



2. Dezember 2004

Nr. 309

Aktuelle Themen

Energieperspektiven nach dem Ölzeitalter

- In den 90er Jahren suggerierten niedrige Energiepreise die Sicherheit der Energieversorgung. Aber zuletzt zeigten Preisschübe für Erdöl, den Energieträger Nr. 1, und Stromausfälle in Nordamerika und Europa, dass eine Renaissance des Sicherheitsziels in der Energiepolitik dringend geboten ist.
- Spätestens wenn das Auffinden neuer Reserven nicht mehr Schritt hält mit der Energienachfrage – bei Erdöl möglicherweise bereits in wenigen Jahren und bei Erdgas etwas später –, wird dies die Energiepreise spürbar in die Höhe treiben. Verschärft wird die Versorgungssituation durch den wachsenden Energiehunger Chinas und Indiens.
- Der absehbaren Verknappung ist mit intelligenten Zukunftsstrategien zu begegnen. Auf längere Sicht wird nur ein breiter Fächer von Maßnahmen die Sicherheit der Energieversorgung ermöglichen. Das Gebot der Stunde heißt, alle verfügbaren Hebel zu nutzen – Diversifikation der Energieträger und Technologien sowie Mobilisierung aller Einspar-, Reaktivierungs- und Effizienzsteigerungsstrategien.
- Hoffnungsträger für die Modernisierung des Kraftwerkparcs sind CO₂-freie Kohle- und sichere Kernkraftwerke der vierten Generation. Sie könnten zu einer Renaissance von Kohle und Kernenergie auch in Deutschland führen. Eine Energiezukunft ohne höhere Anteile erneuerbarer Energien ist nicht vorstellbar; ihre preisliche Wettbewerbsfähigkeit profitiert von der steigenden Knappheit fossiler Energien.
- Massive F&E-Anstrengungen sind erforderlich, um den Weg in eine solare Wasserstoffwirtschaft zu ebnen. Dezentrale Versorgungsstrukturen auf der Basis leistungsfähiger Brennstoffzellen würden die Risiken großflächiger Stromausfälle verringern. Überdies wird Energiesparen und -effizienz vor allem in den privaten Haushalten noch immer zu wenig beachtet.
- Deutschland und Europa sollten den Mut zu einer eigenständigen modernen Geopolitik haben. Der Monopolisierung der Pipelinewege für Erdgas ist entgegenzuwirken, damit in Europa Wettbewerb entstehen kann. Die absehbar steigende Konkurrenz mit den USA um neue Energien und Technologien bringt letztlich Vorteile für die Energieversorgung aller Länder.
- Wegen der allmählich zur Neige gehenden Öl- und Gasvorräte und der Notwendigkeit Umweltprobleme der Energienutzung zu reduzieren, wird der Energiemix der Zukunft wesentlich geringere fossile Energieanteile enthalten als heute.
- Allein bis 2030 beträgt der Investitionsbedarf zur Modernisierung und Erweiterung der Energieversorgungsinfrastruktur in der Welt USD 16 Bill. Der Investitionsschwerpunkt liegt in der Elektrizitätswirtschaft mit fast USD 10 Bill. Davon entfallen auf China über USD 2 Bill. In Deutschland ist die Hälfte der gesamten Kraftwerksleistung von 120.000 MW zu ersetzen.

Autor: Josef Auer, +49 69 910-31878 (josef.auer@db.com)



Editor

Hans-Joachim Frank
+49 69 910-31879
hans-joachim.frank@db.com

Publikationsassistentz

Sabine Korn-Berger
+49 69 910-31755
sabine.korn-berger@db.com

Deutsche Bank Research
Frankfurt am Main
Deutschland
Internet: www.dbresearch.de
E-Mail: marketing.dbr@db.com
Fax: +49 69 910-31877

DB Research Management
Norbert Walter

Energieperspektiven nach dem Ölzeitalter

1. Ohne Energie keine Prosperität.....	3
2. Ziel der Versorgungssicherheit wieder im Fokus	4
3. Neuinterpretation von Versorgungssicherheit.....	6
4. Längerfristiger Energiepreisanstieg programmiert.....	6
5. Nachhaltiger Energiemix soll natürliche Ressourcen schonen	11
6. Strategien für langfristige Versorgungssicherheit	11
6.1 Mehr Erneuerbare Energien	11
6.2 Vermehrt Einsparanstrengungen und Energieeffizienz.....	13
6.3 Moderne Geopolitik geboten.....	14
6.4 Neue Generation von Kraftwerken	15
6.5 Dezentrale Energieversorgung.....	18
6.6 Hohe Investitionen erforderlich.....	18
6.7 Einstieg in Wasserstoffwirtschaft	19
7. Fazit: Zeit zum Handeln	21



1. Ohne Energie keine Prosperität

Seit Urgedenken zählt die Sicherheit der Energieversorgung zu den Basisbedürfnissen des Menschen. Erst die Domestizierung des Feuers erlaubte Zivilisationssprünge. Ohne Energie kein Licht, keine warme Mahlzeit, kein Schutz gegen Kälte im Winter oder Hitze im Sommer, keine modernen Werkzeuge, Maschinen und Transportmittel.

Abhängigkeitsschock beendete Sorglosigkeit

Die beiden Ölpreis- bzw. Energiekrisen Ende des vorigen Jahrhunderts (1973/74 und 1979/80) entzogen schlagartig der damals weit verbreiteten Wachstumseuphorie in den Industrieländern den Boden. Die Sicherheit der Energieversorgung, die plötzlich in Frage stand, wurde zum Hauptziel der Energiepolitik. Eine Vielzahl von Gegenmaßnahmen wurde eingeleitet.

Im Umfeld der beiden Ölpreis- bzw. Energiekrisen ließ der Abhängigkeitsschock die Sicherheit der Energieversorgung zum zentralen Ziel der deutschen Energiepolitik aufsteigen. Im Zentrum standen Maßnahmen zur Reduzierung der Import- bzw. Auslandsabhängigkeit. In Politik und Wirtschaft herrschte ein Grundkonsens für die Aufrechterhaltung eines hohen Primärenergieanteils heimischer Energieträger. Umwelt- und marktwirtschaftliche Kriterien spielten dagegen eine Nebenrolle. Beleg dafür waren und sind z.B. die hohen Subventionen für die Stabilisierung der heimischen Steinkohle.

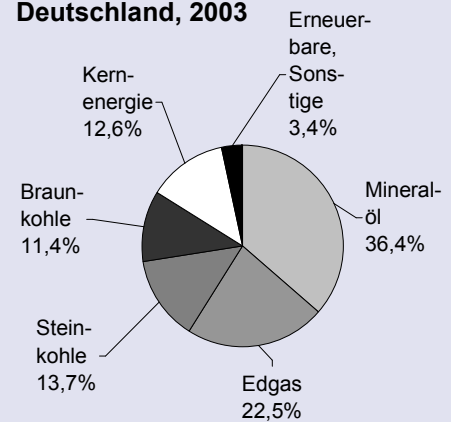
Auf den ersten Blick scheint die Sicherheit der Energieversorgung heute problematischer zu sein als früher. In den 50er Jahren war die ehemalige Bundesrepublik noch Nettoexporteur von Energie. Heute ist Deutschland Nettoimporteur. 2003 deckte Deutschland 74% des Energiebedarfs aus Einfuhren. Die Netto-Energieimporte (Einfuhren minus Ausfuhren) kosteten EUR 34 Mrd.¹

Versorgungssicherheit seit den Ölpreisschocks zunächst gestiegen

Gleichwohl war die Versorgungslage dank vielfältiger energiepolitischer Maßnahmen Ende der 90er Jahre merklich entspannter als noch zu Beginn der ersten Ölpreiskrise:

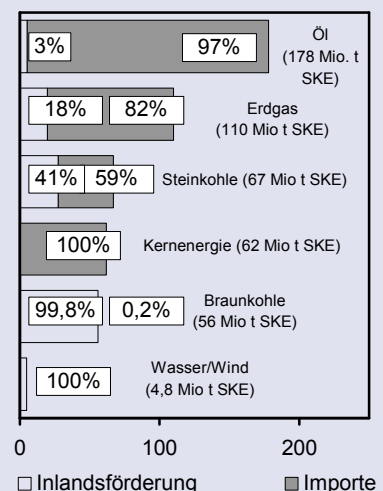
- Die Politik des „weg vom Öl“ verbreiterte das Spektrum der Energieträger und diversifizierte die Energiebezüge regional. Damit nahm die Abhängigkeit von potenziellen Krisenländern bzw. -regionen ab.
- Auf der Verwendungsseite führten vielfältige Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zu einer Entkoppelung von Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum und damit zu einer Reduktion der Energieintensität.
- Im Ölsektor sorgten in den letzten Jahrzehnten die Nordseefunde, das Krisenbestandssystem (IEA), die Pflichtbevorratung von Mineralölprodukten und im Downstream-Bereich Kapitalverflechtungen mit den Förderländern für eine Entspannung.
- Zudem stieg die Funktionsfähigkeit der internationalen Energiemärkte. Früher galten im Ölgeschäft im Voraus fest verabredete Preise (posted prices). Heute werden die Ölpreise durch das freie Spiel von Angebot und Nachfrage an speziellen Rohstoffbörsen gebildet. In Nordamerika ist dies die Nymex, in Europa die IPE, in Asien die SGX. Die Börsennotierungen reflek-

**Primärenergieverbrauch
Deutschland, 2003**



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

**Energie-Importabhängigkeit
Deutschland, 2003**



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

¹ Vgl. Schiffer, H.-W., „Deutscher Energiemarkt 2003“, ET, Heft 3, 2004.

tieren die Knappheit am Markt und sorgen für mehr Transparenz und Kalkulierbarkeit. Überdies ermöglichen Terminbörsen eine zeitliche Risikoabsicherung durch Hedging. All dies erhöht wiederum indirekt die Versorgungssicherheit. Mittlerweile gibt es ähnliche Marktplätze auch für Strom und ansatzweise auch für Erdgas.

2. Ziel der Versorgungssicherheit wieder im Fokus

Nach den Energiekrisen wurde es über viele Jahre hinweg vergleichsweise ruhig um das energiepolitische Ziel der Versorgungssicherheit. Die Gegenmaßnahmen zeigten Wirkung. Die Preise für das Erdöl, den Energieträger Nr. 1, verharrten auf relativ niedrigem Niveau. Im Zieldreieck der Energiepolitik wurden die beiden anderen Ziele – Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung und Umweltschutz – zunehmend als vordringlich eingestuft. So initiierte die EU die Liberalisierung der Märkte für die leitungsgebundenen Energien Elektrizität und Erdgas, um die Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung zu erhöhen. Überdies wurden zur Eindämmung der steigenden Umweltbelastungen infolge des weltweit zunehmenden Energieverbrauchs neue Instrumente konzipiert. Dazu zählen Förderinstrumente zur Begünstigung regenerativer Energien und der Handel mit Emissionsrechten.

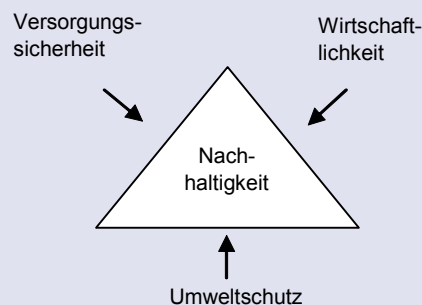
Bis zum Ende der 90er Jahre führte die Sicherheit der Energieversorgung ein Schattendasein. Die gestiegene Funktionsfähigkeit der Märkte und niedrige Energiepreise suggerierten ein Sicherheitsniveau, das – zumindest für die nächsten Jahre – über jeden Zweifel erhaben schien.

