wirtschaft hängt sehr stark von Kohle ab, wo sie über große, kostengünstig abbaubare Ressourcen verfügt. Kohle wird weiterhin der dominierende Energieträger bleiben, doch werden die Anteile von Öl, Erdgas und Kernenergie an der Primärenergieverbrauchsstruktur wachsen.
- Bis zu den neunziger Jahren war der chinesische Ölmarkt vom Rest der Welt weitgehend abgeschottet, da China selbst ausreichend Öl zur Deckung seines Eigenbedarfs förderte. Der Ölverbrauch übertrifft aber mittlerweile die Fördermenge. Die Importe von Rohöl und Raffinerieprodukten nehmen rasch zu. Bis 2030 dürften die Nettoölimporte den Projektionen zufolge nahezu 10 mb/d erreichen – was mehr als 8% des Weltölverbrauchs entspricht. Auch der chinesische Erdgasbedarf wird im Jahr 2030 zu 30% durch Einfuhren gedeckt werden müssen. Im Zuge dieser Trends wird sich China zu einem strategischen Käufer an den Weltenergiemärkten entwickeln.
- Zur Deckung des projizierten Wachstums des chinesischen Energieverbrauchs sind enorme Investitionen in die Energieversorgungsinfrastruktur erforderlich. Ein Teil der benötigten Mittel wird von privaten Auslandsinvestoren zur Verfügung gestellt werden, doch ist unklar, ob dieses Kapital rechtzeitig mobilisiert werden kann. Allein für neue Stromerzeugungs-

kapazitäten werden in den nächsten dreißig Jahren mehr als 800 Mrd. \$ benötigt.

- China ist bereits heute für einen wesentlichen Teil der weltweiten Kohlendioxidemissionen verantwortlich. Sein Anteil an den Weltemissionen beträgt derzeit 14% und wird bis 2030 sogar noch größer sein, wenn die Regierung keine Gegenmaßnahmen ergreift. Für einen Großteil des Emissionsanstiegs zeichnet der Elektrizitätssektor verantwortlich, ein rasches Wachstum ist aber auch beim Anteil des Verkehrssektors zu beobachten.

KAPITEL 8: RUSSLAND

SCHWERPUNKTE

- Russland wird im Projektionszeitraum eine zunehmend wichtige Rolle an den Weltöl- und Gasmärkten spielen. Das Land ist bereits heute, hinter Saudi-Arabien, der Welt größter Gasexporteur und zweitgrößter Exporteur von Öl und Ölprodukten. Die russischen Exporte dürften in den nächsten Jahren kräftig steigen.
- Die Erschließung der enormen Ressourcen Russlands wird für die Energiesicherheit von OECD- und Nicht-OECD-Ländern von entscheidender Bedeutung sein. Der laufende Reformprozess muss fortgesetzt werden, damit Russland seine ungeheure Rohstoffbasis mittelfristig ausbeuten kann.
- Wenn Russland seine Rolle als größter Gasexporteur für Europa konsolidieren soll, muss es für die Investitionen sorgen, die erforderlich sind, um neue Felder in weniger zugänglichen Regionen zu erschließen und zusätzliche Pipelines zu bauen. Es wird ferner erwartet, dass Russland den Export von Gas nach Märkten im Fernen Osten aufnimmt, darunter auch nach China.
- Im vorliegenden Weltenergieausblick wird davon ausgegangen, dass Russland in den nächsten dreißig Jahren rd. 157 Mrd. \$ in neue Stromerzeugungskapazitäten investieren muss. Die Regierung würde gerne einen größeren Teil der Erdgasförderung exportieren; Gas zeichnet sich indessen durch mehrere Vorteile gegenüber anderen Energieträgern aus, darunter einen höheren Wirkungsgrad, geringere Umweltschädlichkeit und reichliche Vorkommen.
- Russland ist nach den Vereinigten Staaten und China der Welt drittgrößter Energieverbraucher. Trotz eines Jahrzehnts des rückläufigen Energieverbrauchs ist die Energieintensität in Russland nach wie vor recht hoch. Eine höhere Energieeffizienz bei Stromerzeugung und verschiedenen Arten des Endver-

brauchs kann nur dann erreicht werden, wenn die derzeitigen Reformen des Preissystems fortgesetzt werden.

