

Verfügbarkeit von Energieressourcen zur Deckung des gegenwärtigen und künftigen Bedarfs [1.4]

Chr. König und A. Voss, Jülich

Der Wandel der Weltenergiemärkte und die besondere Bedeutung des Faktors Energie für die Entwicklung der Volkswirtschaften verleihen dem Problemkreis von Sektion [1.4] ein entsprechendes Gewicht.

Die überwiegende Mehrzahl der Berichte dieser Sektion befaßt sich mit nationalen Energiebedarfsabschätzungen sowie der gegenwärtigen und zukünftigen Energiebedarfsdeckung, die den jeweils nationalen Gegebenheiten Rechnung tragen. Kaum ein Bericht geht dabei auf die für Länder mit großen Energieimporten wichtige Frage der Versorgungssicherheit ein und versucht diesen Aspekt im Rahmen der zu erwartenden weltweiten Energiebedarfsentwicklung und der Energiereservensituation zu diskutieren.

Von einem wirksamen nationalen Energieprogramm, in welchem Land auch immer es aufgestellt wird, ist zu fordern, daß es neben Anreizen zu sparsamem Umgang mit Energie auch Anreize schafft, alle verfügbaren Fähigkeiten und Ressourcen auf die Entwicklung von neuen Energiequellen zu lenken. Da es keine Patentlösung für den Ausgleich zwischen den Erfordernissen einer wachsenden Wirtschaft, einer sicheren Ener-

gieversorgung und eines vernünftigen Umweltschutzes gibt, werden hier einige schwierige Entscheidungen anstehen. Dabei wird es nicht ohne Kompromisse zwischen den Beteiligten, nämlich Regierung, Wirtschaft und Öffentlichkeit abgehen. Nationen, die fällige Energieentscheidungen aufschieben, werden künftig aufgrund zunehmender Importabhängigkeit vor noch schwierigeren Entscheidungen stehen.

Bekanntlich war das Wachstum des Weltenergieverbrauchs ab 1971 aufgrund der weltwirtschaftlichen Rezession stark rückläufig. Diese Entwicklung wurde noch verstärkt durch ein schnelles Ansteigen der Energiekosten, d.h. eine Verfünfachung des Ölpreises von 1973 bis 75. Während sich die Weltwirtschaft an diese neue Größenordnung der Energiekosten anpaßt und niemand davon ausgeht, daß die Kosten bemerkenswert zurückgehen, schätzt man die jährliche Energiewachstumsrate weltweit nur noch auf 3,3 %/a bis 1990. Der Energieverbrauch wird damit etwa um 60 % höher sein als heute.

Bei einer jährlichen Wachstumsrate des Weltenergieverbrauchs von 3,3 % wird bis 1990 ein Drittel der fossilen Weltenergieserven verbraucht sein. Die

Bedarfsdeckung schätzt man für 1990 wie folgt ein: Rohöl 40%, Kohle 22%, Erdgas 18 % und Kernenergie 15 %, Wasserenergie sowie Geothermie 5 %. Die USA, die UdSSR, Westeuropa und Japan werden die wichtigsten konkurrierenden Energieverbraucher sein.

Die Erschließung minderwertiger Energieträger wie Ölsande und Ölschiefer wird nicht zuletzt vom Fortschritt bei der Entwicklung geeigneter Energietechnologien abhängen.

Außer auf statistisch beschreibende Angaben der nationalen Energiewirtschaft gehen fast alle Länderberichte auf die künftige Entwicklung des nationalen Energiebedarfs, auf die Methoden der Prognosen und auf die Möglichkeiten einer sparsameren und rationelleren Energienutzung und damit auf die Energiepolitik ihres Landes ein.

Energiepolitisch ist die Information über die Verfügbarkeit von Energieträgern und die voraussichtliche Entwicklung des Energiemarktes von besonderem Interesse. Die Bedarfsabschätzungen werden in aller Regel mit Hilfe mehr oder weniger komplizierter mathematisch-statistischer Modelle durchgeführt, die abgestützt auf empirische Zeitreihen einfache Trendextrapolationen oder aber

Regressionsanalysen sein können. In jedem Fall wird eine enge Korrelation zwischen dem Wachstum des Bruttosozialprodukts und dem Wachstum des Energieverbrauchs angenommen.