Vertrauen in Sicherheit erneut schwer erschüttert

Zuletzt wurde das Vertrauen in die Sicherheit der Energieversorgung dann aber gleich mehrfach erschüttert:

- In einigen Industrieländern kam es 2003 zu **Stromausfällen**, die bisher allenfalls in Entwicklungsländern für wahrscheinlich gehalten wurden. Betroffen waren die USA, Italien und Skandinavien. Damit war schlagartig klar, dass der Zustand der elektrischen Energieversorgung auch in den Industrieländern einer genaueren Analyse und Verbesserung bedarf. In längerfristiger Perspektive ist die Sicherheit der Stromversorgung mithin keineswegs eine Selbstverständlichkeit – selbst in Deutschland, das über ein relativ engmaschiges Stromnetz mit Ausfallzeiten verfügt, die weit unter internationalen Vergleichswerten liegen. Damit zeichnet sich ein hoher Investitionsbedarf für die Modernisierung der Netze und des Kraftwerkparcs ab. Hinzu kommt die (gerade erfolgte und die in Zukunft zu erwartende) EU-Erweiterung, die weitere hohe Investitionen für die Modernisierung der Energiewirtschaft erfordert.
- Als hätte es eines Beleges für die wieder gestiegene Unsicherheit der Energieversorgung und damit der Abhängigkeit bedurft, stieg der Preis für **Erdöl** im Vorfeld des Irak-Krieges Anfang 2003 stark an. Die nachfolgende Korrektur war nur von kurzer Dauer. Schon 2004 erzielten die Ölnotierungen neue nominale Höchststände. Wichtige Impulse kamen von der **Nachfrageseite**. Mehr Energie benötigten vor allem die Industrieländer (Konjunkturaufschwung), die mittel- und osteuropäischen Länder und Russland (Transformationsprozess) sowie die bevölkerungsreichen Länder Asiens (in China und Indien wird dank wachsender Kaufkraft breiterer Schichten der Energiehunger zunehmend auch nachfragewirksam). Allein in China und In-

Zieldreieck der Energiepolitik



Emissionshandel

Im Rahmen der Umsetzung des Kyoto-Protokolls wird innerhalb der Europäischen Union am 1. Januar 2005 der Emissionshandel starten. Das Emissionshandelssystem schafft eine wirtschaftliche Basis, den Ausstoß des klimaschädlichen Gases CO₂ dort zu reduzieren, wo es am kostengünstigsten ist. Dies bedeutet, dass ökologisch wirksames Handeln ökonomisch umgesetzt wird. Den Wirtschaftssektoren und jeder betroffenen Anlage werden konkrete Minderungsziele zugeordnet und in diesem Umfang Emissionszertifikate für die erste Handelsperiode kostenlos zur Verfügung gestellt. Die Zertifikate sind handelbar und dienen somit als eine Art Währung. Erreicht das Unternehmen die Ziele durch eigene kostengünstige CO₂-Minderungsmaßnahmen, kann es nicht benötigte Zertifikate am Markt verkaufen. Alternativ muss es Zertifikate am Markt zukaufen, wenn eigene Minderungsmaßnahmen teurer würden.

Quelle: Bundesumweltministerium; siehe auch Heymann, E. „EU-Emissionshandel für CO₂: pünktlicher Start in 2005 gefährdet“, DBR, Aktuelle Themen, 20. Oktober 2003



dien, wo mehr als ein Drittel der Weltbevölkerung leben, dürfte sich bis 2020 der Energiebedarf verdoppeln².

- Das ist aber nur eine Seite der Medaille. Auf der **Angebotsseite** hat sich die OPEC als unfähig erwiesen, den Ölmarkt dauerhaft zu stabilisieren. Ihr Einfluss ist gesunken. Die Verlässlichkeit des größten Ölexporteurs, Saudi-Arabien, steht in Frage, das in versorgungskritischen Notsituationen die Rolle des „swing-producer“ übernahm, indem es durch das Auf- und Zudrehen des Ölhahns den Markt ausbalancierte. Ein Sturz des saudischen Könighauses hätte eine spürbare Destabilisierung des Ölmarktes zur Folge. Seit längerer Zeit ist das vereinbarte OPEC-Preisband kaum mehr als Makulatur. Auch deshalb hat die internationale Spekulation den Ölmarkt als Spielwiese (wieder)entdeckt. Die Ohnmacht der OPEC und der kartellfreien Anbieter, dem Markt verlässliche Orientierung zu geben, wirkt zunehmend beklemmend. Überdies nähren die politische Instabilität in wichtigen Produzentenländern (z.B. Irak, Venezuela, Nigeria) und der weltweite Terror, der die Förderanlagen und Transportwege des „schwarzen Goldes“ als Angriffsziel ausgemacht hat, die Furcht vor Versorgungsengpässen. Die Gefahr von Lieferausfällen begründet die Logik der Vergrößerung der strategischen Reserven.
- Dass die **realen Ölpreise** bisher noch nicht wieder die alten Höchststände erreicht haben, ist nur ein schwacher Trost. Der längerfristige Preistrend ist aufwärts gerichtet. Seit Monaten korrigieren namhafte Ölkonzerne und Produzentenländer ihre Reserveschätzungen nach unten.³ Dies deutet auf geringere Reichweiten hin als bisher von vielen Experten angenommen. Dadurch steigt die Unsicherheit bezüglich der längerfristigen Versorgungssituation und damit der Preisperspektiven. Die Zeichen mehren sich, dass bereits sehr viel früher als bisher erwartet mit einer physischen Verknappung bei Erdöl gerechnet werden muss. Extreme Prognosen sagen die Förderspitze bereits für Ende dieser Dekade voraus.

Sollten die Vorhersagen über die längerfristige Versorgungssicherheit richtig sein, ist es höchste Zeit, sich folgenden grundsätzlichen Frage zu stellen: Wie sicher ist unsere Energieversorgung tatsächlich? Was kommt nach dem Ölzeitalter? Welche Strategien zur Absicherung unserer Energieversorgung sind zu verfolgen?

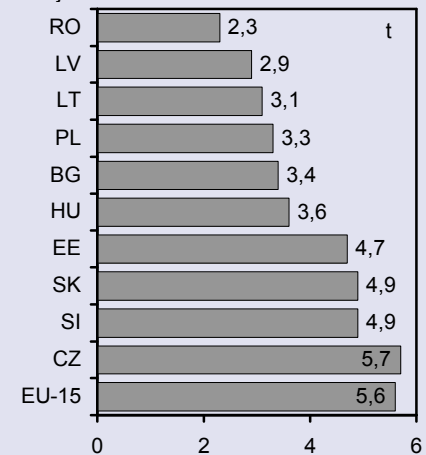
Renaissance des Sicherheitsziels auch in EU

Die Indizien mehren sich, dass die Renaissance des Sicherheitsziels dauerhaft ist. Dies legt eine Kurskorrektur der Energiepolitik nahe. Möglicherweise erfordert der veränderte Datenkranz der Sicherheitslage sogar eine fundamentale Neuausrichtung der Energiepolitik.

Die EU-Kommission hat frühzeitig vor der Zuspitzung der Versorgungssituation gewarnt. Bereits Ende 2000 legte die EU-Kommission – angesichts einer Verdreifachung des Rohölpreises seit März 1999 – das Grünbuch „Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit“ vor. Darin heißt es, dass ohne eine „aktive Energiepolitik“ der Energiebedarf der Union in 20 bis 30 Jahren zu 70% durch Importe gedeckt werden muss (gegenüber 50% zum Zeitpunkt der Studie). Geopolitisch stammen 45% der

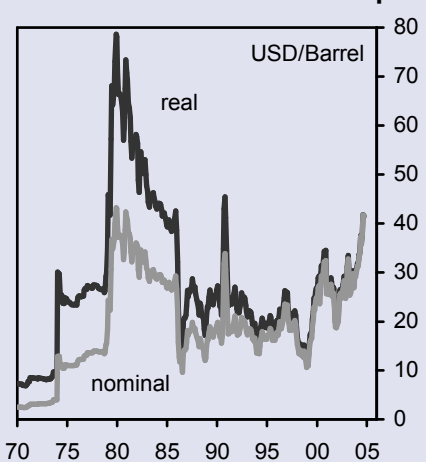
Energieverbrauch MOEL 2001

SKE je Einwohner



Quellen: OECD, iwd

Realer und nominaler Rohölpreis



Quellen: HWWA, OECD, eigene Berechnungen

² Vgl. auch Umbach, F., „Sichere Energieversorgung auch in Zukunft“, in: Internationale Politik, August 2004.

³ Vgl. z.B. Porter, A., „The elusive truth about oil reserve figures“, Aljazeera, 12. August 2004.

Erdölimporte aus dem Mittleren und Nahen Osten und 40% der Erdgaseinfuhren aus Russland. Die steigende Abhängigkeit – so die Kommission – hat Konsequenzen für alle Wirtschaftsbereiche: Verkehr, Privathaushalte und Elektrizitätserzeugung sind von den erratischen Schwankungen der Weltmarktpreise von Öl und Gas besonders betroffen. Die Kommission fordert keineswegs ein Höchstmaß an Energieautarkie. Anzustreben sei vielmehr ein nach Energieträgern und geographischen Zonen ausgewogener und diversifizierter Mix verschiedener Energiequellen. Es sind Initiativen, Strategien und Maßnahmen erforderlich, um die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung zu erhöhen.

3. Neuinterpretation von Versorgungssicherheit

Das energiepolitische Ziel der Versorgungssicherheit geht weit über die mikroökonomische Perspektive hinaus, d.h. die Sicht eines Einzelunternehmens oder eines Privathaushalts. Betrachtet wird vielmehr die Sicherung einer ausreichenden Energieversorgung quasi als Schmiermittel und Motor für die Weltwirtschaft.

In den letzten Jahren hat sich international im Themenkomplex Energie und Umwelt das Sustainability-Konzept durchgesetzt, wonach das Versorgungsziel weiter zu fassen ist: Versorgungssicherheit sollte sowohl für gegenwärtige und zukünftige Generationen erreicht werden (intergenerative Versorgungssicherheit), als auch den Interessen der „Schwachen“ Rechnung tragen (intragenerative Versorgungssicherheit). Während der erste Aspekt die Schonung der natürlichen Ressourcen erfordert, basiert der zweite auf Gerechtigkeitsüberlegungen („Recht auf Entwicklung“) und akzentuiert die „globale Verantwortung“ der Industrie- gegenüber den Schwellen- und Entwicklungsländern.

Eine weitere Akzentverschiebung resultiert aus der zunehmenden europäischen Integration. Das Sicherheitsdenken darf nun nicht mehr an den nationalen Staatsgrenzen halt machen. Wird das Ziel der Versorgungssicherheit aber „europäisch“ interpretiert, können aus der Neuinterpretation weitreichende Konsequenzen resultieren. Herausforderungen sind nicht zuletzt die Formulierung eines gemeinsamen europäischen Sicherheitskonzepts sowie Fragen der Finanzierung und institutionellen Zuständigkeit.

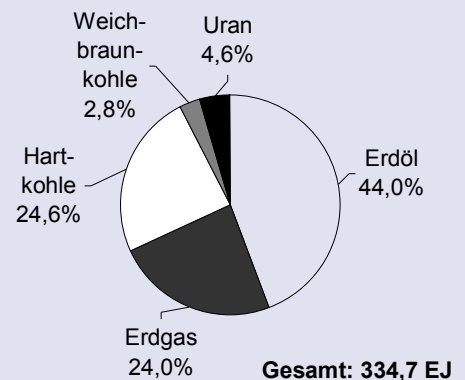
4. Längerfristiger Energiepreisanstieg programmiert

Im Weltmaßstab zählen Erdöl und Erdgas derzeit zu den mengenmäßig bedeutendsten Energieträgern. Ihr Anteil an der globalen Förderung nicht-erneuerbarer Energierohstoffe beträgt zusammen 68%. Und sie decken 65% des nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarfs. Der Anteil der Kohle ist mit jeweils 27% ebenfalls recht hoch. Auf Uran entfallen 5% der Förderung und 7% des Verbrauchs.

Für die Beurteilung der Sicherheit der Energieversorgung spielt die Reichweite der Reserven eine wichtige Rolle. Einen Hinweis gibt die „statische Reichweite“. So wird der Quotient aus derzeitigen Reserven und Jahresförderung bezeichnet. Die Daten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zeigen sehr unterschiedliche Reichweiten:

- Unter den konventionellen Kohlenwasserstoffen hat Erdöl mit nur 43 Jahren die geringste statische Reichweite. Erdgas kommt immerhin auf 64 Jahre. Bei Weichbraun- und Hartkohle reichen die Reserven immerhin für jeweils über 200 Jahre. Der nicht-fossile Energieträger Uran bringt es auf mehr als 40 Jahre.

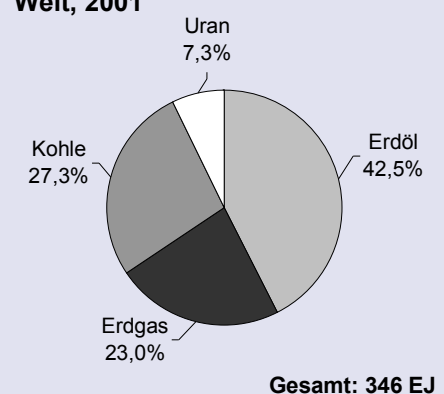
Energierohstoffe* Förderung Welt, 2001



*nicht erneuerbare Energierohstoffe
EJ = Exajoule

Quelle: BGR

Energierohstoffe* Verbrauch Welt, 2001



*nicht erneuerbare Energierohstoffe
EJ = Exajoule

Quelle: BGR



- Die statischen Reichweiten nehmen zu, wenn die Ressourcen zu den Reserven addiert werden (siehe Kasten). Allerdings beträgt das Potenzial bei Erdöl auch dann lediglich 67 Jahre. Dagegen steigt die Reichweite bei Erdgas auf fast 150 Jahre und die von Weichbraun- und Hartkohle auf je rd. 1.500 Jahre. Uran kommt auf ca. 500 Jahre.

