

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 69 (1978)

Heft: 20

Artikel: Langfristige Tendenzen der Weltenergiemärkte und Folgerungen für die Energiepolitik der westeuropäischen Länder

Autor: Schneider, H.K.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-914944>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Langfristige Tendenzen der Weltenergiemärkte und Folgerungen für die Energiepolitik der westeuropäischen Länder

Festvortrag, gehalten anlässlich der 94. Generalversammlung des SEV vom 26. August 1978 in St. Moritz

Von H. K. Schneider

620.9(100): 65.01'313';

Wer in den sechziger Jahren eine mittel- oder selbst eine langfristige Energieverbrauchsprognose aufzustellen hatte, konnte mit einiger Berechtigung von gesicherten Voraussetzungen ausgehen. Wirtschaftliches Wachstum war als Ziel nicht in Frage gestellt, es galt vielmehr als eine Vorbedingung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Wohlfahrt, und auch seine «Machbarkeit» wurde kaum in Zweifel gezogen. Das Spektrum der künftigen Wachstumspfade schien recht eng und hinreichend klar erkennbar zu sein. Um mehr Güter zu erzeugen, wird aber auch mehr Energie benötigt, wobei im Zweifel eine Proportionalität von 1 zwischen beiden Makrogrössen die vernünftigste Annahme zu sein schien. Wer 1960 z.B. für die Bundesrepublik Deutschland oder für Westeuropa oder die gesamte Welt prognostizierte, dass volkswirtschaftliche Gesamtzeugung und Gesamtenergieverbrauch exakt im Gleichschritt wachsen würden, zog den Haupttreffer im Prognosezahlenlotto. Aber nur bis 1974.

Auch die schwierigere Voraussage der Verbrauchsentwicklung einzelner Energieträger stand in den sechziger Jahren auf solidem Boden. Die Anwendungsbedingungen, kurz: alle für die Schätzung des Anteils eines Energieträgers am Gesamtenergieverbrauch relevanten Faktoren, waren übersehbar. Wer damals z.B. für die Bundesrepublik Deutschland prognostizierte, dass der Stromverbrauchszuwachs um exakt 3 Prozentpunkte über der Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts liegen oder dass der Ölverbrauch der westlichen Welt sich in weniger als 10 Jahren verdoppeln werde, zog den zweiten Haupttreffer im Prognosezahlenlotto. Aber ebenfalls nur bis 1974.

Die Anbieter von Energieträgern, die wie Öl, Naturgas oder elektrische Energie im Strom des Wirtschaftswachstums mit schwimmen konnten, fanden auch für ihre Ausbauplanungen recht gute Voraussetzungen vor. Eine seit den 50er Jahren anhaltende Überschusslage bei sämtlichen Primärenergieträgern und das Fehlen politischer Restriktionen schienen den Zugang zu den jeweils gewünschten, auch zu den ausländischen Primärenergieträgern nicht ernsthaft in Frage zu stellen. Wer nach betriebswirtschaftlichem Kalkül – selbstverständlich unter Beachtung des geltenden Umweltschutz- und Sicherheitsrechts – bereit war zu investieren, konnte mit der ungehinderten, der Terminplanung entsprechenden Durchführung seiner Investitionen ziemlich fest rechnen. Die Prognose des Kapazitätsausbaus war eher noch leichter, noch sicherer als die der Nachfrage. Jedenfalls bis 1974.

Ein ganzes Knäuel von Ereignissen hat seitdem die – in Wahrheit nur scheinbar – heile Welt der Ökonomen und Energiewirtschaftler in Unordnung gebracht. Mit der Ölpreisexposition und dem Teilembargo begann das Malaise. Aber die Vervielfachung der Öl- und sonstigen Primärenergiepreise und die durch sie induzierten Zahlungsbilanzschwierigkeiten, die alle Länder vor strukturelle Anpassungsaufgaben grossen Umfangs stellte, bei einigen sogar Nothilfeaktionen anderer forderte, erklären nur zum geringeren Teil das Ausmass der Ende 1974

einsetzenden weltweiten Rezession und die grosse Unsicherheit darüber, wie es mit dem gesamtwirtschaftlichen Wachstum als der entscheidenden Determinante des gesamten Energieverbrauchs weitergehen werde. Strukturelle Anpassungsschwierigkeiten, mit durch sie verursachter Arbeitslosigkeit und erhöhter Unsicherheit, entstanden in kaum geringerem Ausmass durch die Veränderungen der Wechselkurse, die in den (wenigen) westeuropäischen Hartwährungsländern energieintensiven Industrien zu schaffen machen, und durch den erfolgreichen Kampf der Wirtschaftspolitik gegen die beschleunigte Inflation. Und weitere Anpassungsaufgaben, die sich heute schon abzeichnen, hingegen in ihrem Ausmass nicht abzusehen sind, wird die von den Entwicklungsländern geforderte Neuordnung der Weltwirtschaft mit sich bringen. Man denke nur an die Forderung der 25%-Beteiligung dieser Länder an der Weltindustrieproduktion bis zum Ausgang dieses Jahrhunderts! Beigetragen zur Unsicherheit über das künftige Wirtschaftswachstum haben weiterhin in vielen Industrieländern politische, gesetzliche und administrative Erschwerungen von Investitionen, namentlich dort, wo diese mit Veränderungen der natürlichen Umwelt verbunden sind (oder es sein könnten), und schliesslich auch die in den letzten Jahren verstärkte Diskussion um den Sinn wirtschaftlichen Wachstums bzw. über «quality of life» und «intermediary technologies».

Diese Diskussion verdichtet sich im Energiebereich. Statt kapitalschwere, zentrale Energiesysteme nach probatem Muster weiter zu entwickeln und auszubauen, wird in allen westlichen Ländern von zwar kleinen, aber politisch recht wirksamen Gruppen der Aufbruch zu einer menschenfreundlicheren dezentralen Energieversorgung und ein rigides Energiesparen gefordert. Diese sollen es ermöglichen, den Energieeinsatz pro Einheit des Bruttoinlandsprodukts zu senken und schliesslich ein hochkarätiges qualitatives Wachstum bei stagnierendem Verbrauch an «klassischen» oder «neoklassischen» Energieträgern zu verwirklichen. Auf den Einsatz der Kernenergie könne ganz verzichtet werden; hierin wird die Freilassung des «Teufels in der Flasche» gesehen.

