

# Globale Energieperspektiven bis 2030

Energieperspektiven dienen der Abschätzung der künftigen Energienachfrage sowie der Bereitstellung der entsprechenden Infrastruktur und helfen, mittel- und langfristig mögliche energiepolitische Optionen aufzuzeigen. Die Internationale Energieagentur (IEA) erarbeitet regelmässig einen World Energy Outlook, der für verschiedene Regionen den Energiebedarf sowie Effekte politischer Massnahmen und technologischer Fortschritte aufzeigt. Der nachfolgende Beitrag befasst sich mit der aktuellen Ausgabe von Ende 2004 und zeigt die Herausforderungen, welche sich bis 2030 für unser globales Energieversorgungssystem stellen.



Die IEA rechnet mit einem Anstieg des Primärenergieverbrauchs zwischen 2002 und 2030 von 60%. Das entspricht einem jährlichen Zuwachs von 1,7%. Die Wachstumsraten sind vor allem in den Entwicklungsländern hoch, allerdings mit einem tiefen Ausgangsniveau. Im Bild: Kohlekraftwerk in China. Bild: Keystone

## Modell der Internationalen Energieagentur

Das «World Energy Model» der IEA ist vereinfacht in *Grafik 1* dargestellt. Als Rahmenbedingungen – so genannte exogene Grössen – fliesen das Bruttoinlandprodukt (BIP) und die Bevölkerungsentwicklung ein, bei denen sich die IEA hauptsächlich auf die Prognosen des Internationalen Währungsfonds (IWF), der Weltbank und der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) abstützt. Im Weiteren schätzt sie die internationalen Preise für fossile Energieträger und den technologischen Fortschritt ab.

Elektrizitätsverbrauch und -preise verbinden auf dynamische Weise die Module End-

energieverbrauch und Stromerzeugung. Der fossile Primärenergiebedarf dient als Input für das fossile Angebotsmodul. Gesamtenergiebilanzen und CO<sub>2</sub>-Emissionen werden auf regionalen Ebenen erstellt.

Als Grundlage des Modells dienen Daten der Periode 1971–2002. Die einzelnen Parameter des Endenergieverbrauchmoduls werden mit ökonomischen Techniken geschätzt. Bei Trendbrüchen, ausserordentlichen Technologiesprüngen oder politischen Richtungswechseln werden diese Parameter entsprechend korrigiert oder mit anderen Modelltechniken berechnet. Ist die Datengrundlage nicht ausreichend, behilft sich die IEA mit Ländervergleichen und setzt zusätzliches Expertenwissen ein.

## Zwei Szenarien

Die IEA rechnet zwei Szenarien durch:

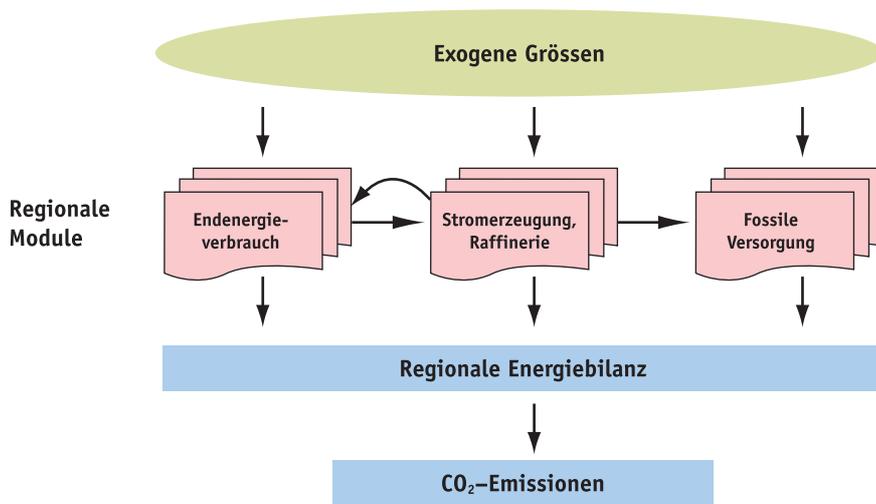
- das *Referenzszenario*, das alle vor Mitte 2004 erlassenen und in Kraft getretenen Gesetze berücksichtigt;
- das *Alternativszenario*, das zusätzlich Massnahmen abdeckt, die momentan in Diskussion stehen oder realistischerweise in der Zeitperiode bis 2030 implementiert werden und somit einen energiepolitischen Einfluss haben könnten.