Die Kenngröße „statische Reichweite“ reflektiert lediglich eine Momentaufnahme. Im Zeitablauf kann die Nachfrage für steigende Produktion sorgen und damit den Nenner erhöhen. Auch der Zähler „Reserven“ bzw. „Ressourcen“ kann dank besserer Fördertechnik oder neuer Explorationsmethoden ausgeweitet werden. Die Erfahrung zeigt, dass dies eine realistische Erwartung ist.

Statische Reichweiten wurden immer übertroffen

In der Vergangenheit haben sich die statischen Reichweiten aufgrund der Variation der Basisvariablen immer als zu kurz erwiesen. Das „Ende der Reserven“ ist bisher – insbesondere aufgrund neuer Explorationserfolge – stets ausgeblieben. Speziell bei Erdöl und Erdgas wurden die Weiten regelmäßig übertroffen. Dabei spielt auch eine Rolle, dass die Öl- und Gaswirtschaft in den letzten Jahrzehnten die Reserven aus ökonomischen Gründen (z.B. hohe Kosten der Exploration) in der Regel so „gesteuert“ hat, dass die Reichweiten bei Öl bei etwa 20 bis 30 Jahren und bei Gas bei 30 bis 40 Jahren lagen. Damit war die Aufrechterhaltung des Förderniveaus gesichert und es wurde kein unnötiger Druck auf die Preise ausgelöst.

Unter den fossilen Energieträgern ist die Versorgung mit Kohle dank auskömmlicher Reserven und Ressourcen – wie dargelegt – auch längerfristig vergleichsweise sicher. Zweifel sind dagegen bei den konventionellen Kohlenwasserstoffen Erdöl und Erdgas angebracht. Allerdings existieren hier zusätzlich nicht-konventionelle Vorkommen, die perspektivisch zu berücksichtigen sind:

- Bei **Erdöl** erreichen die nicht-konventionellen Reserven (nur) 43% der konventionellen. Die nicht-konventionellen Ressourcen sind dagegen sogar dreimal so hoch wie die konventionellen. Drei Viertel dieser Ressourcen bestehen jedoch aus Ölschiefer, dessen Nutzung relativ teuer und mit Umweltproblemen behaftet ist. Die Produktionskosten von Ölsanden und Schweröl (Ressourcen-Anteil: rd. ein Viertel) rangieren mittlerweile in etwa auf dem Niveau von konventionellem Erdöl. Dies zeigen Projekte in Kanada und Venezuela. Die Perspektiven sind deshalb wesentlich günstiger als bei Ölschiefer. Gleichwohl dürfte die Nutzung in den nächsten Jahren regional beschränkt bleiben.
- Die nicht-konventionellen Reserven von **Erdgas** sind relativ gering, da die vorliegende Technologie bis dato lediglich die Gewinnung aus dichten Speichergesteinen und Kohleflözen erlaubt. Die BGR weist jedoch im Vergleich zu konventionellen Ressourcen sieben Mal so hohe nicht-konventionelle auf. Im Unterschied zur Reserven-Schätzung ist dabei auch das in Aquiferen (in tiefem Wasser gelöstes Gas) und Hydraten (schneeförmige Verbindungen zwischen Erdgas und Wasser) gebundene Erdgas einbezogen. Die Schätzungen der Erdgaspotenziale sind noch durch große Unsicherheit gekennzeichnet. Konsens unter Experten ist aber, dass die Versorgungsperspektiven aus geologischer Sicht etwas günstiger sind als bei Erdöl.

Ära der Kohlenwasserstoffe nähert sich dem Ende

Ein Ende der Kohlenwasserstoffära wird aufgrund der kurz- und mittelfristig nur sehr limitierten Verfügbarkeit über die nicht-

Definitionen:

Reserven sind zu heutigen Preisen und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbare Mengen einer Energierohstoff-Lagerstätte.

Ressourcen sind nachgewiesene, aber derzeit technisch und/oder wirtschaftlich nicht gewinnbare sowie nicht nachgewiesene, aber geologisch mögliche, künftig gewinnbare Mengen an Energiestoffen („yet to find“).

Quelle: BGR

Kohleversorgung sicher

Perspektiven von Ölsanden günstiger als bei Ölschiefer

Hohe nicht-konventionelle Erdgasressourcen

konventionellen Vorräte immer wahrscheinlicher. Nach Berechnungen der BGR wurden seit Beginn der industriellen Erdölförderung bis Ende 2001 bereits 46% der bisher nachgewiesenen konventionellen Erdölreserven gefördert. Unter Einbeziehung der erwarteten Ressourcen sind es immer noch 35% des konventionellen Gesamtpotenzials. Die Bundesanstalt erwartet unter der Annahme konstanter Jahresförderung bei gegebenen Reserven innerhalb der nächsten 15 bis 20 Jahre den „depletion mid-point“, d.h. den Zeitpunkt, zu dem das weltweit vermutete Erdöl schon zur Hälfte gefördert und verbraucht ist.

Ähnlich ungünstig sind die Perspektiven für Erdgas. Danach wären die weltweiten konventionellen Erdgasreserven schon 2019 zur Hälfte aufgezehrt. Allerdings ist bei Erdgas aufgrund von Fortschritten in der Explorations- und Produktionstechnik – eher als bei Erdöl – mit Neufunden und damit einer Zunahme von Reserven und Reichweiten zu rechnen. Deshalb dürfte der Wendepunkt etwas später erreicht werden.

Tendenzieller Preisanstieg bei Öl und Gas

In längerfristiger Perspektive zeichnet sich damit eine steigende Knappheit bei den Kohlenwasserstoffen ab. Allein schon deshalb – und unabhängig von politisch motivierten Versorgungskrisen – ist in – wenigen Jahren mit einem trendmäßigen Preisanstieg bei Erdöl und später auch bei Erdgas zu rechnen. Eine Rolle in dem zu erwartenden Verteilungskampf um die sich weltweit verknappenden Reserven – vor allem von Erdöl – spielt auch die Tatsache, dass die Energierohstoffe in der Regel auch für nicht-energetische Verwendungen wichtige Basisrohstoffe sind.

Kritik an Reichweiten – Warnung vor früher Förderspitze

In letzter Zeit wird das bisherige Konzept der „statischen Reichweiten“ und des „depletion mid-point“ zunehmend in Frage gestellt. „Statische Reichweiten“ geben zwar einen Eindruck über das Ende der Förderzeit (freilich unter Status quo-Annahmen). Die „Reichweite“ suggeriert aber Versorgungssicherheit über einen Zeitraum, in dem der Energieträger tatsächlich bereits drastisch knapp wird und in der Verteilungskämpfe zu erwarten sind. Aus ökonomischer Sicht ist deshalb nicht der zeitliche Endpunkt der Reservennutzung das wirklich interessante Datum, sondern der Zeitpunkt der Höchstförderung. Wenn ab diesem Zeitpunkt die Förderung – bei konstanter oder gar weiter zunehmender Nachfrage – sinkt, sind starke Preisreaktionen und volkswirtschaftliche Verwerfungen möglich.

Die „Association for the Study of Peak Oil“ (ASPO)⁴, eine Gruppe früherer Erdölgeologen im Dienste namhafter Ölkonzerne (z.B. BP Amoco), plädiert für eine andere Sicht der Zusammenhänge. Unterstellt wird ein steiler Anstieg der Förderkurve bis zu einem Gipfel („Peak“) und danach ein relativ flacher Abstieg. Die Folge ist: Das höchste Fördervolumen, der Peak, liegt bereits zeitlich deutlich vor dem „depletion mid-point“. Damit wird der Höhepunkt der Förderkurve wesentlich früher als bisher erwartet überschritten. Dies gilt zunächst für Erdöl, mit zeitlicher Verzögerung aber auch für Erdgas. Die ASPO hat erst Mitte 2004 die Prognose für Erdöl aktualisiert und dabei den Peak für Erdöl von zuvor 2010 auf 2008 vordatiert.

Dramatische Konsequenzen bei ASPO-Szenario

Erwiese sich das ASPO-Szenario als richtig, könnten die Konsequenzen dramatisch sein: Bereits in wenigen Jahren träfe ein

Preise werden steigen

Endpunkt der Reservennutzung aus ökonomischer Sicht wenig relevant

Differenzierte ASPO-Sicht

⁴ Vgl. diverse Beiträge von K. Aleklett und C. J. Campbell unter www.peakoil.net.



schrumpfendes Angebot von Öl auf eine tendenziell steigende globale Nachfrage – nicht zuletzt aufgrund des zunehmenden Energiehungers in den bevölkerungsreichen Ländern Asiens. ExxonMobil erwartet, dass 80% der zusätzlichen weltweiten Energienachfrage bis 2020 von den Entwicklungsländern kommt⁵. Im Extremfall könnte schon das sich abzeichnende Öffnen der Angebots-/Nachfrageschere einen Verknappungsschock mit Preiskrise induzieren. Davon würde auch die weltwirtschaftliche Entwicklung betroffen.

Denkbar ist freilich auch ein eher kontinuierlicher Preisanstieg bei Erdöl (und später auch Erdgas). Dieser würde dämpfend auf die Nachfrage nach dem Energieträger wirken und zur allmählichen Substitution anregen. Überdies ist mit einem Preisanstieg eine Erweiterung der Reservenbasis verbunden, weil die Wettbewerbsfähigkeit nicht-konventioneller Reserven sowie bisheriger Ressourcen steigt. Der Zeitpunkt des „Peak“, der auf „heutigen Reserven“ kalkuliert ist, könnte noch einige Jahre hinausgezögert werden. Ein Umsteuern des Energiemix ohne volkswirtschaftliche Verwerfungen wäre um so eher möglich, je früher Politik, Wirtschaft und Haushalte auf die sich abzeichnende Zeitenwende auf den Märkten für die Kohlenwasserstoffe reagieren.

Wagt man einen längerfristigen Blick auf die Energieversorgung (z.B. bis zum Ende unseres Jahrhunderts), liegt – zumindest was das Erdöl anbetrifft – die Zukunft schon hinter uns. Deshalb ist das Szenario vom Ende der fossilen Kohlenwasserstoffe kein Horrorgemälde pessimistischer Weltuntergangspropheten, sondern eine in den kommenden Jahren und Jahrzehnten ernst zu nehmende Verknappungsperspektive. Vorausschauende Politiker, Unternehmenslenker und Ökonomen sollten sich frühzeitig auf diese Zeit vorbereiten, um die Übergänge möglichst effektiv gestalten zu können.

Durchschnittswerte reflektieren keine regionale Abhängigkeiten

Die Terroranschläge des 11. September 2001 und der Irak-Krieg II haben das Thema der regionalen Abhängigkeit wieder auf die Agenda der Energiepolitik gebracht.

Die vorstehende Analyse gab zwar wertvolle Informationen, um abschätzen zu können, wie sicher die globale Energieversorgung ist. Die Durchschnittsbetrachtung ermöglicht aber keine Beurteilung der regionalen und länderspezifischen Versorgungssicherheit.

Unter den fossilen Energieträgern weist allein Kohle weltweit eine relativ unkritische Versorgungssituation auf. Europa, Nordamerika und Austral-Asien verfügen nämlich über beträchtliche Kohlenreserven, während der Nahe Osten kaum Vorräte hat. Ganz anders die Kohlenwasserstoffe. Hier ist eine differenzierte Betrachtung⁶ unerlässlich:

- Bei **Erdöl** gilt nicht nur die längerfristige globale Versorgung aufgrund relativ geringer Reserven als unsicher. Hinzu kommt die hohe Konzentration der weltweiten Ölreserven in der Region des Persischen Golfs. Damit geht eine zusätzliche politische Unsicherheit einher.
- In den sechs Golfstaaten Iran, Irak, Katar, Kuwait, Saudi-Arabien und Vereinigte Arabische Emirate (sog. Golf-OPEC) lagern zwei Drittel der weltweiten Reserven. Die Bedeutung dieser Reserven steigt künftig sogar noch weiter an. Der Abbau

Reserven nicht-erneuerbarer Energierohstoffe, 2001 (in EJ)

Region	Weichbraun-	
	Hartkohle	kohle
Europa	1.054	569
GUS	4.460	144
Afrika	917	0
Naher Osten	5	-
Austral-Asien	5.552	719
Nordamerika	5.198	522
Lateinamerika	480	0
Welt	17.666	1.954

EJ = Exajoule

Quelle: BGR

Ölreserven der Welt Ausgewählte Regionen, 2001

Region	Anteile an	Reichweite*
	Weltreserven (%)	(Jahre)
OECD	8	12
Russland	5	19
Kaspische Region	2	32
China	2	20
OPEC	78	77
Golf-OPEC**	64	91
Welt	100	39

*Reserve: Jahresproduktion

**Golf-OPEC: Iran, Irak, Katar, Kuwait, Saudi-Arabien, Vereinigte Arabische Emirate

Quellen: BP Statistical Review of World Energy, 2002; SWP, 2003

Ölproduktion der Welt Ausgewählte Regionen, (Mio. Fass pro Tag)

Region	2002	2030
OECD	21,1	12,7
Russland	7,7	10,8
Kaspische Region*	1,9	5,2
China	3,4	2,2
OPEC	28,2	64,8
Golf-OPEC	19,0	51,8
Welt	77,0	121,3
Anteil OPEC	37%	53%
Anteil Golf-OPEC	25%	43%

*plus andere Transformationsländer

Quelle: IEA, World Energy Outlook, 2004

⁵ Vgl. ExxonMobil, „A Report on Energy Trends, Greenhouse Gas Emissions and Alternative Energy“, February 2004, S. 3.