Die zusammenfassende Darstellung der Berichte aus Sektion [1.4] wird in folgende Bereiche gegliedert:

- Preispolitik,
- Energiebedarf und Versorgungsprobleme,
- Methoden der Vorausschätzung,
- Regionaler und nationaler Energiebedarf.

Preispolitik

Der Bericht [1.4-3] befaßt sich mit der Ölpreisgestaltung in einer freien Marktwirtschaft im Vergleich zur Planwirtschaft. Es wird die historische Entwicklung der Welterdölwirtschaft skizziert und insbesondere die Entwicklung in den USA seit 1974 ausführlich untersucht. Folgende Feststellungen, die weltweit gelten, seien hier erwähnt:

- Ein freier Wettbewerb ist z.Z. nicht vorhanden.
- Hohe Preise fördern nicht von sich aus Investitionen.
- Ein manipulierter Markt gefährdet private Investitionen.
- Die gegenwärtige Lage verlangt die Beteiligung der Regierungen bei Explorationen und zur Sicherung der Erdölversorgung.
- Ein dauerhafter Erfolg der Strategie einer gesicherten Ölversorgung ist abhängig von der Weitergabe des Ölpreises auf die Kosten der Ölprodukte, um ein vernünftiges Verhältnis von Kosten und Reserven zu erhalten.
- Die gegenwärtigen künstlichen inflationären Ölpreise suggerieren einen Mangel an Energiereserven, so daß weniger effiziente Energiereserven gefördert werden, weil ihre Kosten scheinbar niedriger sind als die manipulierten Ölpreise.
- Dieses wiederum verursacht die Verschwendung von Arbeitskraft, Investitionen und Energie.

Die Entwicklung auf dem Welterdölmarkt seit 1973 ist für die Großverbraucher Anlaß und Anstoß dazu, mehr einheimische Energiequellen zu nutzen. Die USA als größter Energieverbraucher sollten hier mit gutem Beispiel vorangehen, aber in den letzten drei Jahren haben sie ihre Importe ständig vergrößert.

Energiebedarf und Versorgungsprobleme

Veränderungen des Weltenergiemarktes leiten eine historische Entwicklung ein, die eine internationale wirtschaft-

liche Zusammenarbeit und eine neue Weltwirtschaftsordnung erforderlich macht [1.4-8]. Sie haben bereits folgendes deutlich werden lassen:

- Erdöl sollte sparsam verwendet werden, so daß es künftig noch als Rohstoff zur Verfügung steht; insbesondere ist das wichtig für jene Entwicklungsländer, die über keine anderen Reserven für ihr weiteres wirtschaftliches Wachstum verfügen.
- Billige Energie ist nicht mehr verfügbar, so daß Bedarfsschätzungen überprüft werden müssen.
- Exploration konventioneller, alternativer und neuer Energieträger muß intensiviert werden.
- Maßnahmen zur sparsamen und rationellen Energieverwendung müssen eingeleitet und durchgeführt werden.

Es wird auf die Bedeutung einer realistischen Einschätzung der Energieresourcen und einer Abschätzung des künftigen Energiebedarfs besonders hingewiesen. Eines dürfte sicher sein: Die Öl- und Gasreserven sind größer, als man bisher annahm.

Die Entwicklungsländer selbst sind sehr daran interessiert, die Wasserkraftpotentiale ihrer Regionen besser zu nutzen. Die energiearmen Entwicklungsländer legen größten Wert auf die Nutzung ihrer Ölschiefer und Teersände, auf Geothermie und Sonnenenergie sowie Kernenergie. Durch ständige internationale wissenschaftliche, technische und wirtschaftliche Zusammenarbeit könnten Industriestaaten und energieexportierende Länder solchen Entwicklungsländern ihre Probleme lösen helfen.