Die Unsicherheit über das weitere Wirtschaftswachstum und über das strategische Versorgungskonzept der Energiepolitik machen dem Prognostiker schwer zu schaffen. Von welchen Annahmen über quantitatives Ausmass und strukturelle Zusammensetzung des Wirtschaftswachstums, über Primärenergiepreise, über Energie-, Umwelt- und Sicherheitspolitik soll er ausgehen? Mit der Frage nach dem längerfristigen Wirtschaftswachstum – darüber sollten wir uns klar werden – überschreitet der Prognostiker ohnehin seine fachliche Kompetenz. Denn darüber werden auch die später als Konsumenten, als Produzenten (Arbeitnehmer wie Unternehmer), als Politiker mitentscheiden, die heute noch die Schulbank drücken. Welche Werte werden sie wirtschaftlicher Leistung und Musse, welche den immateriellen im Vergleich zu den materiellen Gütern beimessen? Dabei ist der Bedarf an

Energieverbrauchsprognosen als Informationsgrundlage für Energieinvestoren und Wirtschaftspolitik heute grösser denn je. Solange die makroökonomische Welt und ihr mikroökonomisches Teilstück, die Energiewirtschaft, noch heil, noch übersehbar waren, genügten ja im Grunde Daumenregeln. Allenfalls half ein Kurvenlineal Trends der Vergangenheit fortzuschreiben.

Ich hoffe, mit diesen Ausführungen zu Beginn meines Referates den Boden bereitet zu haben: den Boden für Ihr Verständnis als Zuhörer eines Vortrages, der sich in seinem Hauptteil die längerfristigen Perspektiven für die Weltenergiemärkte aufzuzeigen vorgenommen hat. Als Westeuropäer müssen wir uns mit den möglichen Entwicklungen der Weltenergiemärkte befassen, weil unsere Energieversorgung – ob wir es mögen oder nicht – in jedem Falle von ihnen abhängen wird, und zwar auf unabsehbar lange Zeit. Heute werden rund zwei Drittel der gesamten Primärenergie, die in Westeuropa verbraucht wird, über 90 % des heute und vorerst weiterhin wichtigsten Primärenergieträgers, des Mineralöls (Versorgungsanteil über 50 %), und ebenfalls rund 90 % des Uranerzes nach Westeuropa importiert. Welche Bedingungen für die Versorgung auf den Weltmärkten zeichnen sich aus heutiger Sicht ab, welche Strategien bleiben den westeuropäischen Ländern offen, welche sollten sie verfolgen? Mit den zuletzt angeschnittenen Fragen werden sich die abschliessenden Überlegungen meines Vortrages befassen.

Primärenergie ist heute auf der Welt im Überfluss vorhanden, wie schon in der Mitte der fünfziger bis zum Anfang der siebziger Jahre. Die neue Überschusslage resultiert aus dem Zusammentreffen einer seit mehreren Jahren stagnierenden Energienachfrage mit einem gestiegenen Energieangebot, dem Kapazitätsentscheidungen zugrunde liegen, die überwiegend vor der Ölkrise 1973 getroffen worden waren und die sich durchwegs auf die Erwartung einer Fortsetzung des früheren Verbrauchsanstiegs stützten. Auch dann, wenn die Weltkonjunktur wieder voll Tritt gefasst haben wird, könnte die Überschusslage noch auf einige Jahre hin fortbestehen: so gross ist die aktuelle Überkapazität, so bedeutend werden die zusätzlichen Kapazitäten eingeschätzt, die in den nächsten Jahren das Angebot erhöhen werden bzw. es könnten.

Nebenbei bemerkt liegen die Verhältnisse in der Stromerzeugung der meisten Industrieländer ganz ähnlich: Auch hier hat das Zusammentreffen eines vor allem rezessionsbedingt schwächeren Nachfrageanstiegs mit einer beträchtlichen Kapazitätsausdehnung eine Überkapazität geschaffen, wie sie in der Nachkriegszeit noch nicht anzutreffen gewesen war.

Dass das Überangebot in der Primärenergieversorgung mit einem Schlage verschwinden würde, nämlich dann, wenn im Ölexportzentrum der Welt, im Mittleren Osten, militärische oder politische Verwicklungen zu einem Ausfall von Grosslieferanten oder wenn wirtschaftspolitische Überlegungen dieser Länder zu einer Förderdrosselung führen sollten, weist darauf hin, dass es sich um einen labilen Zustand handelt. Doch abgesehen von dieser Labilität ist festzustellen, dass der weltweite Energieüberschuss nicht von Dauer sein wird. Die aktuelle Überschusslage verstellt lediglich vielen den Blick auf die langfristig erforderlichen Entscheidungen.

Auf die lange Sicht müssen wir mit einem Umschlagen der Versorgungslage rechnen. Der Energieverbrauch der Welt,

relativ am stärksten der der Entwicklungsländer und der sozialistischen Länder, schwächer der Energieverbrauch der grossen Industrieländer, wird im Trend weitersteigen, und das Energieangebot der Welt wird damit nur Schritt halten können, wenn schon jetzt – mitten in der Überschussituation – die dazu erforderlichen Investitionen eingeleitet werden. Vor allem ist zu erwarten, dass der wichtigste Energieträger, das Mineralöl, nur noch für etwas mehr als ein Jahrzehnt, allenfalls für zwei Jahrzehnte, den wachsenden Energiehunger der Welt alimentieren kann. Deshalb muss in fortschreitendem Masse Öl durch weniger knappe Energieträger substituiert werden.

Diese Behauptungen sind nun zu begründen. Ich stütze mich dabei auf die Studie des Workshop on Alternative Energy Strategies (WAES), der gegenwärtig wohl meist zitierten Arbeit, an der über 50 Fachleute von Wissenschaft und Wirtschaft aus 15 Ländern, darunter auch aus dem Iran, Venezuela und Mexiko über 2½ Jahre zusammengearbeitet haben¹⁾. Andere Studien des letzten Jahres, so die der Weltenergiekonferenz oder der Internationalen Energieagentur, kommen zu gleichen oder sogar noch zu dramatischeren Prognosen als der Workshop. Dass auch Mesarovicz, einer der bekannten Autoren des Club of Rome, in seiner jüngsten Arbeit weitgehend den Überlegungen und Ansätzen des Workshop folgt, mag als eine Bestätigung dafür gesehen werden, dass diese Arbeit auch bei Autoren mit grundsätzlich anderen Attitüden und Motivationen zustimmende Beachtung gefunden hat.

Angeichts der beträchtlichen Unsicherheiten über die wichtigsten Determinanten von Energienachfrage und -angebot haben wir uns im Workshop dafür entschieden, mit sog. Szenarios zu arbeiten. Szenarios sind plausible Entwürfe alternativer zukünftiger Entwicklungen und Situationen, denen bestimmte Annahmen über wahrscheinliche Werte der Szenario-Variablen zugrunde liegen und die in sich möglichst kon-

¹⁾ Energy: Global Prospects 1985–2000. Report of the Workshop in Alternative Energy Strategies. New York 1977.