⁶ Vgl. Müller, F., „Sicherung der internationalen Energieversorgung“, Arbeitspapier, SWP Berlin, 2003.

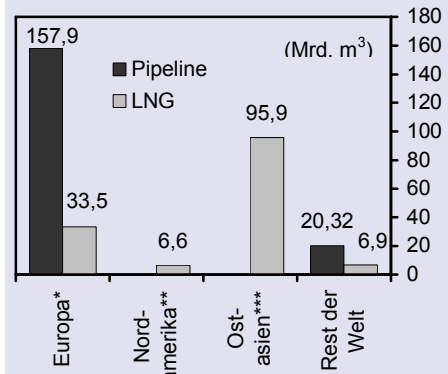
der Golf-Reserven schreitet nämlich – nach Schätzungen der IEA – mit spürbar geringerem Tempo voran als in anderen wichtigen Gebieten.

- Hinzu kommt, dass zur Befriedigung des wachsenden Weltölbedarfs die erwarteten Produktionssteigerungen am kaspischen Meer und in Russland zu gering sind. Deshalb und um die wahrscheinlichen Förderrückgänge in anderen Regionen aufzufangen, wird vor allem die Golf-OPEC in Zukunft die Ölförderung massiv ausweiten müssen. Damit steigt aber die Abhängigkeit von dieser Region weiter an.
- Der Weltölmarkt ist auf der Preisseite stark integriert. Die internationalen Ölnotierungen reagieren zuverlässig schnell auf neue Marktdaten und Preisdifferenzen, die durch unterschiedliche Ölqualitäten und Transportkosten nicht gerechtfertigt sind (Stichwort Arbitrage). Dagegen zeigen die Lieferströme ein differenziertes Bild: Während die USA nur relativ wenig Öl aus der Golfregion bezieht, ist es in Europa über ein Fünftel – und ähnlich hoch der Anteil der Lieferungen aus Russland. Bei Engpässen auf dem Weltmarkt können auch die Lieferwege und Beziehungen zu den Produzentländern an Bedeutung gewinnen. Die USA haben in einigen Regionen einen strategischen Vorteil.
- Der internationale Handel mit **Erdgas** setzt eine im Vergleich zu Erdöl anspruchsvollere Transportinfrastruktur voraus. Deshalb startete der Handel erst in den 60er Jahren. Großverbraucher sind bislang Russland und die OECD-Länder (Anteil rd. drei Viertel). Während Europa etwa vier Fünftel der Importe von außerhalb Europa über Pipelines bezieht, dominieren in Ostasien und Nordamerika LNG-Importe (Flüssiggas). Da in den rasch wachsenden großen Schwellenländern China und Indien die Erdgas-Epoche erst beginnt und auch Nordamerika immer mehr auf Erdgas setzt, ist für den LNG-Markt in den nächsten Jahren mit einer boomartigen Expansion zu rechnen.
- Etwa 70% der Erdgasreserven lagern in der Golfregion (36%), ums kaspische Meer (5%) und Westsibirien (31%). Addiert man die Reserven in Nordafrika und Europa hinzu, steigt der Anteil sogar auf 80%. Bis 2030 nimmt die Importabhängigkeit in den wichtigen Verbraucherregionen spürbar zu. Für Europa ist es unter dem Gesichtspunkt der längerfristigen Versorgungssicherheit ein erheblicher Vorteil, dass in einem Kreis von 5.000 km um seine Mitte etwa vier Fünftel der Weltreserven liegen. Die räumliche Nähe ermöglicht Transporte über Pipelines.
- Die Organisation der europäischen Erdgasimporte über Pipelines hat bisher den Vorteil der gegenseitigen Abhängigkeit von Liefer- und Verbraucherländern. Tatsächlich gab es in der Vergangenheit keine Lieferunterbrechungen (z.B. aus Russland). In Zukunft könnten Gastransporte von Lagerstätten rund um den Golf (z.B. Iran) stattfinden. Pipelineprojekte sind jedoch sehr kostenintensiv. Eine günstige Finanzierung kommt nur dann zustande, wenn die Rahmenbedingungen als stabil eingestuft werden können. Störungen der Transportinfrastruktur (z.B. durch Anschläge) könnten die Sicherheit der Energieversorgung massiv beeinträchtigen, denn Pipeline-Systeme sind relativ starre Gebilde mit nur vergleichsweise geringer Flexibilität.

Strategische Ellipse gewinnt an Bedeutung

Die sich abzeichnenden Angebots- und Nachfragetrends bei Erdöl und Erdgas machen die Fragilität unserer heutigen Versorgungsstrukturen deutlich. In der Region vom Nahen Osten bis nach Westsibirien, die geographisch das Bild einer Ellipse zeigt, lagern 70%

Erdgas-Importe, 2001



* Europa westlich der früheren Sowjetunion
 ** einschließlich Mexiko
 *** China, Japan, Süd-Korea

Quelle: BP Statistical Review of World Energy, 2002

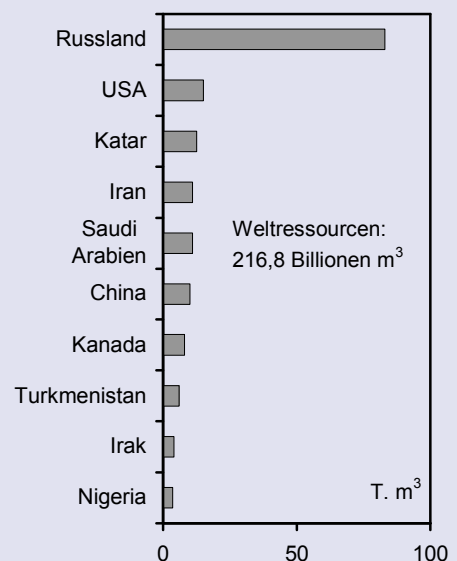
Erdgasreserven und -produktion Ausgewählte Regionen, 2001

Region	Anteil an Welt-	
	reserven (%)	Reichweite* (Jahre)
Russland	31	83
Kasp./Zentralasien	5	63
Mittlerer Osten	36	245
Afrika	7	90
USA/Kanada	4	9
Europa	3	16
Welt	100	62

*) Reserve: Jahresproduktion

Quelle: BP Statistical Review of World Energy, 2002

Ressourcen konventionelles Erdgas 10 wichtigste Länder, 2001



Quelle: BGR



der konventionellen Welterdölreserven. Überdies ruhen in der etwas nach Norden verlängerten Ellipse knapp 70% der konventionellen Welterdgasreserven. Damit liegt auf der Angebotsseite eine Konzentration wichtiger Energieträger in relativ unsicheren Regionen vor, deren Bedeutung in Zukunft merklich steigt. Um die herausragende Bedeutung für die längerfristige Sicherheit der Energieversorgung zu akzentuieren, hat sich für die Region der Begriff „Strategische Ellipse“ durchgesetzt.

5. Nachhaltiger Energiemix soll natürliche Ressourcen schonen

Die Schonung der natürlichen Ressourcen wird zunehmend als wichtiges Ziel der Energiepolitik anerkannt. Die Nutzung der prinzipiell knappen Energieressourcen sollte daher bestimmten Nutzungsregeln genügen. Das Aufstellen der Regeln setzt die Klärung der Frage nach der Erschöpfbarkeit und/oder Erneuerbarkeit der jeweiligen Energieressource voraus. Nach der Theorie natürlicher Ressourcen ist eine Ressource dann erschöpfbar, wenn für sie eine Nutzungsstruktur vorstellbar ist, die ihr Angebot bis auf Null sinken lassen würde. Im Gegensatz dazu ist eine Ressource dann erneuerbar, wenn es trotz Nutzung möglich ist, ihren Bestand aufrechtzuerhalten.

Aus der Kombination der Ressourceneigenschaften resultieren folgende Nutzungsempfehlungen, die zur Schonung der Ressourcen beitragen:

- Da biologische Energieressourcen (z.B. Wald, Energiegras, Raps) bei exzessiver Nutzung zur Erschöpfung neigen, sollte das Niveau der Abbaurate die natürliche Regenerationsrate nicht dauerhaft übersteigen.
- Mineralische Energieressourcen (z.B. Erdöl, Erdgas) sind nicht nur – wie biologische Ressourcen – erschöpfbar, sondern – anders als Bioenergien – auch nicht-erneuerbar. Dieser Nachteil legt eine besonders sparsame Verwendung bzw. ein niedriges Abbautempo nahe. Dies gilt umso mehr, als mengenmäßig wichtige mineralische Energierohstoffe wie Erdöl gleichzeitig auch Schlüsselbausteine nicht-energetischer Produktionszweige wie der Petrochemie sind.
- Energieträger wie Sonne, Wind, Wasser und Gezeiten erfordern dagegen keine besonderen Nutzungsregeln. Sie sind vom Menschen zwar nicht-erneuerbar, aber auch nicht-erschöpfbar.

6. Strategien für langfristige Versorgungssicherheit

Intelligente Zukunftsstrategien sind gefragt, um auch in Zukunft über eine sichere Energieversorgung zu verfügen. Zur Risikoreduktion trägt vor allem ein Mix an Maßnahmen bei.

6.1 Mehr Erneuerbare Energien

Die längerfristig zu erwartende Verknappung der fossilen Energieträger macht Alternativen notwendig. Als Garant für Versorgungssicherheit und zur Schonung der fossilen Energieressourcen wäre ein Energiemix aus erneuerbaren und/oder nicht-erschöpfbaren Energiequellen ideal. Spezielle Nutzungsregeln (s.o.) erforderten nur die Bio-Energien, um das Nachwachsen zu garantieren (Bewahrung der Schöpfung). Überdies wäre ein Konflikt mit dem Umweltziel unwahrscheinlich, da die Energieträger CO₂-neutral sind. Freilich sind bei Bio-Energien ökologisch unerwünschte Monokulturen zu verhindern und ist der gesamte Lebenszyklus zu bilanzieren.

Erdgas-Importabhängigkeit, 2002

Region	Netto-Importe (Mrd. m ³)	Anteil am Verbrauch (%)
Nordamerika	0	0
OECD Europa	162	36
OECD Asien	98	98
China	0	0
Indien	0	0

Quelle: IEA World Energy Outlook, 2004

Erdgas-Importabhängigkeit, Prognose 2030

Region	Netto-Importe (Mrd. m ³)	Anteil am Verbrauch (%)
Nordamerika	197	18
OECD Europa	525	65
OECD Asien	183	94
China	42	27
Indien	44	40

Quelle: IEA World Energy Outlook, 2004

Ressourceneigenschaften von Energieträgern

	erschöpfbar	nicht-erschöpfbar
erneuerbar	Biologische Energieressourcen	
nicht-erneuerbar	Erdgas Erdöl Kohle Uran	Gezeitenkraft Solarenergie Wasserkraft Windenergie

Quelle: eigene Darstellung

Haupthindernis für einen solchen Energiemix ist jedoch heute noch die in der Regel mangelnde Wirtschaftlichkeit dieser Energieträger – zumal in den Industrieländern mit ihrem sehr hohen Bedarf an verlässlicher und günstiger Energie. Erst wenn dieser Zielkonflikt durch technischen Fortschritt und möglicherweise neue Basisinnovationen aufgelöst werden kann, müsste ein solches Ideal keine Fiktion mehr bleiben.

Die Wettbewerbsfähigkeit der Erneuerbaren würde sich bereits heute verbessern, wenn alle Energieträger mit ihren externen Kosten (Umweltkosten, intergenerative Aspekte) belastet würden. Abgesehen davon dürfte die Konkurrenzfähigkeit der Alternativen in einigen Jahren steigen, wenn die erwartete zunehmende Knappheit der fossilen Energien in deren Preisen reflektiert wird. Wettbewerbsfähig sind Erneuerbare wie Solarenergie bereits heute in den sonnenreichen ländlichen Regionen ohne engmaschiges Stromnetz. Dies gilt nicht zuletzt für die Schwellen- und Entwicklungsländer des „Sonnengürtels“, wo die Weltbank zur Elektrifizierung des ländlichen Raums die Einrichtung von „Solar-Home-Systems“ unterstützt. Diese Insel-Lösungen sind wirtschaftlich und technisch ideal für eine dezentrale Energieversorgung und ermöglichen den Betroffenen ein Mindestmaß an Zivilisation (z.B. sauberes Wasser, Information und Kommunikation). Das Beispiel „Energiearmut“ macht deutlich, dass Versorgungssicherheit im globalen Maßstab weiter zu fassen ist, als es die Debatte innerhalb der OECD-Länder nahe legt.