**Dr. Michel Piot**  
Sektion Energieversorgung, Bundesamt für Energie (BFE), Bern

Grafik 1

Schematischer Aufbau des «World Energy Model»



Quelle: IEA 2004

wird. Dies entspricht einer täglichen Nachfrage von 121 Mio. Barrel Rohöl. Die heutige Förderkapazität beträgt etwa 86 Mio. Barrel pro Tag.<sup>2</sup> Bedingt durch die Verteilung der globalen Ölreserven wird sich die Abhängigkeit der OECD-Länder vom Mittleren Osten weiter akzentuieren und die Anfälligkeit auf mögliche Preisschocks infolge von Lieferschwierigkeiten ansteigen.

Der Ausstoss der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird von 2002 bis 2030 in allen Regionen steigen. Die weltweite Zunahme beträgt 60% und ist ungefähr gleichmässig auf die fossilen Energieträger Öl, Gas und Kohle verteilt. Dabei entfallen zwei Drittel der Erhöhung auf die Entwicklungsländer, was aber nicht über die Tatsache hinwegtäuschen darf, dass in den OECD-Ländern der prognostizierte Pro-Kopf-Ausstoss auch im Jahr 2030 mit 12 t CO<sub>2</sub> etwa viermal höher sein wird als in den Entwicklungsländern.

**Elektrizitätssektor**

Der Elektrizitätsverbrauch wächst in allen Regionen schneller als der Gesamtenergieverbrauch. Weltweit wird bis 2030 mit einem jährlichen Wachstum von 2,5% gerechnet, gegenüber 3,6% in den letzten 30 Jahren. Obschon auch in diesem Sektor das Wachstum zurückgeht, steigt der Verbrauch – infolge der exponentiellen Wachstumseigenschaft – stark an: Lag der Verbrauch im Jahre 1971 noch bei 5200 TWh, so kletterte er bis 2002 auf 16100 TWh und wird 2030 auf 31700 TWh ansteigen. China wird bis dahin die EU überholt haben und mit 5600 TWh – hinter den USA und Kanada mit zusammen 6600 TWh – zweitgrösster Stromkonsument der Erde sein. Zum Vergleich: Die Schweiz verbrauchte im Jahr 2002 rund 55 TWh (siehe *Kasten 3*).

*Grafik 3* zeigt die indizierte Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs nach Regionen und Energieträgern. Die globale Stromproduktion aus Kernkraftwerken bleibt in etwa konstant, verliert aber – relativ gesehen – stark an Bedeutung. Die IEA geht davon aus, dass die Kernenergie vor allem in China, Südkorea, Japan und Indien zunehmen wird, während sie in der EU – bedingt durch den Ausstieg Deutschlands – stark fallen wird.

Der Anteil der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ohne Wasserkraft steigt global jährlich um etwas mehr als 6% an, sodass er im Jahr 2030 etwa 6% an der Gesamtstromproduktion ausmachen wird. Gemäss IEA sollte die EU mit den im Referenzszenario berücksichtigten Gesetzen und Fördermassnahmen im Jahr 2030 auf einen Anteil von 17% kommen, was einem jährlichen Wachstum von rund 7% entspricht.

Es ist wichtig, sich der grossen Unsicherheiten solcher Rechnungen im Klaren zu sein. Die beiden Szenarien können unter heute gegebenen Annahmen und künftigen Erwartungen als «best guess» betrachtet werden. Unerwartete oder aus heutiger Sicht unrealistische Entwicklungen im Bereich des Wirtschaftswachstums, der Reserven der fossilen Energieträger und in der technologischen Entwicklung werden somit nicht berücksichtigt. Entsprechend vorsichtig sind die Resultate zu interpretieren.