		A	B	C	D	E
1977 bis 1985	Wachstumsrate des Weltsozialprodukts (in % p.a.)	6,0	3,5	6,0	3,5	6,0
	Ölpreis (in \$/b, 1975er US-\$)	17,25	17,25	11,50	11,50	7,66
	Energiepolitik	forciert	forciert	forciert	zurückhalt.	zurückhalt.
1985 bis 2000	Wachstumsrate	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0
	Ölpreis	17,25	17,25	17,25	11,50	11,50
	Reservenzugänge Öl (in Mrd barrell/a)	20	20	20	10	10
	OPEC-Förderlimit (in Mrd barrell/a)	45	45	45	40	40
	Wichtigste Ersatzenergie	KOHE	KERN-ENERG.	KOHE	KOHE	KERN-ENERGIE
		C-1	C-2	D-3	D-7	D-8

Fig. 1 Szenario-Variable der WAES-Studie
A...E Varianten

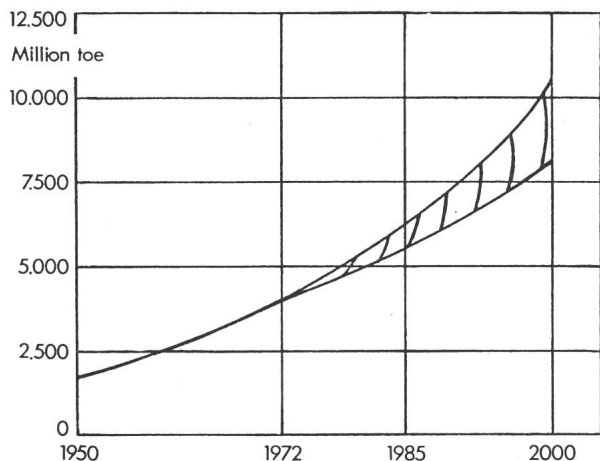


Fig. 2 Die Entwicklung des Primärenergieverbrauches der nichtkommunistischen Länder

toe = tons oil equivalent
1 toe = 7 Barrels

sistent sind. Es kommt dabei darauf an, die wichtigsten Scenario-Variablen in ihrem möglichen oder wahrscheinlichen Wertebereich zu erfassen, dabei aber gleichzeitig auch ihre Kombinationen auf eine überschaubare Anzahl zu begrenzen, um so zu brauchbaren Informationen für diejenigen zu gelangen, welche Entscheidungen zu treffen haben.

Die Scenario-Variablen der WAES-Studie sind aus Fig. 1 ersichtlich. Die angenommenen Wachstumsraten des Weltsozialprodukts sind dabei nur für die Höhe des Energieverbrauchs, die Annahmen über die Bruttozugänge zu den Mineralölreserven sowie über eventuelle Förderlimits lediglich für die Schätzung des Ölangebots relevant. Alle anderen Annahmen betreffen sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite.

WAES kommt zu dem Ergebnis, dass der Primärenergieverbrauch der nichtkommunistischen Welt künftig wesentlich schwächer zunehmen wird als in der Zeit vor 1973. Im Zeitraum 1950 bis 1973 haben das Weltsozialprodukt und der Primärenergieverbrauch der Welt bei annähernd paralleler Entwicklung um das 3½fache zugenommen. Diese Entwicklung wird sich im nächsten Vierteljahrhundert jedoch aller Voraussicht nach fortsetzen:

- Weil die künftigen wirtschaftlichen Wachstumschancen, namentlich die der westlichen Industrieländer, als ungünstiger beurteilt werden, rechnet WAES mit niedrigeren Wachstumsraten des Weltsozialprodukts als in der Vergangenheit.

- Weil das beträchtlich gestiegene Energiepreinsniveau zusammen mit wirtschaftspolitischen Massnahmen zur Förderung der rationellen Energieverwendung den Primärenergieverbrauch pro Einheit Sozialprodukt senken wird, erwartet WAES, dass das Wachstum des Primärenergieverbrauchs deutlich hinter dem des Bruttosozialprodukts zurückbleiben wird.

Aber selbst im ungünstigsten Falle, bei einem sehr niedrigen Wirtschaftswachstum der nichtkommunistischen Welt und bei nur schwach dosierten bzw. wenig wirksamen energiepolitischen Massnahmen zur Förderung des Energiesparens, wird bis zum Jahre 2000 mindestens mit einer Verdoppelung des Weltenergieverbrauchs (ohne kommunistische Länder) gerechnet (Fig. 2). Bei halblogarithmischer Darstellung würde übrigens deutlich werden, dass die Wachstumsraten anhaltend

zurückgehen – eine Erwartung, die durch die Annahme von Sättigungsgrenzen beim Verbrauch materieller Güter und durch wachsende ökonomische Knappheit der natürlichen Ressourcen (einschliesslich der Umwelt) zu begründen ist.

Ist die Deckung dieses gewaltigen Energiebedarfs, der immerhin dem des gesamten Jahrzehnts 1920–1930 entspricht, überhaupt möglich? Die Antwort heisst aus der Sicht der gesamten Weltenergiereserven: ja, und dies für so viele Generationen, dass menschlicher Erfindungsgeist längst vor ihrer Erschöpfung neue Wege gefunden, d.h. die regenerativen Energieträger oder praktisch nicht erschöpfbaren Energiequellen zu technischer und wirtschaftlicher Anwendungsreife geführt haben wird. Aber aus der Sicht einer Energiebedarfsdeckung, die im wesentlichen dem bisherigen Muster der Zusammensetzung folgt, muss die Antwort heissen: nein.