Steigende Marktanteile in allen europäischen Ländern

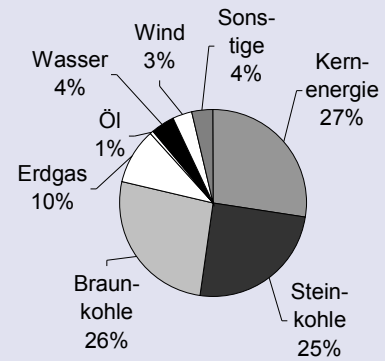
Basis für den möglichen Beitrag der Erneuerbaren zur Sicherheit der Energieversorgung sind die länderspezifischen natürlichen Gegebenheiten. Eine regenerative Energieerzeugung setzt ausreichende Wasserpotenziale, Windgeschwindigkeiten, Sonnenstrahlung oder den für Gezeitenkraftwerke erforderlichen Tidenhub voraus. Wenn in Zukunft geeignete Speichermedien für die alternativ erzeugten Energien verfügbar sind, werden Distanz und örtliche Gegebenheiten an Bedeutung verlieren.

Alle europäischen Länder streben merkbare Marktanteilsgewinne der erneuerbaren Energien an. In Deutschland trat Mitte 2004 das neue Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Kraft. Ziel ist es, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2010 auf mindestens 12,5% (1997: 4,5%) und bis 2020 auf mindestens 20% zu steigern. Die EU hat Ende 2000 ein Grünbuch als Grundlage für eine gemeinsame Langfriststrategie im Bereich Energie vorgelegt. Demnach soll der Anteil der Erneuerbaren am gesamten Energieverbrauch bis 2010 auf 12% verdoppelt (1997: 5,4%) werden. 2001 wurden erst 6% erreicht. Unter Berücksichtigung der EU-Erweiterung 2004 hat sich die EU-Kommission das ehrgeizige Ziel gesetzt, den Erneuerbaren-Anteil am Stromverbrauch von 12,9% (1997) auf 21% in 2010 zu erhöhen.

Marktanteilssteigerungen der erneuerbaren Energien wären derzeit ohne Subventionen nicht möglich. Dies birgt grundsätzliche Gefahren wie eine Überförderung oder die Entstehung von Dauersubventionen. Um Anreize zur Steigerung von Effizienz und technischem Fortschritt zu schaffen, ist eine degressive Ausgestaltung der Förderung unerlässlich. Die äußerst kontroverse Diskussion in Deutschland und Europa zeigt, dass über die Höhe der Subventionen, die Ausgestaltung der Degression, die Auswahl der begünstigten neuen Energien sowie – eher fundamental – den „richtigen Weg“ in die solare Zukunft keineswegs Übereinstimmung besteht.

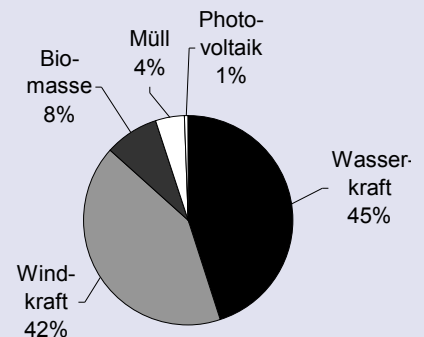
Ein gewisser internationaler Grundkonsens deutet sich aber hinsichtlich des Potenzials der Erneuerbaren für die Sicherheit der langfristigen Energieversorgung und den immer wichtiger werden-

Energiemix der Stromerzeugung Deutschland 2003



Quelle: Energiemarkt Deutschland

Anteil regenerativer Energien an Stromerzeugung in D, 2003



Quellen: VDEW, Energiemarkt Deutschland



den Klimaschutz an. Von großer energiepolitischer Bedeutung dürfte sich in den kommenden Jahren die zu erwartende Neueinschätzung der USA hinsichtlich der Klimarelevanz des fossilen Energieverbrauchs erweisen. Damit dürfte der Wettlauf um die Entwicklung des erforderlichen Know-hows rund um die solaren Energien in eine neue Phase mit höherer Gangart eintreten. Immerhin winkt den Produzenten der neuen Technologien spätestens in der „Zeit nach Öl“ ein globaler Massenmarkt. Die Europäer sind gut beraten, der Zeitenwende in den USA die erforderliche Aufmerksamkeit zu schenken. Schon jetzt zeichnet sich ein massiver Ausbau von Forschung und Entwicklung ab.

6.2 Vermehrt Einsparanstrengungen und Energieeffizienz

Letztlich ist der Energiebedarf von Haushalten, Industrie und Dienstleistungsunternehmen abgeleitet. Energie wird genutzt für die industrielle Fertigung und zur Befriedigung von Bedürfnissen wie Produktion und Zubereitung von Nahrungsmitteln, temperiertes Wohnen, Gesundheit, Mobilität, Information und Kommunikation. Gesamtwirtschaftlich dienen die Einsparung von Energie bzw. Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz der Schonung knapper Energieressourcen und erhöhen damit die längerfristige Versorgungssicherheit. Außerdem trägt ein sparsamer Umgang mit Energie zum Schutz der Umwelt und zur Vermeidung von CO₂-Emissionen bei.

Das Ziel einer sparsamen Energienutzung erfreut sich spätestens seit der ersten „Energiekrise“ eines hohen Stellenwertes. In den letzten Jahren gelang in einigen Industrieländern wie Deutschland durch Energieeinsparung und rationellere Energieverwendung die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch. Gleichwohl existieren nach wie vor viele ungenutzte Einsparpotenziale in allen Verbrauchsbereichen. Während der scharfe internationale Wettbewerb die Industrie zwingt, Effizienzpotenziale auszuschöpfen, vergeuden die privaten Haushalte nach wie vor zu viel Energie.

In der Elektrizitätserzeugung sank der spezifische Brennstoffeinsatz in den letzten Jahrzehnten bereits spürbar. Dennoch kann der Wirkungsgrad durch neue Kraftwerke oder die Modernisierung veralteter Anlagen weiter gesteigert werden. An geeigneten Orten lässt sich der Energieverbrauch durch Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen mindern, die der gleichzeitigen Erzeugung und Nutzung von Wärme und Strom dienen. Fernwärmenetze können in Neubaugebieten mit hoher Siedlungsdichte effizient sein. Konzepte des Least-Cost-Planning (integrierte Ressourcenplanung) vergleichen die Kosten von Kapazitätserweiterungen der EVU mit Einsparmöglichkeiten auf der Nachfrageseite. Dank einer auf Einsparung abzielenden Zusammenarbeit mit den Kunden (z.B. bessere Beratung, Einführung energiesparender Geräte) können riskante und teure Erweiterungsinvestitionen der EVU unterbleiben, so dass beide Marktseiten profitieren.

Entwickeln sich die Energieversorger weiter zu modernen Dienstleistungsunternehmen, endet die Kundenbeziehung nicht mehr an der Netzübergangsstelle. Angeboten wird nun mehr als nur „Strom“ oder „Erdgas“, nämlich die Dienstleistungen Beleuchtung, angenehmes Raumklima und Antriebskraft. Dank der besonderen Kompetenz der neuen Dienstleister für Planung, Finanzierung, Bau, Betrieb und Wirtschaftlichkeit können brachliegende Einsparpotenziale ausgeschöpft werden.

Nicht zuletzt sollte auch der Staat durch Vorgabe eines geeigneten Ordnungsrahmens zum sparsamen Energieumgang anregen. Bei-

Erneuerbare Energien: Ausbauziele* EU 25

	1997**	2010
	%	%
AT	70	78
BE	1,1	6
DK	8,7	29
FI	24,7	31,5
FR	15	21
DE	4,5	12,5
GR	8,6	20,1
IE	3,6	13,2
IT	16	25
LU	2,1	5,7
NL	3,5	9
PT	38,5	39
ES	19,9	29,4
SE	49,1	60
GB	1,7	10
CY	0,05	6
CZ	3,8	8
EE	0,2	5,1
HU	0,7	3,6
LV	42,4	49,3
LT	3,3	7
MT	0	5
PL	1,6	7,5
SK	17,9	31
SI	29,9	33,6
EU 25	12,9	21

*Anteil nationaler EE-Erzeugung am nationalen Stromverbrauch

**Für EU 10 (CZ, EE, CY, LV, LT, HU, MT, PL, SI, SK) Referenzjahre 1999-2000

Quelle: EU Kommission, The share of renewable energy in the EU, Working Document, 2004

Least-Cost-Planning

Versorger als Dienstleistungsunternehmen

Staatliche Vorgaben sind hilfreich

spiele sind Wärmeschutzverordnungen für Wohngebäude oder Wärmenutzungskonzepte für industrielle Großverbraucher (z.B. Großbäckereien). In die gleiche Richtung zielt die EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ mit der geplanten Einführung eines Energiepasses für Immobilien, der Auskunft über deren Heizung und Isolierung gibt. In der Wärmedämmung von Altbau-gebäuden liegt noch ein enormes Einsparpotenzial.

Im Verkehrssektor spart vor allem die Senkung des spezifischen Verbrauchs der Fahrzeuge Energie. Erhebliche Potenziale birgt die Fahrzeugtechnik dank innovativer Motorenkonzepte, leichteren Karosserien sowie verminderten Roll- und Reibungswiderständen. Einsparungen lassen sich zudem durch die Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene erreichen. Dazu können der Ausbau des ÖPNV und ein verbessertes Serviceangebot im Personen- und Güterverkehr beitragen.

Das Instrumentarium zum Energiesparen umfasst Beratungsangebote, Gebote und Verbote, monetäre Anreize für energiesparendes Verhalten und den Kauf energieeffizienter Produkte, aber auch steuerliche Innovationen wie die „Ökosteuer“, die über eine Verteuerung von Energie die Nachfrage drosseln sollen. Mittlerweile gibt es zahlreiche Förderprogramme von EU, Bund, Ländern, Kommunen und Energieversorgungsunternehmen, die auf eine sparsame und nachhaltige Energienutzung und damit einen besseren Klimaschutz abzielen.

6.3 Moderne Geopolitik geboten

Aufgrund der längerfristig steigenden regionalen Abhängigkeit beim Bezug der Primärenergien Erdöl und Erdgas wird die Forderung nach einer „modernen Geopolitik“ auch in Deutschland und Europa immer lauter. Im Kern wird dafür plädiert, dass die europäischen Länder eine Strategie der regionalen Diversifizierung entwickeln.⁷ Zur Orientierung können die USA dienen, die eine solche Strategie seit langem als Teil ihrer Sicherheitspolitik bereits umsetzen.

Einer einheitlichen europäischen Strategie steht derzeit noch ein Wirrwarr der Kompetenzen entgegen: Die nationalen Wirtschaftsminister beharren auf die Zuständigkeit für die Energiepolitik und die Energieunternehmen handeln im Wettbewerb in Eigeninteresse und sind deshalb der falsche Adressat.

Letztlich dürften die Kompetenzen sowohl auf nationaler als auch europäischer Ebene angesiedelt werden. Die Formulierung der Gesamtstrategie könnte die EU übernehmen, die Mitgliedsländer werden diese durch spezielle Schwerpunktsetzung ergänzen. Das hat den Vorteil, dass historisch gewachsene Länderbeziehungen nicht ungenutzt bleiben. Ein wichtiges strategisches Ziel sollte die Stabilisierung der Lieferländer und -regionen sein. Dabei geht es vor allem um die ökonomische und politische Stabilisierung der Länder der „strategischen Ellipse“ sowie Nordafrikas, die künftig als Energielieferanten an Bedeutung gewinnen. Überdies sollte die Strategie den Auf- und Ausbau sowie die Sicherung der Energieinfrastruktur umfassen. Dazu zählen auch konkrete Projekte wie der Bau von Pipelines oder Hafenanlagen.

Die energiestrategisch motivierte Geopolitik darf jedoch nicht der Etablierung von Wettbewerbsmärkten in Europa im Wege stehen. Im Gegenteil: Der direkte Marktzugang der Anbieter aus der Ellipse und Nordafrika ist eine wichtige Voraussetzung für die Entstehung

Hohe Potenziale im Verkehrssektor

Breite Palette von Instrumenten

Regionale Diversifikation

Kompetenzen auf nationaler und europäischer Ebene ansiedeln

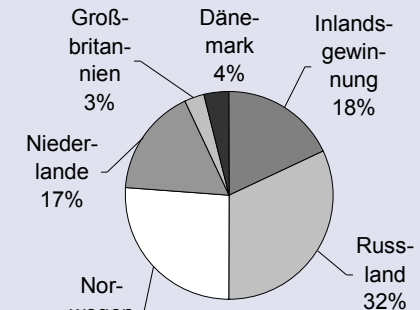
⁷ Vgl. Müller, F., „Sicherung der internationalen Energieversorgung“, Arbeitspapier, SWP-Berlin, 2003; Müller, F., „Sicherheit der Energieversorgung: Zu kompliziert für Europas Politiker?“, FAZ, 22. August 2003.



und Fortentwicklung des Wettbewerbs. Dies gilt vor allem für Erdgas, dessen Lieferung in Europa auch in Zukunft vor allem durch Pipelines erfolgen wird.