**Resultate des Referenzszenarios**

**Energiesektor**

Mit einem erwarteten globalen Wirtschaftswachstum von 3,2% pro Jahr, einem Bevölkerungswachstum von 1,9 Mrd. auf 8,1 Mrd. Menschen und einem inflationsbereinigten Ölpreis (Basis 2000) von 29 US-\$ pro Barrel im Jahr 2030 errechnet die IEA einen Anstieg des Primärenergieverbrauchs<sup>1</sup> zwischen 2002 und 2030 von 60%. Das entspricht einem jährlichen Zuwachs von 1,7% und damit einer *Abschwächung des Wachstums* gegenüber den vergangenen Dekaden.

*Grafik 2* zeigt die relative Entwicklung des Primärenergieverbrauchs für einzelne Ländergruppen. Daraus geht hervor, dass die Wachstumsraten vor allem in den Entwicklungsländern hoch sind, allerdings mit einem tiefen Ausgangsniveau (siehe *Kasten 2*). Der Anteil der fossilen Energieträger wird global bis 2030 nochmals leicht ansteigen, wobei Öl mit rund 35% am Gesamtenergieverbrauch der wichtigste Träger bleiben

Kasten 1

**Definitionen**

**Länder**

EU: EU-25  
*Transformationsländer:* mittel- und osteuropäische Länder und Gruppe der Neuen Unabhängigen Staaten auf dem Gebiet der ehemaligen Sowjetunion  
*Entwicklungsländer:* Welt ohne OECD- und Transformationsländer

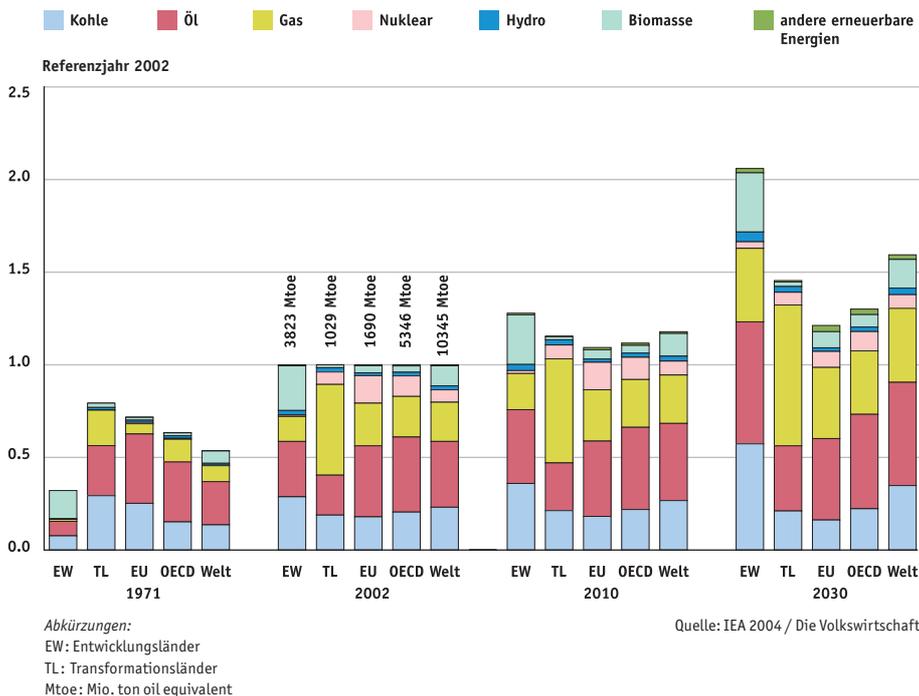
**Einheiten**

*Volumeneinheit:*  
 1 Fass Rohöl = 1 Barrel = 159 l  
*Energieeinheiten:*  
 1 Joule = 1J = 1 Ws  
 1 TWh = 10<sup>3</sup> GWh = 10<sup>6</sup> MWh = 10<sup>9</sup> kWh = 3.6 \* 10<sup>15</sup> J  
 1 ton oil equivalent = 1 toe = 4.2 \* 10<sup>10</sup> J (≈ 7,3 Barrel)  
 1 Mtoe = 10<sup>6</sup> toe  
*Leistungseinheiten:*  
 1 W = 1J / 1s  
 1 GW = 10<sup>3</sup> MW = 10<sup>6</sup> kW = 10<sup>9</sup> W

1 Primärenergieträger sind Energieträger, die in der Natur vorkommen und noch keiner Umwandlung unterzogen worden sind, unabhängig davon, ob sie in dieser Rohform direkt verwandelbar sind oder nicht.  
 2 Vgl. IEA 2005.