- Im Weltenergieausblick wird unterstellt, dass die energiebezogenen Kohlendioxidemissionen Russlands im Jahr 2010 um 17% unter dem Stand von 1990 liegen werden. Sollte im Rahmen des Kyoto-Protokolls ein Emissionshandelssystem eingeführt werden, so wird Russland in der Lage sein, seine überschüssigen Emissionsrechte zu verkaufen.

KAPITEL 9: INDIEN

SCHWERPUNKTE

- Indien wird sich zu einem immer wichtigeren Akteur an den Weltenergiemärkten entwickeln, da die anhaltend rasche Bevölkerungszunahme und das kräftige Wirtschaftswachstum den Energieverbrauch in die Höhe treiben. Der Primärenergieverbrauch wird zwischen 2000 und 2030 um durchschnittlich 3,1% jährlich steigen. Der Endverbrauch von Öl, Gas und Strom wird rasch zunehmen.
- Auf Grund seiner begrenzten inländischen Ressourcen wird Indien mehr Öl und Gas importieren müssen. Auch die Kohleeinfuhren werden wahrscheinlich zunehmen, da sich die Nachfrage zu qualitativ höherwertigen Sorten verlagert, die günstiger im Ausland beschafft werden können. Die Abhängigkeit des Landes von Ölimporten wird drastisch steigen, von 65% im Jahr 2000 auf 94% im Jahr 2030.
- Die Aussichten beim Stromverbrauch sind ungewiss, da die Industrie unter gravierenden Finanzproblemen leidet, die das Ergebnis von Jahrzehnten nicht kostendeckender Preise wie auch eines schlechten Managements sind. Es sind massive Investitionen erforderlich, um die Stromerzeugungskapazität Indiens auszuweiten und um die Übertragungs- und Verteilungsnetze zur Befriedigung der wachsenden Nachfrage zu verbessern und auszubauen. Die Elektrifizierungsrate Indiens dürfte zwar steigen, doch werden auch im Jahr 2030 noch Hunderte von Millionen Menschen ohne Stromversorgung sein.
- Erdgas könnte in der indischen Energieverbrauchsstruktur künftig eine wesentlich größere Rolle spielen. Doch müssen die Finanzprobleme im Elektrizitätssektor – dem entscheidenden Wachstumsmarkt für Gas – gelöst und Mittel für LNG- und grenzüberschreitende Pipelineprojekte mobilisiert werden. Rund die Hälfte des projizierten Gasverbrauchswachstums wird durch Importe gedeckt werden müssen.

- Eine weitere Reform der Energiepreisgestaltung ist eine entscheidende Voraussetzung für die Entwicklung der Energieversorgungsinfrastruktur in Indien. Ausländische Investoren werden künftig einen wachsenden Kapitalanteil stellen müssen. Die in den nächsten dreißig Jahren allein zur Finanzierung des projizierten Ausbaus der Stromerzeugungskapazitäten erforderlichen Investitionen werden auf insgesamt rd. 270 Mrd. \$ geschätzt.