Im europäisch-russischen Dialog sollte zwar klar gemacht werden, dass für Europa auch künftig Russland der wichtigste Energie- und Erdgaslieferant sein wird. Langfristige Lieferverträge sorgen hier für Investitionssicherheit. Gleichwohl darf das Management der Lieferströme nach Europa keineswegs allein Russland überlassen werden. In den letzten Monaten hat Russland seinen Einfluss auf die großen Vorkommen in Turkmenistan und Kasachstan sowie die Transportroute über die Ukraine bereits spürbar gesteigert. Vor kurzem wurden langfristige Kontrakte unterzeichnet. Die Gefahr besteht, dass der Einfluss künftig auch auf das erdgasreiche Liefer- und Transitland Iran ausgeweitet wird. Diese Erdgaspolitik Russlands läuft den längerfristigen Versorgungs- und Wettbewerbsinteressen der EU entgegen. Werden die Erdgastransporte schon monopolisiert, bevor sie nach Mitteleuropa kommen, kann ein freier Wettbewerbsmarkt nicht entstehen. Ohne unabhängige Transporte aus den wichtigen Lieferländern sind niedrige Wettbewerbspreise und eine Energieversorgung durch Diversifikation kaum möglich. Eine moderne Geopolitik in der EU ist daher dringend geboten.

Erdgasaufkommen Deutschland, 2003



Quellen: BV Gas u. Wasserwirtschaft, Ruhrgas AG

6.4 Neue Generation von Kraftwerken

Der Energiemix der Stromerzeugung in Deutschland und der Welt steht nicht zuletzt deshalb zur Diskussion, weil die Nutzung von Energieträgern wie Kohle bei heutiger Technik zu einer Beeinträchtigung des Umweltschutzziels führt. Wenn es in Zukunft gelänge, Kraftwerke zu bauen, die trotz Nutzung der betreffenden Energieträger keine oder wesentlich weniger Belastungen nach sich zögen, könnte die Versorgungssicherheit steigen, weil der Importbedarf abnähme. Zwei Beispiele: So wäre die Nutzung der heimischen Kohle in CO₂-freien Kohlekraftwerken aus Umweltsicht unkritisch – und es könnte mehr Kohle eingesetzt werden. Eine Renaissance der Kernenergie (auch in Deutschland) wäre eher vorstellbar, wenn es gelänge, sichere Kraftwerke mit „wenig Abfall“ zu entwickeln.

CO₂-freie Kohlekraftwerke

Hoffnungsträger für die Kohlewirtschaft sind weitgehend **CO₂-freie Kohlekraftwerke**. Kein Energieträger belastet die Umwelt stärker als Kohle bezogen auf den CO₂-Ausstoß pro Energieeinheit. Die Vision der CO₂-freien Anlagen nährt sich deshalb aus den Notwendigkeiten der Klimapolitik. Für die Kohlekraftwerksbetreiber sind die finanziellen Belastungen des ab 2005 EU-weit geplanten Handels mit Emissionsrechten zunächst zwar noch gering. Künftig aber könnten schärfere Rahmenbedingungen die Kosten spürbar erhöhen.

Prinzipiell kann CO₂ vor oder nach der Verbrennung der Kohle isoliert werden. Probleme bereitet noch die Lagerung der Abfallprodukte. Experten erwarten, dass die „technologische Option“ für CO₂-freie Kohlekraftwerke ab 2020 verfügbar sein kann⁸. Mittels der Technik der integrierten Kohlevergasung (IGCC) wird Steinkohle⁹ in Gas gewandelt, das dann in einer Gasturbine verbrannt wird. Schadstoffe werden bereits vor der Verbrennung abgetrennt bzw. entstehen erst gar nicht. Gerade hat Siemens ein Kraftwerk nach

Zwei Beispiele für neue Kraftwerke

CO₂-freie Kohlekraftwerke nicht vor 2020

⁸ Vgl. Schiffer, H.-W., „Third International Workshop on Oil and Gas Depletion - Statement“, ASPO, Mai 2004.

⁹ IGCC-Anlagen können auf unterschiedlichste Einsatzstoffe wie Biomasse, Petrokoks oder flüssigen Asphalt ausgelegt sein. Schon heute nutzt die Petrochemie die Technik zur Verarbeitung von Raffinerierückständen.

diesem Prinzip konzipiert¹⁰. Freilich verbraucht auch die neue Technologie im Prozess Energie. Umwelteffizienz gibt es nicht zum Nullpreis.

Für die Wirtschaftlichkeit von IGCC-Kraftwerken auf Kohlebasis ist der gesetzliche Rahmen für Schadstoffemissionen entscheidend. Mittlerweile unterstützt auch die Politik Initiativen in Richtung der effizienten Kohlekraftwerkstechnologie. So fördert die EU-Kommission die Erforschung der CO₂-Sequestration mit EUR 200 Mio.¹¹ Die US-Regierung strebt unter dem Namen Future Gen in zehn Jahren die Entwicklung einer nahezu emissionsfreien kohlegefeuerten Strom-/Wasserstoffproduktionsanlage an. Hierbei trägt die US-Regierung 80% des USD 1 Mrd. teuren Projektes.¹² Die technologische Entwicklung birgt nicht zuletzt auch erhebliche wirtschaftliche Chancen. Den Technologieführern winkt ein Volumenmarkt. Immerhin werden große aufstrebende Länder wie China und Indien ihren wachsenden Strombedarf nicht zuletzt auch durch Kohlekraftwerke decken müssen.

Allerdings geht es in den nächsten Jahren zunächst um die Weiterentwicklung der **konventionellen** Kohlekraftwerkstechnik. So kann der Wirkungsgrad von Steinkohlekraftwerken (in Deutschland derzeit 39%, im Weltdurchschnitt 31%) mittels „künftiger Technik“ auf 60% und mehr gesteigert werden.

Kernkraftwerke

Mit Anteilen von 7% am globalen Primärenergieverbrauch und 16% an der globalen Stromerzeugung ist **Kernenergie** eine wichtige Quelle der Weltenergieversorgung. Aufgrund steigender Sorgen um die Versorgungssicherheit und um Klimagefahren findet Kernenergie in den letzten Jahren international wieder stärkere Beachtung. Expandierende Länder wie China, wo der Strombedarf stürmisch wächst und die Versorgung – abhängig von Tages- und Jahreszeit – stark schwanken kann, setzen auf die Kernspaltung. Der Weltenergieerwartet aber trotz Ausbau und absoluter Zuwächse der Atomstromerzeugung (u.a. in Asien), dass der Kernenergieanteil am Energieverbrauch bis 2020 weltweit zurückgeht¹³.

Die Perspektiven der Kernenergie können sich durch technischen Fortschritt verbessern. Hilfreich wären weitere Fortschritte bei der Sicherheit der Anlagen und der Entsorgung der Nuklearabfälle. Die Bereitstellung geeigneter Endlager für radioaktiven Restmüll ist bisher ein ungelöstes Problem. Überdies muss die Erzeugungs- und Entsorgungskette sicher gegenüber Unfällen und terroristischen Aktivitäten sein. In Finnland soll 2009 ein neuartiger Druckwasserreaktor vom Typ ERP (European Pressurized Water Reactor) in Betrieb gehen. Dies ist ein Kernkraftwerk der dritten Generation mit besserer Uranausnutzung. Frankreich plant die 19 Kernkraftwerke mit insgesamt 58 Reaktoren schrittweise durch ERP-Anlagen zu ersetzen.

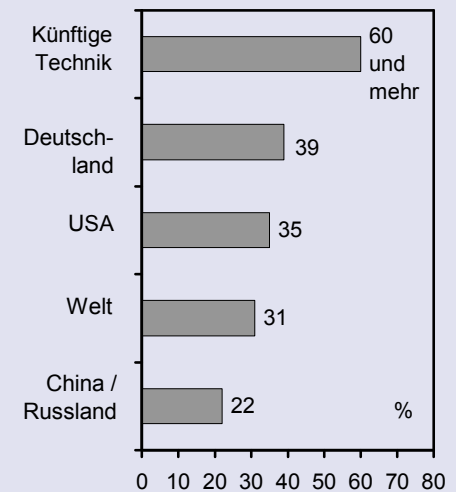
¹⁰ Vgl. VDI, „Integrierte Kohlevergasung: Auf dem Weg zum Null-Emissions-Kraftwerk?“, 2004; Siemens, Mai 2004.

¹¹ Auch in den USA wird über ein industrielles Kohlenstoffmanagement nachgedacht. Das CO₂ wird zunächst an den Kraftwerken aufgefangen (capturing), dann in erschöpften Öl- oder Gasfeldern eingelagert (Sequestration). Vgl. Edenhofer, O., Schellnhuber, H., Bauer, N., „Der Lohn des Mutes. Gestaltungsspielräume für eine internationale Klima- und Energiepolitik“, in: Internationale Politik, August 2004.

¹² Vgl. Schmitz, L./Siemens, M., „Beitrag der Steinkohle zur nachhaltigen Energieversorgung“, RAG AG, 2003.

¹³ Vgl. World Energy Council, „Energie für Deutschland“, 2004. Längerfristig erwartet aber z.B. Weizsäcker einen höheren Kernenergieanteil als der WEC. Gleichwohl hält er einen Anteil der Kernenergie von mehr als 20% des Weltenergiebedarfs bis 2050 für unrealistisch (Weizsäcker, C. C. v., „Der teure Heiligenschein erneuerbarer Energien“, in: Internationale Politik, August 2004).

Wirkungsgrade von Steinkohlekraftwerken



Quelle: GVSt

Kernenergie international wieder stärker beachtet

Kernkraftwerke der 3. Generation



In Deutschland könnte eine neue Kernkraftwerksgeneration mit absoluter Sicherheit zu einer zweiten Chance für die Kernenergie in einigen Jahrzehnten führen. In der Zwischenzeit ist am ehesten eine über den Ausstiegskompromiss aus dem Jahr 2000 hinausgehende Laufzeitverlängerung geeigneter Anlagen vorstellbar – freilich bei zumindest gleicher Sicherheit. Die USA haben gerade für ein Viertel der mehr als 100 Kraftwerke die Laufzeit von 40 auf 60 Jahre ausgedehnt. Den Neubau eines KKW in Deutschland plant derzeit kein Unternehmen. Die Versorger setzen derzeit vor allem auf die Gas-technologie. Moderne Gas- und Dampfturbinen-Anlagen (GuD) gelten als effizient, umweltfreundlich und lassen sich relativ schnell innerhalb von zwei Jahren bauen. Die Investitionskosten sind wesentlich niedriger als beim Bau eines Kernkraftwerks und die Entsorgungsfrage stellt sich nicht. Hier ist auch die Akzeptanz in der Bevölkerung größer. Neueren Umfragen zufolge sind 79% der Deutschen gegen neue Kernkraftwerke¹⁴. Allerdings unterliegen die Gas-kraftwerke gewissen Preisrisiken – wie sich zuletzt wieder zeigte. Die weitergehenden und globalen Überlegungen, die wir hier vortragen, finden in der deutschen Debatte derzeit noch keinen Niederschlag.

Wenn in Zukunft eine weitere Generation von Kernkraftwerken entwickelt und einsetzbar ist, kann die Sicherheit der Energieversorgung am Standort Deutschland steigen. Der Brennstoff der Kernkraftwerke kommt zwar nicht aus heimischen Vorkommen. Uran zeichnet sich aber dank extrem hoher Energiedichte durch überaus gute Bevorratungsmöglichkeiten aus. So enthält z.B. 1 kg spaltbares Uran-235 im Vergleich zu 1 kg Öl bzw. Steinkohle das zwei- bis dreimillionenfache an „Energie“. Der guten Bevorratungsmöglichkeit verdankt der Energieträger in Deutschland die Einstufung als „quasiheimische Energiequelle“. Aufgrund neuer Kernkraftwerkstechnologie könnte der „heimische“ Energieträger die Energieimportabhängigkeit reduzieren und einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten. Damit ist längerfristig in Deutschland eine Renaissance denkbar. Da die Kernenergie eine CO₂-freie Stromerzeugung ermöglicht, ginge mit einer stärkeren Nutzung ein additiver Beitrag zur Verminderung des Treibhausrisikos einher. Der große Vorteil der vierten Generation von Kernkraftwerken läge außer der verbesserten Sicherheit darin, dass sie viel weniger radioaktiven Abfall erzeugen.