Wichtigstes Datum auf der Angebotsseite ist der voraussichtlich noch vor dem Jahre 2000 einsetzende Rückgang der Welterdölförderung, aus der heute etwas mehr als die Hälfte des Weltenergiebedarfs gedeckt wird. Unter unrealistisch günstigen Annahmen über die künftige Hinzufügung zu den Ölreserven durch Neuentdeckungen sowie Erhöhungen des Entölungsgrades und bei zugleich drastischer Verringerung des Mineralölverbrauchsanstiegs auf ein Drittel der bisherigen Wachstumsrate würde der Gipfel der Weltölproduktion kurz nach der Jahrhundertwende erreicht werden. Unter realistischeren Annahmen über den Erfolg der Ölsuche muss hingegen mit einem früheren Eintreten, etwa zu Beginn der neunziger Jahre, gerechnet werden (Fig. 3). Dabei ist zudem unterstellt, dass die Förderung sich nach der Nachfrage richtet, dass also keine Begrenzung durch Produktionslimits der Ölförderländer erfolgt. Diese Länder dürften aber mit Sicherheit die Förderung schon früher drosseln und somit schon früher die Ölverbraucher zwingen, entweder ihre Nachfrage nach Mineralöl einzuschränken oder aber Öl vermehrt durch andere Energieträger zu substituieren, als gemäss dem in der Abbildung gezeigten Scenario von WAES angenommen ist. Der positive Nebeneffekt wäre, dass das Plateau der Welterdölförderung entsprechend flacher verläuft und das Mineralöl somit weit über die Jahrtausendwende und sogar über die übernächste Jahrhun-

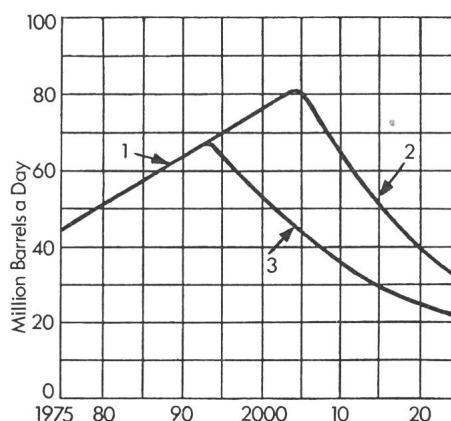


Fig. 3 Entwicklung der Welterdölförderung ohne Produktionsbegrenzung durch die Förderländer WAES-Fall D-8

1 Entsprechend Nachfrage

2 Annahme: Zusätzliche Reserven 20 Mrd. Barrels/a bis Jahr 2000, nachher 4 Mrd. Barrels/a

3 Annahme: Zusätzliche Reserven 10 Mrd. Barrels/a bis Jahr 2000, nachher 3 Mrd. Barrels/a

dertwende hinaus für die Zwecke zur Verfügung stehen wird, in denen es seine höchsten Verwendungsvorteile erzielt.

Bei der Interpretation dieser Projektionen sollten wir bedenken, dass der Weltölverbrauch bereits in den letzten beiden Jahren die Bruttohinzufügung zu den Reserven durch Neu-entdeckungen und höhere Entölungsgrade überschritten hat; das ist früher nie der Fall gewesen. Vorübergehend mögen grosse Funde in Mexiko, etwaige Funde in der nördlichen Nordsee oder wo auch immer, das Versorgungsbild bei Mineralöl günstiger erscheinen lassen. Aber selbst die Ölbonanza Mexiko reicht, wenn alle dort gehegten Blütträume in Erfüllung gehen sollten, gerade aus, um die Nachfrage der Welt nach Öl für einige Jahre zu decken.

In Westeuropa wird die Ölförderung aus nachgewiesenen und noch zu entdeckenden eigenen Vorkommen in den achtziger Jahren voraussichtlich ihr Plateau erreichen und dann vielleicht ein Drittel oder etwas mehr des Verbrauchs decken können. Um das Jahr 2000 muss, jedenfalls nach heutigem Stand der Schätzungen, bereits wieder mit einem Eigenversorgungsanteil gerechnet werden, der dem von heute entspricht.

Beim Naturgas stellt sich die Relation zwischen laufendem Verbrauch und Vorräten weltweit günstiger dar als beim Mineralöl. Der Gipfel der Weltgasförderung wird voraussichtlich um zwei oder gar mehr Dekaden später liegen als der des Öls, und die meisten Experten – auch in der WAES-Gruppe – rechnen damit, dass das Plateau der Weltgasförderung wesentlich flacher verlaufen wird als das des Öls.

Auch in Westeuropa ist die Naturgas-Perspektive im Vergleich zum Mineralöl günstiger. Das Plateau der Eigenförderung wird frühestens ein Jahrzehnt später als beim Mineralöl erreicht werden und flacher verlaufen. Ein Anteil der Eigenförderung von 70% und im nächsten Jahrzehnt sogar noch mehr dürfte bis weit in die neunziger Jahre hin erreichbar sein. Naturgas ist also für Westeuropa durchaus eine der Alternativen zu Mineralöl in den nächsten Dekaden, und das erst recht, wenn wir die im ganzen günstigen Importmöglichkeiten aus relativ sicher zu beurteilenden Quellen ausserhalb Europas in die Betrachtung einbeziehen.

Wie optimistisch man auch die beim Mineralöl noch verbleibenden und beim Naturgas sich bietenden Steigerungsmöglichkeiten einschätzen mag: Sie genügen in keinem Falle, um den Anteil der Kohlenwasserstoffe selbst an dem drastisch verringerten Energieverbrauchsanstieg gemäss dem niedrigsten Szenario von WAES zu halten. Viele Alternativen zum Mineralöl werden heute diskutiert, doch bleiben bei realistischer Einschätzung der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten in diesem Jahrhundert nur zwei ernsthafte Kandidaten übrig: die Kohle und die Kernenergie. Nach der WAES-Studie werden beide benötigt. Ein Verzicht, z. B. auf Kernenergie, ist schon wegen der zahlreichen Schwierigkeiten, die Förderung, den Transport und die Verwendung der Kohle zu forcieren und vor allem ihre Anwendungspalette (Gewinnung synthetischer Produkte aus Kohle) zu verbreitern, nicht möglich und wäre im übrigen auch mit erheblichen gesamtwirtschaftlichen Kosten verbunden. Die sog. «neuen Energieträger» können, sowohl nach der WAES-Studie als auch nach allen andern bekannten internationalen Studien, bis zur Jahrhundertwende lediglich wenige Prozent zum Energieangebot beitragen und erlauben es daher vorerst nicht, den Einsatz der konventionellen Energieträger in grösserem Umfange zurückzudrängen. Ihre Markteinführung erfordert noch umfangreiche Forschung und Ent-

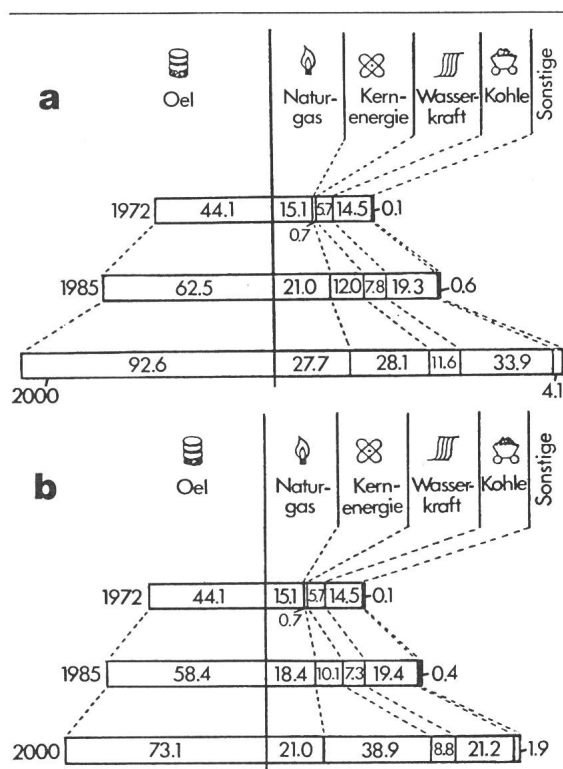


Fig. 4 Entwicklung und Aufteilung der Primärenergienachfrage in den nichtkommunistischen Ländern
In Mill. Barrels pro Tag

wicklung sowie riesige Investitionen in die Infrastruktur, und sie setzt vor allem einen gewaltigen weiteren Anstieg der Energiepreise voraus (Fig. 4).