Methoden der Vorausschätzung

In Bericht [1.4-12] wird ein neuer systemanalytischer Ansatz zur Analyse von Energieversorgungssystemen vorgestellt. Er geht davon aus, daß bei der Gewinnung, Umwandlung und Nutzung von Energie in der Regel auch noch Ressourcen gebraucht werden, wie z.B. Wasser, Energie, Land, Rohstoffe und Arbeitskraft, die unter Umständen zum begrenzenden Faktor eines Energieversorgungssystems werden können. Mit Hilfe eines Modells, genannt WELMM ($W \triangleq$ water, $E \triangleq$ energy, $L \triangleq$ land, $M \triangleq$ materials, $M \triangleq$ manpower), wird der Bedarf dieser Ressourcen für die verschiedenen Energietechnologien ermittelt. So werden zum Beispiel für den Bau eines 1000 MW Reaktors (elektrische Leistung) etwa 37000 t verschiedener Metalle benötigt, zu deren Herstellung eine Erzmenge von 614000 t benötigt wird. Für eine Solar-Tower-Anlage mit einer elektrischen Lei-

stung von 1000 MW sind die entsprechenden Werte um mehr als den Faktor zehn größer.

Das WELMM-Modell kann auch dazu genutzt werden, beispielsweise verschiedene Verfahren der sekundären und tertiären Ölgewinnung zu vergleichen.

Diese neue systemanalytische Methode ersetzt nicht klassische ökonomische Analysen, ergänzt sie aber wesentlich. Sie scheint geeignet zu sein, auch neue Technologien, für die noch keine ökonomischen Daten vorliegen, unter Zukunftsperspektiven zu analysieren.

Zur mittel- und langfristigen quantitativen Bewertung der Energiesituation Südafrikas [1.4-4] wurde ein nationales Energiemodell entwickelt, das hier ausführlich beschrieben wird. Es soll dazu genutzt werden, Szenarien zu entwerfen und alternative energiepolitische Entwicklungen zu bewerten. Das nationale Energiemodell besteht aus drei Submodellen, nämlich dem Kohleabbaumodell, dem Bedarfsmodell und einem Verteilungsmodell.

Die Entwicklung einer nationalen Energiepolitik ist ein dreidimensionales Problem. Zunächst ist es notwendig, die gegenwärtigen und die möglichen künftigen Energieversorgungsstrukturen zu umreißen, den gegenwärtigen und künftigen Energiebedarf abzuschätzen und schließlich sicherzustellen, daß die knappen und erschöpfbaren Energieresourcen optimal eingesetzt werden. Die Bedeutung des Kohlebergbaus für Südafrika erfordert für diesen Industriezweig ein eigenes Submodell. Der Rest des Energieversorgungssektors wird im Verteilungsmodell berücksichtigt.

Der Energiebedarf ist schließlich das Ergebnis der Wechselbeziehung einer Vielzahl Variabler des ganzen komplexen Wirtschaftssystems. Daher wurde der künftige Energiebedarf mit Hilfe eines ökonomischen Modells abgeschätzt. Dieses Modell berücksichtigt den künftigen Bedarf an Erdöl, Kohle und Elektrizität bis zum Jahre 2000 für fünf verschiedene Sektoren (Haushalt, Industrie, Bergbau, Verkehr und Landwirtschaft). Das Modell ist weiterhin so aufgebaut, daß Preisunterschiede zwischen den verschiedenen Energieträgern, Substitutionseffekte, Bevölkerungswachstum und zahlreiche andere ökonomische Parameter berücksichtigt werden. Mit einer angenommenen Verfügbarkeit der Energieresourcen sowie abgeschätztem Bedarf simuliert das Modell die Verteilung und Erschöpfung der Ressourcen. Die Preise und der Marktanteil aller Energieträger werden kalkuliert.

Dieser Bericht ist ein gutes Beispiel für die interaktive Behandlung von Bedarfs-, Versorgungs- und Wirtschafts-

problemen. Andere Beiträge gehen davon aus, daß der Bedarf und die Versorgungsstruktur durch die Wirtschaftspolitik bestimmt wird oder, wie im Beitrag Belgiens [1.4-6] noch gezeigt wird, durch den Preis und die Verfügbarkeit von importierten Ressourcen.

Regionaler und nationaler Energiebedarf

Der Beitrag [1.4-5] befaßt sich mit der energiewirtschaftlichen Situation 16 süd-afrikanischer Staaten südlich des Äquators. Einleitend wird die Energiewirtschaft Zambias ausführlich untersucht. Eine Übersicht über die anderen Länder gibt die Energiereserven, die bedeutendsten Energieversorgungsanlagen, die Höhe des Elektrizitätsverbrauchs 1974 und eine Abschätzung für das Jahr 1984 für jedes Land an.