Die **Kernfusion**, bei der in einem Reaktor unter Verschmelzung von Atomkernen Energie erzeugt wird, hat im Gegensatz zur Kernspaltung die Qualität einer Backstop-Technologie¹⁵. Diese Technologie steht bislang aber erst auf dem Papier und dürfte wohl nicht vor Mitte des Jahrhunderts verfügbar sein. Deshalb kann sie in den nächsten Dekaden noch keinen Beitrag für die Sicherheit der Energieversorgung leisten.

In Deutschland derzeit kein neues KKW geplant

Renaissance langfristig denkbar

Kernfusion nicht vor 2050

¹⁴ Vgl. Forsa, Juni 2004.

¹⁵ Vgl. Edenhofer, O., Schellnhuber, H., Bauer, N., „Der Lohn des Mutes. Gestaltungsspielräume für eine internationale Klima- und Energiepolitik“, in: Internationale Politik, August 2004.

6.5 Dezentrale Energieversorgung

Die längerfristige Umstrukturierung der traditionellen Energieversorgung zu einer Produktion der Elektrizität mittels Brennstoffzellen dort, wo auch die dabei entstehende Wärme genutzt werden kann, eröffnet erhebliche wirtschaftliche Chancen. Dies gilt nicht zuletzt für den Mittelstand, das Handwerk und die Landwirtschaft. Im Kern geht es um die Schaffung sog. „virtueller Kraftwerke“ mittels der Zusammenschaltung dezentraler Brennstoffzellen in privaten und gewerblichen Häusern.

Der Verbraucher von Energie wird gleichzeitig auch deren Erzeuger und Lieferant. Dazu muss künftig auch der aus dem alten Denken der Monopolzeit herrührende Interessengegensatz zwischen den etablierten Stromnetzbetreibern und den vielen neuen und unabhängigen Stromeinspeisern (Haushalte, Klein- und Mittelbetriebe) entschärft werden. Ein staatlicher Regulierer – wie er in Deutschland als einzigem EU-Land noch fehlt – kann ein „ebenes Spielfeld“ schaffen, indem den neuen Stromeinspeisern ein fairer Netzzugang mit adäquaten Einspeisevergütungen gewährt wird. Die Preisbildung sollte dabei auch die durch dezentrale Einspeisung langfristig vermiedenen Netzkosten berücksichtigen. Wenn die etablierten Netzbetreiber die privaten Einspeiser nicht mehr länger als lästige Konkurrenz, sondern als willkommene Kooperationspartner begreifen, wäre dies im Interesse einer Optimierung der Energieversorgung – nicht zuletzt auch unter Berücksichtigung umweltpolitischer Ziele. Totale Ausfälle der Stromversorgung (Blackouts), wie sie mittlerweile durchaus nicht unüblich für die auf Großkraftwerke basierte Stromwirtschaft auch in den Industrieländern sind, wären bei einer eher dezentralen Energieversorgungsstruktur wenig wahrscheinlich.

Freilich benötigt ein solcher Umbau der Versorgungsstrukturen mehrere Jahrzehnte. Deshalb sind zur Erhöhung der Versorgungssicherheit auch in den kommenden Dekaden noch erhebliche Investitionsanstrengungen in die herkömmliche Energieversorgung erforderlich.

6.6 Hohe Investitionen erforderlich

Die IEA¹⁶ beziffert den Investitionsbedarf zur Modernisierung und Erweiterung der Energieversorgungsinfrastruktur in den drei Dekaden bis 2030 mit weltweit USD 16 Bill. Basis der Schätzungen ist eine um zwei Drittel wachsende Weltenergienachfrage. Der Investitionsschwerpunkt liegt in der Elektrizitätswirtschaft mit fast USD 10 Bill. Davon entfallen auf China über USD 2 Bill. Die Sektoren Öl und Gas benötigen Investitionen von je USD 3 Bill. und die Kohlewirtschaft immerhin USD 0,4 Bill. Im OECD-Raum könnte fast ein Drittel der Investitionen in neue Kraftwerke auf erneuerbare Energien entfallen.

Immenser Kapitalbedarf bei weltweit wachsenden Risiken

Aufgrund der vielfältigen Reformen auf den Energiemärkten (z.B. Privatisierung, Liberalisierung, Regulierung), des steigenden internationalen Energiehandels, politischer Umwälzungen sowie zunehmendem religiösen Fanatismus sind die Risiken für Investoren in den letzten Jahren tendenziell gewachsen. Das gilt praktisch für alle Ebenen des Energiesektors; die Gewinnung und Verarbeitung, den Transport und die Verteilung. Höhere Unsicherheiten prägen die Geschäfte der Elektrizitätswirtschaft und die Märkte für Primärenergien, vor allem Öl und Gas. Besonders betroffen von Risikoauf-

Virtuelle Kraftwerke

Dezentralisierung wirkt Blackouts entgegen

Investitionsschwerpunkt Elektrizitätswirtschaft

Risiken für Investoren sind gestiegen

¹⁶ Vgl. IEA, „World Energy Investment Outlook“, 2003; „World Energy Outlook“, 2004.



schlagen sind die Entwicklungs- und Transformationsländer, die aber den höchsten Investitionsbedarf haben. Deshalb dürften 2030 immer noch etwa 1,4 Mrd. Menschen ohne Stromanschluss sein (derzeit 1,6 Mrd.).

Der vereinbarte Ausstieg aus der Kernenergienutzung macht **Deutschland** aus Investorensicht zu einem **Sonderfall**. Immerhin lag der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung 2003 noch bei 28%. Fast die gesamte Grundlastenerzeugung in Deutschland beruht auf Kernenergie und Braunkohle. Ab 2010 naht das „technische Ende“ vieler fossil befeuerter Kraftwerke und das „politische Ende“ der Kernkraftwerke. In der Zeit bis 2030 sind deshalb Ersatzkapazitäten von mindestens 50.000 MW Kraftwerksleistung aufzubauen. Bei einer umfassenden Modernisierung steigt die Leistung auf 80.000 MW. In Deutschland beträgt die gesamte Kraftwerksleistung rund 120.000 MW. Für den Ersatz von etwa der Hälfte der deutschen Kapazitäten ist nach Berechnungen des DIW ein Investitionsprogramm von EUR 50 bis 60 Mrd. erforderlich.¹⁷ Der World Energy Council (WEC)¹⁸ erwartet bereits bis 2020 den Bau von zumindest 45 neuen Kraftwerken und zusätzliche Maßnahmen bei über 200 Kraftwerken zur Verlängerung der Laufzeit und Steigerung der Leistung.

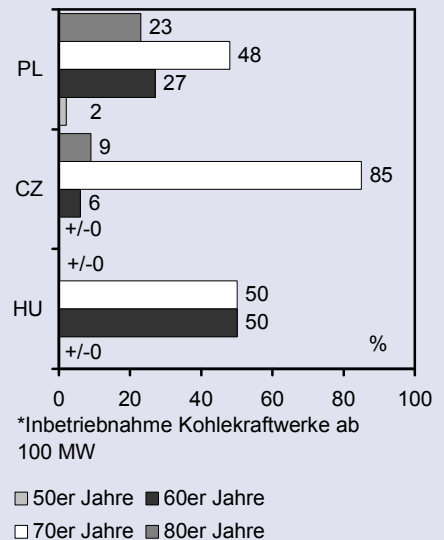
In **Europa** besteht weiterer hoher Investitionsbedarf im Kraftwerkssektor. Der WEC schätzt für die EU-15 einen Zusatzbedarf von rd. 300.000 MW bis 2020. Überdies erfordert die Modernisierung der Energiewirtschaft der mittel- und osteuropäischen Länder (MOEL), die der EU bereits beigetreten sind bzw. es noch werden, sehr hohe Investitionen¹⁹. Aufgrund der anhaltenden Finanzmittelknappheit im EU-Haushalt und den öffentlichen Haushalten der Mitgliedsländer kommt der Mobilisierung privaten Kapitals eine Hauptrolle bei der Finanzierung der Infrastrukturprojekte zu.

Vor dem Hintergrund der jüngsten Stromausfälle sind die Modernisierung und Erweiterung des großen europäischen UCTE-Stromnetzes (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity), das bei nationalen Stromengpässen für internationalen Ausgleich sorgt, dringend geboten. Ohne eine verlässliche und effiziente Netzinfrastruktur drohen in Zukunft große, die Ländergrenzen übergreifende Stromausfälle mit volkswirtschaftlich schädlichen Effekten. Überdies ist in den nächsten Jahren eine (bessere) Anbindung der neuen EU-Nachbarn im Osten anzustreben. So könnten z.B. derzeit brachliegende Kapazitäten der Elektrizitätserzeugung in der Ukraine für die EU nutzbar gemacht werden.

6.7 Einstieg in Wasserstoffwirtschaft

Zunehmende Versorgungsängste und Klimagefahren zeigen, dass eine langfristig nachhaltige Energieversorgung keine Selbstverständlichkeit ist. Deshalb gewinnt die Vision einer „solaren Zukunft“ bzw. „Solarwasserstoffwirtschaft“ zunehmend an Bedeutung. Die derzeitige Energieerzeugung greift im Wesentlichen auf Kohlenstoff (Erdöl, Erdgas, Kohle) als Rohstoff zurück. Damit wird aber das Klimagas CO₂ produziert und die Nutzung führt zur Verknappung und letztlich Erschöpfung dieser fossilen Ressourcen. Wasserstoff ist ein sekundärer Energieträger, denn seine Gewinnung setzt (ähnlich der Elektrizität) den Einsatz anderer Energieträger voraus. Wird Wasserstoff nicht auf Basis fossiler Energieträger, sondern solar

**Altersstruktur
Kohlekraftwerkspark***



Modernisierung des europäischen Stromnetzes geboten

Vision einer solaren Wasserstoffwirtschaft

¹⁷ Vgl. DIW, „Energiepolitik und Energiewirtschaft vor großen Herausforderungen“, Wochenbericht 48/2003.

¹⁸ Vgl. World Energy Council, „Energie für Deutschland“, 2004.

¹⁹ Vgl. Auer, J., „Infrastruktur als Basis für eine nachhaltige Entwicklung von Regionen“, Aktuelle Themen, Nr. 296, 2004.

erzeugt, so hat dies zwei Vorteile. Erstens sind die Energieträger wie Biomasse, Sonne, Wind oder Wasser erneuerbar bzw. nicht erschöpfbar, so dass die Versorgungssicherheit steigt. Zweitens ist die solare eine kohlenstoffunabhängige Wasserstoffwirtschaft, die damit CO₂-neutral ist und das Weltklima schont.

Die Entdeckung des Wasserstoffs fand schon vor weit mehr als 200 Jahren statt. Heute werden drei Fünftel der weltweiten Wasserstoffproduktion (600 Mrd. Kubikmeter) in Raffinerien (bei der Entschwefelung von Kraftstoff), in der Chemieindustrie (z.B. Herstellung von Düngemitteln) und der Stahlindustrie verbraucht. Überdies nutzt die Nahrungsmittelindustrie Wasserstoff täglich als Kühlmittel. Da die Weltwasserstoffproduktion derzeit aber nicht mehr als die Hälfte des deutschen Energiebedarfs decken könnte, ist die Vision einer weltweiten Umstellung der Energieversorgung auf Wasserstoff noch sehr ferne Zukunftsmusik. Zudem ist die Primärenergiequelle ausschließlich fossil und damit keine Antwort auf die Herausforderungen.

Bisher spielt Wasserstoff als Energieträger dank seiner speziellen Leistungsfähigkeit allein in der Raumfahrt eine entscheidende Rolle. Dagegen steht dem Sekundärenergieträger Wasserstoff in allen anderen wichtigen Anwendungsbereichen ein Marktauftritt noch bevor. Die Zukunftspotenziale von Wasserstoff als Energieträger sind enorm. Eine Schlüsselrolle spielen dabei Brennstoffzellen.

Wasserstoff spielt auf den **Märkten** für den Off-Highway-Bedarf (z.B. Yachten, U-Boote, Militär) und in der Automobilindustrie (mit oder ohne Brennstoffzelle) eine immer größere Rolle. Positive Perspektiven haben Brennstoffzellen für die Stromversorgung portabler Geräte (z.B. Laptops) und für die stationäre Energieerzeugung.