Grafik 2

**Indexierter Primärenergieverbrauch in Entwicklungsländern, Transformationsländern, EU, OECD und der Welt, 1971–2030**



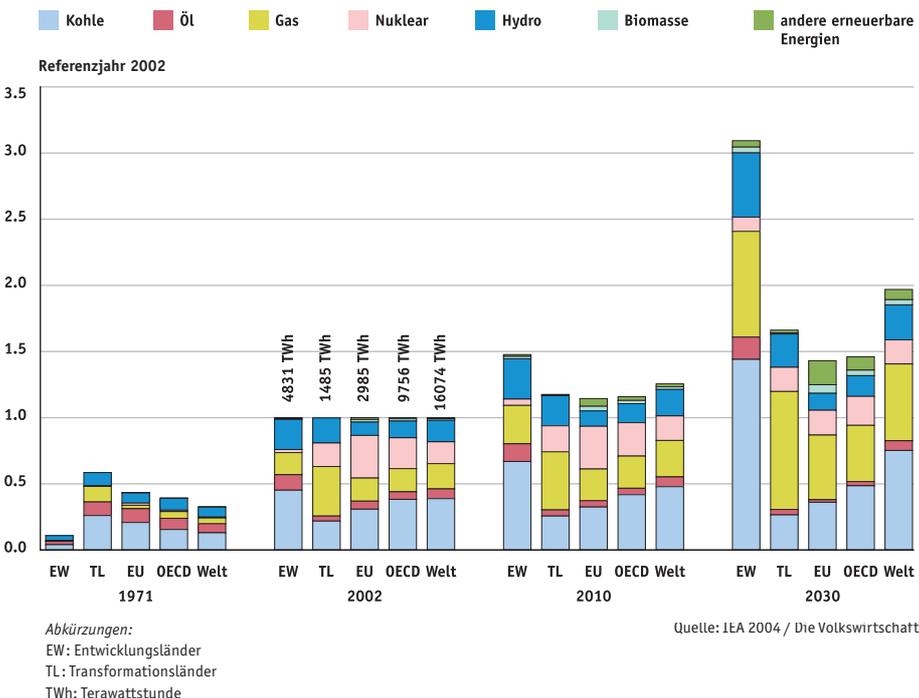
Bedingt durch das Erzeugungsportfolio, in dem Gas und Kohle weiterhin mit Abstand die wichtigsten Energieträger sind, werden trotz gewisser technologischer Fortschritte auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen stark ansteigen.

**Enormes Investitionsvolumen**

Hinter diesen gigantischen Wachstumsszahlen im Elektrizitätssektor verbirgt sich ein Investitionsvolumen von unvorstellbaren Dimensionen. Die IEA hat eine Abschätzung zum global nötigen Bau von Kapazitäten in der Stromwirtschaft vorgenommen. Dabei fällt nicht nur die stark steigende Nachfrage ins Gewicht, sondern auch der Erneuerungsbedarf des bestehenden Kraftwerkparcs. So rechnet sie mit einem globalen Neu- und Renovationsbedarf an Kapazitäten von 4800 Gigawatt (GW) bis ins Jahr 2030, in der OECD werden es 2000 GW sein. Als Vergleichsgrößen: Die OECD-Länder haben heute eine installierte Leistung von etwa 2200 GW. Ein Kernkraftwerk in der Grösse von Gösgen produziert Strom mit einer elektrischen Leistung von rund 1 GW; eine moderne Windanlage kommt momentan auf 0,005 GW. Die globalen Investitionen von 10000 Mrd. US-\$ verteilen sich zu 47% auf die Produktionsanlagen, 16% auf die Übertragung und 37% auf die Verteilung.