KAPITEL 10: BRASILIEN

SCHWERPUNKTE

- Der *Weltenergieausblick* unterstellt für Brasilien ein jahresdurchschnittliches Wachstum des Primärenergieverbrauchs von 3% in den nächsten dreißig Jahren. Öl und Wasserkraft dürften für die Energieversorgungsstruktur des Landes weiterhin die wichtigsten Energieträger sein. Erdgas wird allerdings bei der Stromerzeugung, insbesondere gegen Ende des Projektionszeitraums, größere Marktanteile erobern.
- Brasilien verfügt über große Tiefwasseröl- und -gasvorkommen. Allerdings ist ungewiss, wie weit das Land zu deren Ausbeutung in der Lage sein wird, da solche Vorhaben sehr kostspielig sind und hohe Investitionen erfordern. Im vorliegenden *Weltenergieausblick* wird davon ausgegangen, dass Brasilien im zweiten Jahrzehnt des Projektionszeitraums zum Ölselbstversorger wird.
- Langfristig wird Gas in der brasilianischen Stromerzeugung eine immer wichtigere Rolle spielen, was teilweise darauf zurückzuführen ist, dass neue Wasserkraftwerke weit von den Verbrauchszentren entfernt liegen. Im vorliegenden *Weltenergieausblick* wird unterstellt, dass der Gasanteil an der Stromerzeugung, der derzeit vernachlässigbar gering ist, bis 2030 auf 35% steigt.
- Die Abhängigkeit von Gasimporten wird im ersten Jahrzehnt des Projektionszeitraums rasch zunehmen. Doch wird Brasilien voraussichtlich auf seine eigenen enormen Gasvorkommen zurückgreifen, so dass die Importabhängigkeit bis 2030 auf rd. 5% sinken könnte.
- Die Investitionen in Kraftwerksprojekte sind in Brasilien auf Grund des ungesicherten Regulierungsrahmens und der unattraktiven Stromerzeugungspreise bisher hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Im vorliegenden *Weltenergieausblick* wird unterstellt, dass in den nächsten dreißig Jahren Investitionen in Höhe von 160 Mrd. \$ erforderlich sind, um die benötigten zusätzlichen Stromerzeugungskapazitäten zu errichten.

KAPITEL 11: INDONESIEN

SCHWERPUNKTE

- Als bedeutender Energieexporteur und immer wichtigerer Energieverbraucher wird Indonesien weiterhin eine große Rolle an den internationalen Energiemärkten spielen. Der Primärenergieverbrauch des Landes dürfte in den nächsten dreißig Jahren mit jahresdurchschnittlich 3,5% rasch wachsen.
- Indonesien, das heute noch Ölexporteur ist, wird im zweiten Jahrzehnt des Projektionszeitraums zum Nettoölimporteur werden. Die Förderung aus Altfeldern wird weiter zurückgehen, und die Inlandsnachfrage wird rasch zunehmen, vorwiegend im Verkehrsbereich. Öl wird auch im Jahr 2030 in der Energieverbrauchsstruktur Indonesiens dominieren.
- Indonesien ist weltgrößter Exporteur von Flüssigerdgas. Das indonesische Gas wird in zunehmendem Maße die Wachstumsmärkte im asiatisch-pazifischen Raum, einschließlich Japans und Koreas, versorgen. Auch der inländische Gasverbrauch wird im Projektionszeitraum steigen, und zwar um 3,4% im Jahresdurchschnitt.
- Der Stromendverbrauch wird mit über 5% jährlich rasch wachsen, und sein Anteil am Endenergieverbrauch wird sich bis 2030 nahezu verdoppeln. In den nächsten Jahren könnte es zu einer Stromknappheit kommen. Investitionen in neue Kraftwerksprojekte sind zur Deckung des projizierten Verbrauchs unerlässlich. Den Schätzungen des *Weltenergieausblicks* zufolge müssen im Projektionszeitraum 73 Mrd. \$ in Kraftwerke investiert werden.
- Die Unsicherheiten bei den Energieprojektionen sind im Falle Indonesiens besonders ausgeprägt. Die Wirtschaft leidet immer noch unter den Effekten der Wirtschaftskrise von 1997. Der jüngste weltweite Konjunkturabschwung überschattet im Verein mit der politischen Instabilität im Inland die kurzfristigen Aussichten für ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum. Für

Indonesien wird es sowohl im Hinblick auf die makroökonomischen Aussichten als auch auf die Entwicklung der nationalen Energieversorgungsprojekte in entscheidendem Maße auf das Vertrauen der Investoren ankommen.