Mobile Brennstoffzellensysteme für die Automobilindustrie gelten derzeit noch als am weitesten von der tatsächlichen Reife für den Massenmarkt entfernt. Eine Rolle spielt dabei freilich auch der jahrzehntelange Vorsprung der etablierten Benzin- und Dieselmotoren, die aufgrund des scharfen Wettbewerbs auf dem Automobilmarkt weiter an Leistungskraft und Effizienz gewinnen. Derzeit beträgt die Automobilproduktion weltweit rd. 60 Millionen Stück im Jahr. Da der Ersatz- bzw. Lebenszyklus eines Autos mit gut einem Jahrzehnt wesentlich länger als bei portablen Geräten ist, wird die Marktpenetration einen viel größeren Zeitraum beanspruchen. Bei den Prognosen ist mittlerweile Ernüchterung eingetreten. Nun wird erst zwischen 2020 und 2030 mit einem Anteil mobiler Wasserstoff- bzw. Brennstoffzellen-Antriebe an der Gesamtproduktion im niedrigen zweistelligen Prozentbereich gerechnet. Eine leistungsfähige Infrastruktur erfordert hohe Investitionen, ist aber unverzichtbar, damit Brennstoffzellen bzw. Wasserstoff im Straßenverkehr auch tatsächlich Chancen haben. Das evidente Henne-Ei-Problem – keine H₂-Autos ohne Tankstelle und keine Tankstellen ohne Autos – kann nur durch Kooperation von Automobilherstellern, Tankstellenbetreibern sowie Unternehmen aus der Mineralöl- und Erdgaswirtschaft und möglicherweise begleitende Regulierung gelöst werden.

Bei **portablen** Brennstoffzellen für tragbare Elektrogeräte wie Laptops, Camcorder oder Fernsehkameras stehen Serienreife und Marktauftritt unmittelbar bevor.

Lokale Wasserstofferzeugung nutzt zunächst noch Erdgas

Erkennbare wirtschaftliche Perspektiven besitzen Brennstoffzellen auch auf den Märkten für **stationäre** Energieerzeugung in privaten Haushalten sowie in kommerziellen Gebäuden (KWK-Anlagen) und für die Elektrizitätserzeugung der Utilities. Im Hausenergiebereich ist

Vorteile des Wasserstoffs

- Wasserstoff erlaubt - besser als Batterien - Energie zu speichern und bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen.
- Wasserstoff macht erneuerbare Energien auch für den Verkehr nutzbar.
- Da bei der Verbrennung von Wasserstoff (H₂) mit Sauerstoff (O₂) lediglich Wasser (H₂O) entsteht, ist ein praktisch emissionsfreier Betrieb am Ort des Einsatzes möglich.
- Der Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellen ermöglicht hohe Wirkungsgrade bei der Stromerzeugung und bietet neue Perspektiven für die Energieversorgung und den Verkehrsbereich.

Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

Mobile Brennstoffzellen

Portable Brennstoffzellen

Stationäre Brennstoffzellen



auf Sicht von einer Dekade mit einer Marktpenetration von Brennstoffzellen (für Wärme und Strom) im niedrigen einstelligen Prozentbereich zu rechnen. Überdies ist in der kommenden Dekade der eigentliche Markteintritt größerer Brennstoffzellen in den kommerziellen Gebäuden von Mittelstand und Industrie zu erwarten. Im Hausbereich dürfte vor allem Erdgas als Mittel der lokalen Wasserstoffherzeugung zum Einsatz kommen. Das hat den Vorteil, dass die bisherige Gasnetz-Infrastruktur verwendet werden kann. Große Brennstoffzellen können neben Erdgas auch relativ günstige Brennstoffe wie Biogas und Kohlegas nutzen.

Aufgrund der in den nächsten Jahren noch überragenden Rolle von Erdgas, ist der Beitrag der neuen Technik für Umweltschutz und Versorgungssicherheit noch sehr limitiert. Wenn aber in einigen Dekaden Wasserstoff aus regenerativen Energien wie Wasserkraft, Biomasse, Wind und Photovoltaik – auch kostengünstig – einsetzbar wäre, könnte eine nachhaltige Verbesserung unseres Energiemixes in Richtung Klimaschutz und Sicherheit der Energieversorgung gelingen.

Silizium als Speichermedium für Wasserstoffwirtschaft

Ein großes Hindernis für eine auf erneuerbare Energien basierte Wasserstoffwirtschaft ist die Speicher- und Transportproblematik. Neuere Forschungsergebnisse²⁰ propagieren Silizium als „Königsweg“. Aus Sand hergestelltes Silizium eignet sich perfekt dazu, Energie zu speichern und sicher zu transportieren. Demnach könnte überall dort, wo Energie auf natürliche Weise umweltfreundlich gewinnbar ist (z.B. in der Wüste durch Sonnenenergie), Sand zum Metall Silizium reduziert werden, welches dann die zuvor investierte Energie in sich trägt. Der Vorteil läge auf der Hand: Ein zuvor ungenutzter Weg wird mobilisiert, Energie zeitlich unbegrenzt zu speichern und sicher zu transportieren. Mittels geeigneter Partner wie Wasser lässt sich dann das Silizium unter Entwicklung von Wasserstoff wieder in Sand verwandeln, und dies CO₂-frei. Der Energieverlust in der Kette beträgt zwar rund 20%²¹. Dieser Energieverlust ist aber zu vernachlässigen, denn bei der Sonnenenergie handelt es sich in den in Frage kommenden Gebieten um eine Überschussenergie.

Für eine künftige Wasserstoffwirtschaft hätte das Silizium-Konzept den Vorteil, dass das derzeit teilweise noch hohe Gefährdungspotenzial durch Transport und Lagerung des Wasserstoffs und die beachtlichen Energieverluste beim Transport massiv verringert werden könnten. Überdies ist für den Transport und die Speicherung von Silizium lediglich eine Infrastruktur erforderlich, wie sie auch für Kohle benötigt wird. Damit wäre quasi ein entscheidendes „missing link“ hin zur Etablierung einer gefahrfreien Wasserstoffwirtschaft gefunden.

7. Fazit: Zeit zum Handeln

In Zukunft spitzt sich die Versorgungslage auf den Märkten für Erdöl und später auch Erdgas zu. Spätestens wenn das Auffinden neuer Reserven nicht mehr Schritt hält mit der Energienachfrage, wird dies die Energiepreise spürbar in die Höhe treiben. Der absehbaren Verknappung ist mit intelligenten Zukunftsstrategien zu begegnen. Auf längere Sicht wird nur ein breiter Fächer von Maßnahmen die Si-

Erst Wasserstoffgewinnung auf Basis regenerativer Energien bringt entscheidende Umweltvorteile

Mobilisierung eines zuvor ungenutzten Weges

Überschussenergie

Möglicherweise ist ein „missing link“ gefunden

²⁰ Vgl. Auner, N., „Silicon as an intermediary between renewable energy and hydrogen“, Deutsche Bank Research, Research Notes, Mai 2004.

²¹ Vgl. vwd/dowjones, „Silizium als Speichermedium für die Wasserstoffwirtschaft?“, energy weekly, 14. Mai 2004.

cherheit der Energieversorgung ermöglichen. Wer nur auf eine Karte setzt, läuft Gefahr, in Zukunft mit leeren Händen dazustehen. Das Gebot der Stunde heißt alle verfügbaren Hebel zu nutzen – Diversifikation der Energieträger und Technologien sowie Mobilisierung aller Einspar-, Reaktivierungs- und Effizienzsteigerungsstrategien.

Die F&E-Anstrengungen rund um sichere Kraftwerke (einschließlich Kernenergie) und Netze, erneuerbare Energien und Wasserstoff sind voranzutreiben. Energiesparen und -effizienz vor allem in den privaten Haushalten wird noch immer zu wenig Beachtung geschenkt. Staatliche Maßnahmen bleiben hier erforderlich. Dezentralere Versorgungsstrukturen verringern die Risiken großflächiger Stromausfälle. Auf politischer Ebene dürfte Kooperation erfolgreicher als Konfrontation sein. Deutschland und Europa sollten aber auch den Mut zu einer eigenständigen modernen Geopolitik haben und den energiereichen Lieferländern mehr Aufmerksamkeit schenken. Um Wettbewerb auf dem europäischen Erdgasmarkt zu ermöglichen und den Gastransport besser abzusichern, ist der Monopolisierung der Pipelinewege entgegenzuwirken. Ferner sollte nicht zuletzt die sich abzeichnende Neuausrichtung der US-Energiepolitik beachtet werden, bei der klimapolitische Einsichten stärker berücksichtigt werden. Die sich verschärfende Konkurrenz um neue Energien und Technologien bringt letztlich Vorteile für die Energieversorgung aller Länder.

Eine höhere Versorgungssicherheit gibt es allerdings nicht zum Nulltarif. Die Auseinandersetzung um den „angemessenen Preis“, der für mehr Sicherheit bezahlt werden soll, wird auch zukünftig Gegenstand heftiger politischer Kontroversen bleiben. Aufgrund der allmählich zur Neige gehenden Öl- und Gasvorräte wird der Energiemix künftiger Generationen wesentlich geringere fossile Energieanteile enthalten als heute. Wegen der bestehenden Klimarelevanz ist dies sicherlich ebenfalls geboten.

Autor: Josef Auer, +49 69 910-31878 (josef.auer@db.com)

Nur breiter Fächer von Maßnahmen erhöht die Sicherheit

F&E-Anstrengungen sind voranzutreiben

Neuausrichtung der US-Energiepolitik beachten

Höhere Versorgungssicherheit nicht zum Nulltarif zu haben

Thema: Energiewirtschaft

Schneller erhältlich
per E-Mail!!!

Politische Weichenstellungen wie der Kernenergieausstieg, die ökologische Steuerreform oder die Förderung der Erneuerbaren Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung beeinflussen den Wettbewerb und führen zu Strukturveränderungen auf dem Energiemarkt. Die Liberalisierung des Energiemarkts der EU und Deutschlands setzte einen neuen Ordnungsrahmen, der alle bisherigen Erfahrungen in Frage stellt.

Infrastruktur als Basis für eine nachhaltige Entwicklung von Regionen
Aktuelle Themen Nr. 296

2. Juni 2004

Silicium als Bindeglied zwischen Erneuerbaren Energien und Wasserstoff
Research Notes Nr. 11

30. April 2004

Liberalisierung der Erdgaswirtschaft - mit Hochdruck zum Wettbewerb
Aktuelle Themen Nr. 280

21. August 2003

Traditionelle Monopole: Wachstum durch mehr Wettbewerb
Aktuelle Themen Nr. 261

20. März 2003

**My home is my power plant
Mit Wasserstoff zur dezentralen Energieversorgung?**
Aktuelle Themen Nr. 246

2. Dezember 2002

Entsorgungswirtschaft - Zwangspfand und Neuausschreibung von Verträgen verschärfen Wettbewerb und Konzentrationsprozess
Aktuelle Themen Nr. 234

24. Juli 2002

Strompreis: Anstieg infolge politischer Sonderlasten programmiert
Aktuelle Themen Nr. 227

29. Januar 2002

Unsere Publikationen finden Sie kostenfrei auf unserer Internetseite www.dbresearch.de. Dort können Sie sich auch als regelmäßiger Empfänger unserer Publikationen per E-Mail eintragen.

Für die Print-Version wenden Sie sich bitte an:

Deutsche Bank Research
Marketing
60272 Frankfurt am Main
Fax: +49 69 910-31877
E-Mail: marketing.dbr@db.com

© 2004. Deutsche Bank AG, DB Research, D-60262 Frankfurt am Main, Bundesrepublik Deutschland (Selbstverlag). Alle Rechte vorbehalten. Bei Zitaten wird um Quellenangabe „Deutsche Bank Research“ gebeten.

Die in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen beruhen auf öffentlich zugänglichen Quellen, die wir für zuverlässig halten. Eine Garantie für die Richtigkeit oder Vollständigkeit der Angaben können wir nicht übernehmen, und keine Aussage in diesem Bericht ist als solche Garantie zu verstehen. Alle Meinungsäußerungen geben die aktuelle Einschätzung des Verfassers/der Verfasser wieder und stellen nicht notwendigerweise die Meinung der Deutsche Bank AG oder ihrer assoziierten Unternehmen dar. Die in dieser Publikation zum Ausdruck gebrachten Meinungen können sich ohne vorherige Ankündigung ändern. Weder die Deutsche Bank AG noch ihre assoziierten Unternehmen übernehmen irgendeine Art von Haftung für die Verwendung dieser Publikation oder deren Inhalt. Die Deutsche Banc Alex Brown Inc. hat unter Anwendung der gültigen Vorschriften die Verantwortung für die Verteilung dieses Berichts in den Vereinigten Staaten übernommen. Die Deutsche Bank AG London, die mit ihren Handelsaktivitäten im Vereinigten Königreich der Aufsicht durch die Securities and Futures Authority untersteht, hat unter Anwendung der gültigen Vorschriften die Verantwortung für die Verteilung dieses Berichts im Vereinigten Königreich übernommen. Die Deutsche Bank AG, Filiale Sydney, hat unter Anwendung der gültigen Vorschriften die Verantwortung für die Verteilung dieses Berichts in Australien übernommen. Druck: HST Offsetdruck Schadt & Tetzlaff GbR, Dieburg.

Print: ISSN 1430-7421 / Internet: ISSN 1435-0734 / E-Mail: ISSN 1616-5640