Grafik 3

**Indexierte Elektrizitätsproduktion in Entwicklungsländern, Transformationsländern, EU, OECD und der Welt, 1971–2030**



**Resultate des Alternativszenarios**

Im Alternativszenario werden – im Vergleich zum Referenzszenario – Verschärfungen der bestehenden Gesetze sowie zusätzliche Massnahmen mitberücksichtigt, sodass insgesamt das Energieverbrauchswachstum gesenkt und die Umweltbelastung reduziert werden kann. Dabei werden die Rahmendaten BIP und Demografie nicht angepasst, hingegen die erwarteten Energiepreise als Folge des veränderten Angebot-Nachfrage-Gleichgewichts. Mit diesem Ansatz kann der Einfluss der einzelnen Zusatzmassnahmen und deren Effizienz abgeschätzt werden. Die nachfolgenden Resultate sind immer in Relation zum Referenzszenario zu sehen.

Insgesamt rechnet die IEA mit einer Reduktion des Primärenergiebedarfs von 10%, was gegenüber 2002 aber immer noch einer Zunahme um 44% entspricht. Beim Ölverbrauch ist mit Einsparungen von täglich 12,8 Mio. Barrel zu rechnen; die Reduktion ist zu zwei Dritteln auf Effizienzgewinne im Transportsektor zurückzuführen. Diese geringere Nachfrage dürfte zu rund 15% tieferen Ölpreisen führen. Durch die zusätzlich verstärkte Förderung erneuerbarer Energiequellen sinkt der Bedarf an fossilen Energieträgern überproportional; gemäss Modellrechnungen führt dies zu einer tieferen CO<sub>2</sub>-Belastung von

Kasten 2

### Entwicklungen Indiens und Nordamerikas im Vergleich

Die IEA rechnet bei der Energienachfrage in Indien mit einem Wachstum von 2,3% pro Jahr zwischen 2002 und 2030, in den USA und Kanada (Nordamerika) mit 1%. Somit wird sich in Indien der Energiebedarf beinahe verdoppeln; in Nordamerika wird er nur um einen Drittel zunehmen.

In Indien beträgt der absolute Zuwachs 488 Mtoe; von 538 Mtoe im Jahr 2002 auf 1026 Mtoe im Jahr 2030. In Nordamerika erhöht sich die Energienachfrage im gleichen Zeitraum von 2540 Mtoe auf 3316 Mtoe, eine Steigerung um 776 Mtoe oder 60% mehr als in Indien!

Nordamerika wird gemäss UNO-Schätzungen im Jahr 2030 rund 400 Mio. Einwohner haben, Indien 1449 Mio. Somit wird der Pro-Kopf-Verbrauch in Nordamerika 8,3 toe betragen, in Indien mit 0,7 toe gerade gut 8% davon!

Kasten 3

### Wichtigste Entwicklungsländer

Die Gruppe der Entwicklungsländer umfasst nach der Definition der IEA alle Nicht-OECD- und Nicht-Transformationsstaaten und ist damit sehr heterogen. Die in jeder Hinsicht dominierenden Länder sind *China* und *Indien*, die im Jahr 2030 einen Drittel beziehungsweise rund 13% des Primärenergieverbrauchs in dieser Ländergruppe beanspruchen werden.

Im Elektrizitätssektor verzeichnet *Indonesien* mit einer jährlichen Rate von 5% über die nächsten 30 Jahre das höchste Wachstum. Von 1971 bis 2030 wird sich der Bedarf von 2 auf 428 TWh um 21300% erhöht haben, was dank grosser Kohlereserven zwar aus Ressourcensicht verkraftet werden kann, aber zu gewaltigen Umweltbelastungen führt.

Kasten 4

### Energieintensität

Die Energieintensität gibt an, wie viel Energie pro Einheit des BIP aufgewendet werden muss. Sowohl eine erhöhte Energieeffizienz als auch weniger energieintensive Produktionszweige können diesen Quotienten positiv beeinflussen. In den Entwicklungs- und OECD-Ländern dürfte sich das Niveau bis 2030 auf rund 0,15 toe pro 1000 US-\$ BIP angleichen, während es in den Transformationsländern trotz starkem Rückgang immer noch 90% höher liegen wird.