KAPITEL 12: ALTERNATIVES POLITIKSZENARIO FÜR DEN OECD-RAUM

SCHWERPUNKTE

- Bei Umsetzung der derzeit in den OECD-Ländern erwogenen Maßnahmen würden die CO₂-Emissionen im Jahr 2030 um rd. 2 150 Mt oder 16% unter dem Wert des Referenzszenarios für 2030 liegen. Dieses Volumen entspricht mehr oder minder den heutigen Gesamtemissionen Deutschlands, des Vereinigten Königreichs, Frankreichs und Italiens. Da der Energiekapitalstock nur langsam ersetzt wird, sind die CO₂-Minderungen in den ersten Jahren relativ gering – nicht mehr als 3% bis 2010 und 9% bis 2020. Die CO₂-Gesamtemissionen des OECD-Raums werden sich schließlich stabilisieren, aber erst gegen Ende des Projektionszeitraums.
- Die Energieeinsparungen, die rd. 9% des im Referenzszenario 2030 veranschlagten Primärenergieverbrauchs entsprechen, sind niedriger als die CO₂-Minderung, da letztere sowohl die Vorteile der Energieeinsparungen als auch den Umstieg auf weniger kohlenstoffintensive Energieträger widerspiegelt.
- Die größte Reduktion der CO₂-Emissionen wird dank der raschen Expansion der erneuerbaren Energien und der Verringerung des Elektrizitätsverbrauchs auf den Stromerzeugungsektor entfallen. Darin kommt die Tatsache zum Ausdruck, dass die Regierungen der OECD-Länder derzeit in ihren langfristigen Plänen zur Eindämmung der CO₂-Emissionen und zur Stärkung der Energieversorgungssicherheit vorwiegend auf erneuerbare Energieträger und eine höhere Energieeffizienz setzen.
- Die Energieverbrauchssenkungen lassen die Abhängigkeit der OECD-Länder von Öl- und Gasimporten sinken. Im Jahr 2030 ist der Gasverbrauch des OECD-Raums um 260 Mrd. m³ oder 13% niedriger als gemäß den Annahmen des Referenzszenarios. Die Reduktion der EU-Gasimporte im Jahr 2030 liegt volumenmäßig etwas unter den heutigen Einfuhren aus Nor-

wegen und Russland zusammengenommen. Die Minderung des Ölverbrauchs, die hauptsächlich auf den Verkehrssektor zurückzuführen ist, erreicht 4,6 mb/d oder 10%.

- Die CO₂-Emissionsminderungen gegenüber dem Referenzszenario sind im Jahr 2030 am deutlichsten in der Europäischen Union (19%), gefolgt von Japan, Australien und Neuseeland (15%) sowie den Vereinigten Staaten und Kanada (14%).
- Trotz dieser Reduktionen verfehlen die drei OECD-Regionen, einzeln betrachtet, ihre im Rahmen des Kyoto-Protokolls festgelegten Ziele. Bei Ausklammerung der Vereinigten Staaten könnten die Ziele allerdings durch die in diesem alternativen PolitikszENARIO erreichten Einsparungen sowie die Emissionsminderungsgutschriften seitens anderer Annex-B-Länder erfüllt werden.
- Wenn die Regierungen größere oder raschere Einsparungen von Energie und CO₂-Emissionen erreichen wollen, müssen sie energischere Maßnahmen zur Beeinflussung der langfristigen Energie- und Umweltergebnisse ergreifen.