Nach der Untersuchung des Workshop muss auf lange Sicht mit einem Anstieg der realen, d. h. inflationsbereinigten Energiepreise gerechnet werden: Selbst bei mässigem Wirtschaftswachstum, erfolgreicher Durchführung der eingeleiteten Massnahmen des Energiesparens in den Industrieländern und einem gegenüber heute um 50% erhöhten realen Rohölpreis (mit entsprechenden Auswirkungen auf die andern Primärenergiepreise) würde die Gesamtnachfrage nach Energie das Gesamtangebot übersteigen. Aber nicht nur aufgrund der Marktlage, sondern auch von der Kostenseite her spricht alles für eine Erhöhung des realen Energiepreises auf lange Sicht. Die Kosten der Ölgewinnung steigen aus naturgegebenen Gründen (grössere Wasser- und Bohrtiefen, erschwerte Klimabedingungen, Übergang auf tertiäre Fördermethoden). Die Kosten der synthetischen Ölerzeugung aus Ölschiefer, Teersänden oder Kohle liegen erheblich über dem heutigen Ölpreinsniveau. Für die Kosten aller anderen Alternativen zum Mineralöl gilt ein gleiches.

Die entscheidende Frage freilich, wie schnell der reale Ölpreis und die andern Primärenergiepreise klettern werden und welche Gipfelhöhe sie gegen Ende des Jahrhunderts erreicht haben, dürfte vorerst allerdings nicht beantwortet werden können. Neben spezifisch energiewirtschaftlichen Faktoren spielen dafür ja auch die Lage der Weltkonjunktur und politische Faktoren eine massgebliche Rolle. Westliche Experten kommen zum Ergebnis, dass das Niveau der Primärenergiepreise bis zur Jahrhundertwende sich in etwa verdoppeln werde, während aus der Richtung der OPEC-Länder (eingeschlossen ihrer westlichen Berater) schon für das Ende der

achtziger Jahre eine Vervielfachung angekündigt bzw. prognostiziert wird. Ob die Wahrheit hier in der Mitte liegt, mag offenbleiben.

Bevor wir jedoch mit den Implikationen fortfahren, die sich aus der WAES-Studie oder andern Arbeiten der jüngeren Zeit ergeben, ein Blick zurück: Ist mit den Szenarios von WAES denn nun wirklich der Bereich abgesteckt, in dem die künftige Entwicklung sich bewegen wird? Das kann niemand behaupten. Ich habe versucht, deutlich zu machen, welche Unsicherheiten alle Projektionen im energiewirtschaftlichen, aber auch im gesamtwirtschaftlichen Bereich heute belasten. Die massgeblichen Faktoren mögen sich anders als angenommen entwickeln, und das daraus resultierende Gesamtbild der Versorgungsbedingungen mag wesentlich ungünstiger sein, wie etwa im Falle von politischen Machtverschiebungen im Mittleren Osten. Umgekehrt ist es aber auch vorstellbar, dass die Versorgungsbedingungen sich günstiger als erwartet entwickeln. Die Nachfrage nach Energie könnte langsamer wachsen, viele kleine technische Neuerungen in der Energieanwendung mögen sich zu einem beachtlichen Gesamteffekt addieren, heute unerwartet grosse Öl- und Gasfunde mögen gelingen, selbst Durchbrüche in der Technik sind nicht auszuschliessen. Folglich muss mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass die Investitionsentscheidungen von heute von falschen Voraussetzungen ausgehen und sich später als Fehlinvestitionen erweisen. Eine vernünftige Regel für Entscheidungen unter Unsicherheit lautet: Mischung der Einzelrisiken, d.h. hier insbesondere durch Diversifizierung der Energieangebote nach Trägern und Herkunft, und Reduzierung des Gesamtrisikos, d.h. hier insbesondere durch die Verringerung des Abhängigkeitsgrads von unsicheren ausländischen Quellen (nicht vom Ausland schlechthin). Ausserdem aber erfordert die Unsicherheit, und damit sind wir schon wieder bei den wirtschaftspolitischen Implikationen, dass das Gesamtsystem der Energieversorgung einen hohen Grad der Anpassungsflexibilität beibehält, so dass es möglich wird, als solche erkannte Fehlentscheidungen später zu korrigieren. Das spricht dafür, dass ein dezentralisiertes System der Energieversorgung erhalten bleiben soll und der Staat seine Aufgabe vor allem darin sehen möge, die adäquaten Rahmenbedingungen für unternehmerisches Handeln im Energiebereich zu schaffen.

Eine wichtige Folgerung aus der langfristigen Lageanalyse ist die, dass wir uns auf eine wahrscheinlich zunehmende Inflexibilität des Energieangebots auf den Weltmärkten einzustellen haben. Dieser Punkt hat in der öffentlichen Diskussion bisher nicht die Beachtung gefunden, die er verdient. Wir haben uns daran gewöhnt, dass das Energieangebot sich stets ohne grössere Schwierigkeit an Variationen des Niveaus, der Zusammensetzung und der regionalen Verteilung der Nachfrage angepasst hat, und dies auch kurzfristig. Die flexible Anpassung wurde dadurch ermöglicht, dass der Kapazitätsausbau auf allen Stufen stets der Nachfrageentwicklung vorauseilte und die Infrastruktur des Transports und der Versorgung stets entsprechend den wechselnden Markterfordernissen eingesetzt werden konnte. Mit der Absorption der noch bestehenden Überschusskapazitäten im Rohölangebot und mit der zu erwartenden bzw. angekündigten und geplanten Beschränkung der weltweiten Tätigkeit der grossen Mineralölgesellschaften wird es bei unerwarteten Ausfällen in der Versorgung oder einem unerwartet hohen Verbrauchsanstieg nicht mehr wie früher möglich sein, Reservekapazitäten einzusetzen und dank

der Flexibilität der Infrastruktur die Versorgungsströme entsprechend umzulenken. Nicht nur beim Öl zeichnet sich eine sinkende Anpassungsflexibilität ab, sondern auch bei den andern Primärenergieträgern. Aber auch bei der Sekundärenergie, insbesondere der Stromerzeugung, ist ein Trend zu einer abnehmenden Anpassungsflexibilität festzustellen. Hier sind es vor allem administrativ oder durch politische Widerstände bedingte Verzögerungen im Kraftwerksausbau der Industrieländer, die dazu führen, dass die für eine flexible Anpassung erforderlichen Kapazitäten nicht (rechtzeitig) bereitgestellt werden können.