Kasten 5

### Literatur

- IEA: World Energy Outlook, Paris 2004
- IEA: Oil Market Report, Paris 01/2005

insgesamt rund 16%. Umgerechnet heisst das, dass pro verbrauchte Energieeinheit im Jahre 2030 etwa 5% weniger CO<sub>2</sub> emittiert wird als im Jahre 2002 oder 6% weniger als im Referenzszenario. In den OECD-Ländern werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen ihr Maximum im Jahre 2020 erreichen; danach folgt eine langsame Absenkung. In den Transformationsländern hingegen sinkt der Zuwachs der Emissionen bis 2020 stark und stabilisiert sich bis 2030. In den Entwicklungsländern steigen die Emissionen über die ganze Zeitperiode, obschon in dieser Ländergruppe die Einsparungen gegenüber dem Referenzszenario sowohl relativ als auch absolut gesehen am grössten sind.

Die globale Energieintensität (siehe *Kasten 4*) fällt um 1,8% pro Jahr, gegenüber 1,4% im Referenzszenario. Die Erfolge in den Entwicklungs- und Transformationsländern sind grösser als in den OECD-Ländern, was an den höheren Effizienzpotenzialen liegt.

Vergleicht man die finanziellen Auswirkungen des Referenz- und Alternativszenarios auf globaler Ebene, unterscheiden sich die Szenarien kaum. Bei differenzierter Betrachtung sind aber wesentliche Unterschiede erkennbar: In den OECD-Ländern werden die finanziellen Aufwendungen bis 2030 für Effizienzmassnahmen bei Endverbrauchern auf zusätzliche 1550 Mrd. US-\$ geschätzt und die Einsparungen bei der Energieversorgung auf 900 Mrd. US-\$. Bei den Nicht-OECD-Ländern werden die Zusatzkosten mit 600 Mrd. US-\$ und die Einsparungen mit 1200 Mrd. US-\$ beziffert.

### Was sind die Vorteile des Alternativszenarios?

Mit dem Alternativszenario könnten insgesamt Energie gespart, Ressourcen geschont und die Technologiefortschritte konsequenter umgesetzt werden. Zudem würden global kaum Mehrkosten entstehen. Um diesem Szenario aber eine echte Chance zu geben, müssten für die entstehende Zusatzbelastung der Endverbraucher in den Nicht-OECD-Ländern wohl vermehrt ausländische Direktinvestitionen erfolgen, da gerade in armen Ländern Effizienzmassnahmen im Energiebereich vorerst keine Priorität haben dürften.

### Vier Szenarien des BFE für die Schweiz

In der Schweiz erarbeitet das Bundesamt für Energie (BFE) regelmässig Energieperspektiven. Die eingesetzten Hilfsmittel und die Modelle beruhen auf ähnlichen Methoden wie beim «World Energy Outlook» der IEA. Die laufenden Arbeiten haben einen Zeithorizont bis zum Jahr 2035 resp. 2050 – Letzteres im Sinne einer Vision, die als Ziel die 2000-Watt-Gesellschaft anvisiert.

Um die energiepolitischen Optionen aufzuzeigen, werden vier Szenarien betrachtet:

- Das *Szenario I* – oder Referenzszenario – zeigt die Wirkungen der bestehenden Instrumente mit und ohne CO<sub>2</sub>-Abgabe.
- *Szenario II* unterstellt eine verstärkte energiepolitische Zusammenarbeit zwischen Staat und Wirtschaft (inklusive Klimarapen und Stromagentur).
- Die *Szenarien III* und *IV* setzen quantitative Ziele für die Umweltverträglichkeit, Energieeffizienz und Versorgungssicherheit, ermitteln den Handlungsbedarf und schlagen gegenüber heute weiter gehende zielführende Massnahmen vor.

Die Arbeiten sollten im Jahr 2006 abgeschlossen sein. Aktualisierte Berichte und Resultate können laufend unter [www.energieperspektiven.ch](http://www.energieperspektiven.ch) eingesehen werden.

### Fazit

Trotz zunehmender Sensibilisierung gegenüber Energiefragen und ersten kleinen Erfolgen – wie dem Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls – sind gemäss World Energy Outlook der IEA weder regional noch global entscheidende Meilensteine in Sicht, mit denen der Pfad des expansiven Energieverbrauchs verlassen wird. Deshalb werden die Belastungen und Herausforderungen an eine ausreichende, breit gefächerte, sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung weiter wachsen. ■