KAPITEL 13: ENERGIE UND ARMUT

SCHWERPUNKTE

- Rund 1,6 Milliarden Menschen – ein Viertel der Weltbevölkerung – haben keinen Zugang zu Elektrizität. Ohne neue durchgreifende Maßnahmen werden auch im Jahr 2030 noch 1,4 Milliarden Menschen ohne Elektrizität auskommen müssen.
- Vier von fünf Menschen, die nicht über Strom verfügen, leben in Entwicklungsländern, vorwiegend in Südasien und Subsahara-Afrika, und zwar in ländlichen Räumen. Diese Struktur des Strommangels dürfte sich jedoch verändern, da 95% des Bevölkerungszuwachses in den nächsten dreißig Jahren auf städtische Ballungsräume entfallen werden.
- Rund 2,4 Milliarden Menschen sind beim Kochen und Heizen auf traditionelle Biomasse angewiesen – Holz, Agrarabfälle und Dung. Diese Zahl wird bis 2030 auf 2,6 Milliarden steigen. In den Entwicklungsländern wird am Ende des Projektionszeitraums immer noch mehr als die Hälfte des Energieverbrauchs der privaten Haushalte auf Biomasse entfallen.
- Der Mangel an Strom und die massive Abhängigkeit von traditioneller Biomasse sind typische Kennzeichen der Armut in den Entwicklungsländern. Das Fehlen von Strom verschärft die Armut und trägt zu deren Verfestigung bei, da hierdurch die meisten industriellen Aktivitäten unmöglich gemacht und dementsprechend auch keine Arbeitsplätze geschaffen werden.
- Die Investitionen müssen sich auf eine Vielzahl von Energiequellen für thermische und mechanische Anwendungen konzentrieren, darunter auch Biomasse, damit produktive, Einkommen schaffende Aktivitäten in den Entwicklungsländern entstehen. Die Elektrifizierung und der Zugang zu modernen Energiedienstleistungen alleine garantieren noch nicht den Abbau der Armut.

- Erneuerbare Energien, wie etwa solare Strahlungs- und Windenergie sowie Biomasse, können kosteneffektive Optionen für spezifische netzunabhängige Anwendungen sein, doch wird man bei der Ausweitung der netzgebundenen Kapazitäten wohl eher konventionellen Energieträgern und bewährten Technologien den Vorzug geben.

ORDER FORM



IEA BOOKS

Fax: +33 (0)1 40 57 65 59

E-mail: books@iea.org

www.iea.org/books

**INTERNATIONAL
ENERGY AGENCY**

**9, rue de la Fédération
F-75739 Paris Cedex**

I would like to order the following publications

PUBLICATIONS	ISBN	QTY	PRICE		TOTAL
<input type="checkbox"/> World Energy Outlook 2002	92-64-19835-0		\$150	€165	
<input type="checkbox"/> Energy Balances of Non-OECD Countries 2002	92-64-09786-2		\$110	€120	
<input type="checkbox"/> Electricity Information 2002	92-64-19793-1		\$130	€145	
<input type="checkbox"/> Coal in the Energy Supply of India	92-64-19799-0		\$80	€88	
<input type="checkbox"/> Distributed Generation in OECD Electricity Markets	92-64-19802-4		\$75	€82	
<input type="checkbox"/> Electricity in India	92-64-19724-9		\$125	€137	
<input type="checkbox"/> Security of Supply in Electricity Markets	92-64-19805-9		\$100	€110	
<input type="checkbox"/> Oil Information 2002	92-64-09792-9		\$150	€165	
			TOTAL		

DELIVERY DETAILS

Name	Organisation
Address	
Country	
Telephone	Postcode
	E-mail

PAYMENT DETAILS

- I enclose a cheque payable to IEA Publications for the sum of \$ _____ or € _____
- Please debit my credit card (tick choice). Mastercard VISA American Express

Card no: _____	Signature: _____
Expiry date: _____	

OECD PARIS CENTRE

Tel: (+33-01) 45 24 81 67
Fax: (+33-01) 49 10 42 76
E-mail: distribution@oecd.org

OECD BONN CENTRE

Tel: (+49-228) 959 12 15
Fax: (+49-228) 959 12 18
E-mail: bonn.contact@oecd.org

OECD MEXICO CENTRE

Tel: (+52-5) 280 12 09
Fax: (+52-5) 280 04 80
E-mail: mexico.contact@oecd.org

***You can also send
your order
to your nearest
OECD sales point
or through
the OECD online
services:
www.oecd.org/
bookshop***

OECD TOKYO CENTRE

Tel: (+81-3) 3586 2016
Fax: (+81-3) 3584 7929
E-mail: center@oecdtokyo.org

OECD WASHINGTON CENTER

Tel: (+1-202) 785-6323
Toll-free number for orders:
(+1-800) 456-6323
Fax: (+1-202) 785-0350
E-mail: washington.contact@oecd.org

IEA PUBLICATIONS - 9, rue de la Fédération - 75739 PARIS CEDEX 15
PRINTED IN FRANCE BY LOUIS-JEAN

Book cover by Bertrand Sadin