Die den westeuropäischen Ländern offenstehenden Handlungsmöglichkeiten sind von den Energiere Ressourcen her gesehen recht verschieden. Auch in der europäischen Energiewirtschaft gibt es «haves» und «have nots», die einen im Norden, die andern im Süden. Es hiesse, von den Regierungen und Völkern eines Kontinents, in dem Feindschaft und Misstrauen bis in die jüngste Vergangenheit Politik und Regierungshandeln bestimmten, allzuviel zu verlangen, im Interesse einer europäischen Solidarität die eigenen Energiequellen nach gesamteuropäischen Bedürfnissen zu entwickeln, d.h. auf eigene Ziele und nationale Programme ihrer Schliessung zu verzichten. Viel gewonnen ist schon, wenn alle europäischen Länder in einer Art Parallelpolitik, ohne deshalb nationale Sonderheiten preiszugeben, auf das gemeinsame Ziel hinwirken, das sich aus der Lagebeurteilung ergibt: Alles zu tun, um die Energieversorgung zu vernünftigen Bedingungen sicherzustellen, auch zu ökonomisch vernünftigen. Anders gesprochen: Kein Land sollte sich mit der Rolle des Trittbrettfahrers begnügen, d.h. in seinen Investitionsanstrengungen nachlassen und es den anderen überlassen, für eine langfristige Entspannung der Märkte zu sorgen.

Die beiden grossen Strategiekomplexe sind dabei einerseits Strategien zur Energieeinsparung und andererseits Strategien zur allmählichen, aber fortschreitenden Substitution des Problemenergieträgers Mineralöl durch andere Energieträger, die weniger knapp sind. Zur zweiten Strategie gehören nicht nur Massnahmen zum Ausbau vorhandener eigener Primärenergie, sondern auch der Ausbau einer ölsubstituierenden Sekundärenergieerzeugung, ferner Strategien zur Entwicklung neuer Technologien der Energiegewinnung sowie der Energieanwendung, auch dann, wenn diese erst nach der Jahrhundertwende in grossem Umfange das Mineralöl ersetzen sollten. Wir dürfen den Blick ja nicht auf das Jahr 2000 fixieren, sondern müssen im Forschungs- und Entwicklungsbereich schon heute alles tun, um einen möglichst glatten Übergang auf die neue Energiebasis des nächsten Jahrhunderts zu schaffen. Schliesslich sind Massnahmen zu nennen, die einer Stabilisierung der internationalen Energieströme dienen – sie sind für die Energiehabenichtse geradezu lebensnotwendig.

Es ist festzustellen, dass – nicht zuletzt dank der Initiativen der Internationalen Energieagentur und der Europäischen Gemeinschaft – die Strategien zur rationellen Verwendung von Energie («Energiesparen») in der Energiepolitik aller westeuropäischen Länder eine wichtige Rolle einnehmen. Als Ökonom muss ich jedoch darauf aufmerksam machen, dass auch die Einsparung von Energie nicht zum Nulltarif zu haben ist. Die Forderung, den Einsatz von Energie zu rationalisieren, darf nicht zum Freibrief für eine *technisch* maximale Verringerung des Energieverbrauchs pro Sozialprodukteinheit führen. Wir haben in der Bundesrepublik z. B. errechnet, dass einige der heute vor-

gesehenen Massnahmen zu Kosten führen, die, auf Öl umgerechnet, mehr als das Vierfache des heutigen Ölpreises ausmachen. Freilich wird für Energiesparen immer wieder ins Feld geführt, dass nicht nur die betriebswirtschaftlichen Kosten zählen, sondern auch die volkswirtschaftlichen Kostenersparnisse in Form von vermiedenen Umweltbeeinträchtigungen berücksichtigt werden müssen. Das ist richtig, doch kann der Umweltschutz nicht zum dominierenden Oberziel erhoben werden, dem alle anderen Ziele sich unterzuordnen hätten. Länder, die wie die Bundesrepublik und die Schweiz voll in die Weltwirtschaft integriert sind, müssen auch auf eine kosten- und preisgünstige Energieversorgung bedacht sein.

Ausserdem bezweifle ich, dass eine allmächtige Bürokratie in der Lage ist, all die vielfältigen Chancen für sinnvolle Energieverwendung und Energiesparen ausfindig zu machen und hierfür die administrativen Regelungen zu treffen. Deshalb sollten die Entscheidungen zur Einsparung von Energie soweit wie möglich dem Markt überlassen bleiben, wobei allgemeine Anreize in der Form von fiskalischen Massnahmen die Marktkräfte wirkungsvoll unterstützen können. Was durch eine solche Kombination von Markt und sinnvoller staatlicher Förderung erreicht werden kann, lässt sich zurzeit in der Bundesrepublik Deutschland beobachten: Die Anstrengungen der Bürger, die Wärmeverluste ihrer Wohnungen und Häuser, also die wichtigste Verlustquelle für Energie überhaupt, zu verringern, haben ein auch Fachleute überraschendes Ausmass erreicht.

Eine Politik der rationellen Energieverwendung ist allein nicht die hinreichende Antwort auf die zu lösenden Versorgungsaufgaben. Da hierbei fast immer Energie durch Kapital (z.B. besser isolierte Gebäude) substituiert werden muss, der derzeitige Sachkapitalbestand unserer Volkswirtschaften aber unter dem Regime niedriger Energiepreise zustande gekommen ist und deshalb der spezifische Energieverbrauch relativ hoch ist, wird es viele Jahre dauern, bevor der Kapitalbestand voll angepasst und der volle Energieeinspareffekt wirksam wird. Eine Entkoppelung von Energieverbrauchsanstieg und Wirtschaftswachstum ist dadurch allein auf absehbare Zeit hin nicht zu erreichen. Die Autoren der WAES-Gruppe haben übrigens die möglichen Wirkungen von Energiesparmassnahmen bei ihren energiepolitischen Annahmen berücksichtigt. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass bis zum Ende dieses Jahrhunderts mit einer relativen Einsparung in Höhe von 20% des Energieverbrauchs gerechnet werden kann – genau das ist die Annahme, unter der die Verdoppelung des Energieverbrauchs im Jahre 2000 gegenüber 1975 von den Autoren der WAES-Studie erwartet wird.