Der Elektrizitätsbedarf der 16 südafrikanischen Staaten wird für 1974 mit 88 TWh und für 1984 mit 184 TWh angegeben. Die wichtigsten Energiereserven sind mit Abstand die Wasserkraft. Die Hochspannungsanlagen werden bezüglich ihres Entwicklungsstandes, ihrer Kosten untersucht und die Vorteile eines Verbundnetzes diskutiert. Der geschätzte Bedarf sowie die Kosten des Transports von Öl und Gas über Fernleitungen werden ebenfalls angesprochen. Nicht unerwähnt bleiben sollen die großen metallischen Rohstoffe wie Eisenerz, Kobalt, Chrom, Mangan, Tantal, Kupfer, Zinn und Zink. Denn die Gewinnung dieser metallischen Rohstoffe kann eine beschleunigte Entwicklung der Energiewirtschaft dieser Länder bewirken.

Als Beispiel für eine nationale Energieversorgung, die ganz und gar von Importen (über 90%) abhängig ist, kann der Bericht [1.4-6] gelten: Belgiens einzige Primärenergiereserve ist Steinkohle. Die Vorräte sind jedoch so gering, daß der Energiebedarf damit bei weitem nicht zu decken ist und auch die Förderraten in Zukunft nicht erhöht werden können. Daher ist die nationale Energiepolitik auf Diversifikation ausgerichtet, um eine einseitige Importabhängigkeit zu verhindern und damit die Versorgungssicherheit des Landes zu erhöhen. So hat Belgien vor mehr als 15 Jahren ein Programm zur Nutzung der Kernenergie eingeleitet mit dem Ziel, nach 1985 rd. 50% des Elektrizitätsbedarfs bzw. 15% des Primärenergiebedarfs durch Kernenergie bereitzustellen. Zwar verfügt Belgien über keine eigenen Uranreserven, festigt aber dennoch zunehmend seine Kernenergie-Basis, weil die wichtigsten Stationen des Brennstoffkreislaufs im Lande installiert sind. Außerdem ist Bel-

gien seit langer Zeit an der weiteren Entwicklung des amerikanischen Druckwasserreaktors sowie gemeinsam mit der Bundesrepublik Deutschland und Frankreich am Schnellbrüterprojekt beteiligt.

Nach einer ausführlichen Beschreibung der energiewirtschaftlichen Entwicklung Mexikos [1.4-7] von 1938 bis heute wird der Energiesektor im einzelnen analysiert. Der Energiebedarf dieses Landes wird heute zu rd. 88% mit Öl und Gas sichergestellt, weil diese Energierohstoffe reichlich zur Verfügung stehen. Bis zum Jahre 2000 wird die Steigerung des Energiebedarfs von derzeit (1976) $25,3 \cdot 10^{14}$ J auf 125 bis $162 \cdot 10^{14}$ J geschätzt.

Im übrigen ist Mexiko reich an energetischen Rohstoffen wie Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Uran, Wasserenergie, Geothermie und einem unerschöpflichen Potential Sonnenenergie. Bis zum Ende dieses Jahrhunderts kann der Energiebedarf mit eigenen Reserven sichergestellt werden. Langfristig sollen Kohle und Kernenergie die Energieträger Erdöl und Erdgas substituieren. Die übrigen Primärenergieträger dürften nicht vor 2000 zum Tragen kommen. Energiepolitisch werden folgende Ziele verfolgt:

- Diversifikation der Primärenergiebasis zur Verminderung der Abhängigkeit von Erdöl und Erdgas,
- Koordinierung der Planung im Energiesektor,
- Sparsame und rationelle Energieverwendung,
- Entwicklung einer eigenen Kraftwerksindustrie,
- Verstärkte Forschung und Entwicklung im Energiebereich.

Wegen fehlender Primärenergiereserven muß die ungarische Wirtschaftspolitik auf Importsicherung ausgerichtet sein [1.4-9]. Die Charakteristika der Energiepolitik dieses Landes werden unter Berücksichtigung der Entwicklung der Weltwirtschaft in 15 Jahresperioden von 1945 bis 1990 beschrieben.