Ein abschliessendes Wort zur Stromerzeugung, die ja bereits in den anderen Referaten dieser Tagung behandelt worden ist.

Wegen ihrer breiten Primärenergiebasis bietet ein Ausbau der Stromerzeugung günstige Möglichkeiten für eine Substitution des Mineralöls. Der Empfehlung der WAES-Studie, den Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch drastisch zu kürzen, muss schon deshalb entschieden widersprochen werden. Die WAES-Studie kommt zu dieser Empfehlung allein auf Grund der hohen Umwandlungsverluste von Primär- in Sekundärenergie bei der Stromerzeugung. Sie berücksichtigt nicht, dass die günstigen Umwandlungswirkungsgrade in der Stromverwendung, die durchweg höher liegen als bei andern Energieträgern, diesen Nachteil weitgehend kompensieren. Sie berücksichtigt auch nicht, dass gerade die Entwicklung neuer Energie-

träger und die Verwendung energiesparender Geräte (wie vor allem der Wärmepumpe) in vielen Fällen elektrische Energie benötigt. Wirtschaftspolitische Massnahmen, z.B. Eingriffe in die Strompreisbildung, die den Stromverbrauch drosseln sollen, müssen daher die Bemühungen zur Substitution des Öls in der Wärmeanwendung zumindest erheblich schwächen.

In der Stromerzeugung sind die Kohle und die Kernenergie die beiden grossen Optionen, die den Ländern Westeuropas offenstehen. Kurzfristig gesehen handelt es sich um alternative Energieträger beim Ausbau der Stromerzeugung. Auf lange Sicht hin sind sie als komplementär anzusehen: Die Kohle wird voraussichtlich noch in diesem Jahrhundert beginnen, bei der Produktion synthetischer Energieprodukte eine grössere Rolle zu spielen, und dürfte vor allem nach dem Jahr 2000 in schnell zunehmendem Masse der Gasversorgung zugeführt werden. Die Kernenergie, die bisher nur über die Stromgewinnung nutzbar gemacht werden konnte, wird voraussichtlich auch eine grössere Rolle bei der Wärmeerzeugung erlangen, möglicherweise als Kuppelprodukt der Stromerzeugung im Hochtemperaturreaktor.

Auf die in diesem Kreise bekannten Probleme des Ausbaus der Kernenergie soll nicht eingegangen werden. In den nächsten Jahren werden hier die Weichen gestellt werden, wird sich entscheiden, in welchem Umfange diese neue Energie in das bestehende Energiesystem eingeführt werden kann, welche Chancen sich für die Kernreaktoren der zweiten und dritten Generation bieten werden. Sollte es in wichtigen Ländern zu einem Kernenergie-Moratorium bzw. zu einem faktischen Stopp des Kernenergieausbaus durch Gerichtsbeschlüsse oder Bürgerinitiativen kommen, würde eine Lage entstehen, die sich in ihren Auswirkungen auf alle Bereiche des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens heute nicht übersehen lässt. Es ist nochmals zu wiederholen: Die WAES-Studie, aber auch andere Arbeiten, wie die der IEA oder der Weltkraftkonferenz, halten einen Verzicht auf Kernenergie ohne Beeinträchtigung der wirtschaftlichen Entwicklung in den Industrieländern und in der gesamten Weltwirtschaft für unmöglich. Jedenfalls geben die «soft technologies» nicht einen Ersatz ab, der diesen Verzicht rechtfertigen würde.

In der WAES-Studie wird das energiewirtschaftliche Versorgungsproblem unserer Tage in dem folgenden Satz treffend beschrieben: «The basic danger of the world energy situation is that it could become critical before it seems serious.» Anders ausgedrückt: Die gegenwärtige Überschussituation könnte der breiten Öffentlichkeit und den verantwortlichen politischen Instanzen den Blick auf die noch in diesem Jahrhundert zu erwartende Verschlechterung der globalen Versorgungslage verstellen. Es besteht die Gefahr, dass politisch unbequeme Entscheidungen auf die lange Bank geschoben werden. Angesichts der langen Planungs- und Durchführungszeiten, die alle Grossinvestitionen im Energiebereich benötigen, müssen die Entscheidungen zum Ausbau des Energieangebots jedoch so bald wie möglich getroffen und in aktuelles Handeln umgesetzt werden.

Adresse des Autors

Prof. Dr. Hans K. Schneider, Direktor des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln, D-5000 Köln 41.

DK: 519.217

SEV-Nr. A 699

Initiation aux chaînes de Markov. Méthodes et applications. Par G. Cullmann. Paris, Masson, 1975; bro., 8°, VIII/140 p., fig., tab.

Une chaîne de Markov peut être définie comme un système possédant un nombre fini ou dénombrable d'états E_0, E_1, E_2, \dots qui se succèdent en accord avec la règle suivante: étant donné que le système occupe à l'étape $n-1$ l'état E_i , il y a une probabilité $p_{ij}(n)$ qu'à la prochaine étape v , le système soit dans l'état E_j . Si $p_{ij}(n)$ ne dépend pas de n mais uniquement de E_i et E_j , on dit que la chaîne est homogène. Dans les applications, on admet souvent que les étapes (où une transition réelle $E_i \rightarrow E_j$ ou virtuelle $E_i \rightarrow E_i$ a lieu) sont séparées par des intervalles de temps Δt constants. Dans ce cas, la chaîne de Markov se réduit à un processus de Markov discret dans le temps et dans l'espace. Ce fait explique la grande importance que les chaînes de Markov ont pris dans les applications.

Le livre de G. Cullmann donne une introduction assez complète à la théorie et aux applications des chaînes homogènes de Markov. Il s'appuie largement sur la notion de graphe orienté et étudie le comportement asymptotique en utilisant la transformée en z . Dans un premier chapitre l'auteur résume brièvement les propriétés fondamentales des graphes orientés. Une attention particulière est donnée à la notion de graphe fortement connexe qui conduit aux chaînes irréductibles. Le deuxième chapitre introduit les chaînes de Markov et étudie de façon classique les caractéristiques principales, comme stationnarité, ergodicité et périodicité. L'étude asymptotique est reprise en détail au quatrième chapitre où l'auteur fait largement usage de la transformation en z , qui permet d'aboutir rapidement aux résultats cherchés. Le troisième et le cinquième chapitre sont réservés à une introduction rapide d'applications empruntées surtout au domaine de la recherche opérationnelle.

Le livre est riche en exemples dont le but est de faciliter la compréhension de la théorie qui, surtout aux chapitres 1 et 4, est présentée de manière assez condensée. Il peut être recommandé à tous ceux qui sont intéressés à une introduction rapide aux chaînes de Markov et surtout aux ingénieurs travaillant dans la recherche opérationnelle.

A. Birolini

DK: 620.9

SEV-Nr. A 706

Wege zur Energieversorgung. Herausgegeben von K.-J. Euler und A. Scharmann. München, Karl-Thiemig-Verlag, 1977; kl. 8°, XVI/352 S., 78 Fig., 50 Tab. – Thiemig-Taschenbücher, Band 60 – Preis: kart. DM 38.–.

22 bekannte Autoren beleuchten in diesem Taschenbuch in 14 unabhängigen, jedoch genügend koordinierten Aufsätzen die verschiedensten Aspekte der Energieversorgung. Dem Leser sollen damit keine fertigen Rezepte, sondern zuverlässige Informationen zur eigenen Entscheidung vermittelt werden.

Den Ausgangspunkt bildet ein Aufsatz über die physikalischen Grundlagen der Energietechnik, in dem die verschiedenen Energieformen definiert und ihre Zusammenhänge erläutert werden. Man vermisst allerdings den so wichtigen Begriff der Exergie, also des Wertes der thermischen Energie, der erfahrungsgemäss für die meisten Nicht-Fachleute schwer zugänglich ist. Weitere Grundlagen bringen die Kapitel über die prinzipiellen Wege zur Sicherung der Energieversorgung, über den Energiebedarf und Probleme der Energiebedarfsdeckung sowie über die Energierohstoffe der Erde. Von der weltweiten Energiesituation ausgehend, werden vor allem die Verhältnisse in der BRD untersucht. Ganz auf die BRD zugeschnitten ist der Aufsatz über die Zusammenhänge von Energie, Wirtschaft und Wohlstand.

Ein zentrales Thema bildet die Sicherheit von Kernkraftwerken. Nach Erklärungen über die Strahlenbelastung werden die

Sicherheit der Werkstoffe und Anlagenteile sowie die Überwachungssysteme behandelt; es wird aber auch auf die Bedeutung der staatlichen Überwachung hingewiesen, sind doch die «Zulassungsbestimmungen und Aufsichtsbefugnisse schärfer und eingreifender als in irgend einem andern Bereich».

In sehr konzentrierter Form werden die nichtkonventionellen Energiequellen und -verfahren behandelt, wo neben der Helio-technik, der Gezeitenenergie und der Windkraft auch verschiedene Verfahren der Energiedirektumwandlung, die Fusionsreaktoren sowie Speicher- und Transportprobleme dargelegt werden. Bei den Energiealternativen wird wohl auf die Kosten eingegangen, nicht aber auf die energetische Wirtschaftlichkeit (Erntefaktor). Weitere Aufsätze behandeln die Umweltbeeinflussung durch konventionelle Wärmekraftwerke, die rationelle Energieanwendung und die Energieökonomik des Verkehrs. Den Abschluss und eine Art Synthese bildet ein Aufsatz zum Thema der zukünftigen Möglichkeiten der Energieversorgung, wo im «Ausblick» die bevorstehende Entwicklung in knappen Sätzen treffend formuliert ist.

Jeder Aufsatz wird durch eine deutsche und eine englische Zusammenfassung eingeleitet und von einem ausführlichen Literaturverzeichnis gefolgt. Man findet sich deshalb in diesem Taschenbuch sehr rasch zurecht. Wenn auch heute gewisse Akzente der Energiedebatte bereits verschoben sind (das Problem der Entsorgung wird z. B. nicht behandelt), so enthält das Buch doch eine umfassende Darstellung der verschiedensten Gesichtspunkte zur Energieversorgung.

Eb

DK: 621.372.5 : 621.382

SEV-Nr. A 701

Angewandte Elektronik. Band II: Elektronische Bauelemente. Vierpoltechnik. Von Horst Teichmann. Darmstadt, Dietrich-Steinkopff-Verlag, 1977; kl. 8°, VIII/176 S., 67 Fig., 9 Tab. Uni-Taschenbuch 510. Preis: bro. DM 22.80.

Für Studierende der Ingenieurwissenschaften ist der 2. Band einer vierbändigen Reihe erschienen, die sich mit angewandter Elektronik befasst. Der Inhalt des Buches gliedert sich in 3 Teile. Zuerst wird auf die Anwendung elektronischer Effekte eingegangen, wie z. B. diejenigen der Schwingungserzeugung und des Rückkopplungsprinzips. Der 2. Teil behandelt die elektronischen Bauelemente, aufgeteilt in die Kapitel Elektronenröhren, Photozellen, Gasentladungsröhren sowie Halbleiterbauelemente, wobei dem Aufbereitungs- und weiteren Herstellungsverfahren grosse Aufmerksamkeit gewidmet wird. Der eine oder andere Leser vermisst vielleicht hier eine kurze Umschreibung passiver Bauteile, wie z. B. der Heissleiter oder NTC-Widerstände und der immer mehr an Bedeutung gewinnenden PTC-Widerstände oder Kaltleiter, die heute vermehrt für Überlastschutz verwendet werden. Der 3. Teil befasst sich mit der Vierpoltheorie. Ein übersichtlicher Aufbau mit den Kapiteln Grundbegriffe, einfache lineare symmetrische Vierpole und Ersatznetzwerke, ermöglicht es dem Leser, sich optimal in die Vierpoltheorie einzuarbeiten. Kenntnisse im Matrizen- und Determinanten-Rechnen werden vorausgesetzt. Die Vierpoltheorie dient zur Beschreibung elektrischer Netze, die man sich aus Netzwerken mit je 2 Eingangs- und 2 Ausgangsklemmen gebildet vorstellen kann, also z. B. zur Charakterisierung von Übertragern, Filtern und von Vierpolparametern der Transistoren.

Einzelne Abschnitte dieses in erster Linie an Studierende gerichteten Werkes können auch Lesern mit weniger grossen mathematischen Kenntnissen nützlich sein. 67 deutliche Abbildungen und 9 Tabellen veranschaulichen den dargebotenen Lehrstoff. Ein ausführliches Sachverzeichnis und eine breite Literaturübersicht vervollständigen den Inhalt. Schliesslich erinnern einige biographische Notizen an die Pionierzeit der Elektrotechnik und Elektronik.

W. Schneider