Von 1945 bis 1960 war Ungarn hauptsächlich von den eigenen Kohlereserven abhängig. Daher war es eine der wichtigsten Maßnahmen, die Exploration und Erschließung eigener Kohlevorkommen voranzutreiben. Im Zeitraum von 1960 bis 1975 wurde der Kohlebergbau modernisiert und durch eine Zusammenarbeit mit der UdSSR die Primärenergiebasis erweitert, sowie Maßnahmen zur Überwindung der Einflüsse der Erdölpreiserhöhungen auf die ungarische Volkswirtschaft eingeleitet. Maßnahmen zur Energieeinsparung, Verbreiterung der Primärenergiebasis und die intensive Nutzung heimischer Energiequellen stehen im Vordergrund.

In Bericht [1.4-10] wird ein lineares Optimierungsmodell für die Ermittlung der Investitionsaufwendungen der türkischen Elektrizitätswirtschaft vorgestellt. Optimierungskriterium ist die Minimierung der Kapital- und Stromerzeugungskosten bis zum Jahr 2000. Die Optimierungsrechnungen ergaben, daß bis etwa 1990 die heimischen Energiereserven Wasserkraft und Braunkohle, später Kernenergie und andere Primärenergieträger zur Deckung des Elektrizitätsbedarfs beitragen werden.

Ergänzend geht Bericht [1.4-14] auf die geographischen Bedingungen der Primärenergieträger Wasser, Kohle, Braunkohle, Öl und Uran sowie andere Reserven ein, die zur Deckung des türkischen Elektrizitätsbedarfs herangezogen werden können.

Beispielhaft für eine schnelle wirtschaftliche und energiewirtschaftliche Entwicklung ist Taiwan [1.4-11]. In der letzten Dekade betrug das durchschnittliche jährliche Wirtschaftswachstum 8,5% und das durchschnittliche jährliche Wachstum des Energieverbrauchs 14%. Für die Dauer der achtziger Jahre wird weiterhin mit einem Wachstum des Energiebedarfs von über 10% gerechnet. Ausführlich wird der gegenwärtige Stand und die mögliche Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft dargestellt. Das Land verfügt über keine nennenswerten Energieressourcen. Der Elektrizitätsbedarf soll hauptsächlich durch fossile Kraftwerke, später durch Kernkraftwerke abgedeckt werden.

Der Welt größte Teersand-Lagerstätte in Venezuela könnte bei einem Gewinnungsfaktor von 10% nahezu 15% der heutigen Welterdölreserven ausmachen und damit zu einem beträchtlichen Anteil den Weltenergiebedarf abdecken [1.4-13]. Aber auch hier fehlt es, wie für andere Lagerstätten, an geeigneten Extraktionsverfahren.

Indonesien hat relativ große Reserven konventioneller und nichtkonventioneller Energieträger [1.4-1]. Der Erdölverbrauch erreichte von 1972 bis 1974 die beängstigende Wachstumsrate von 19,6%/a, wohingegen die Kohleförderung rückläufig war. Man ist bemüht, die Abhängigkeit vom Öl (90,8% des Energiebedarfs wird durch Öl gedeckt) zu reduzieren und für 1975 bis 1980 den Elastizitätskoeffizienten zwischen Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum von 1,6 nach und nach auf 1,1 von 1995 bis 2000 zu vermindern (vergleichsweise lag der Koeffizient für die Bundesrepublik Deutschland 1960 bis 72 nahe 1). - Weiterhin werden alle Explorationsprogramme intensiv vorangetrieben. Kohle und Kernenergie sollen zur Elektrizitätserzeugung herangezogen und

nichtkonventionelle Energieträger verstärkt eingesetzt werden; schließlich soll Energie sparsamer und rationeller verbraucht werden.

Nach einer Bestandsaufnahme und der Analyse des historischen und künftigen

Energiebedarfs Argentiniens [1.4-2] wird die Energiepolitik des Landes dargestellt und der verstärkte Kohleabbau sowie die Errichtung von Kern- und Wasserkraftwerken gefordert, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren. Zusammenfassend läßt sich feststellen,

daß auch für die Länder der Dritten Welt die künftige Energieversorgung bei weiter steigendem Bedarf nur sichergestellt werden kann, falls man Energie sparsam und rationell nutzt, alle verfügbaren Ressourcen einsetzt sowie die Abhängigkeit vom Erdöl vermindert. BWK 303d