**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 58 (1967)

**Heft:** 20

**Artikel:** Energiequellen der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft

**Autor:** Kroms, A.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-916289

**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:** 08.08.2025

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

# Energiequellen der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft


von *A. Kroms,* Malden USA



620.91 : 621.31 (73)


Die Entwicklung der elektrischen Energieversorgung wird in entscheidendem Masse von den vorhandenen Energiequellen bedingt. Da die Elektrizitätswerke verschiedene Arten der Rohenergie technisch erfolgreich verwerten können, wird die Auswahl der primären Energieträger sowohl von ihrer Verfügbarkeit als auch von einer Reihe technischer, wirtschaftlicher und energiepolitischer Umstände bestimmt.

Hinsichtlich der einheimischen Energievorräte unterscheidet man energiearme und energiereiche Länder. Jene sind in hohem Masse auf die Einfuhr von Energieträgern angewiesen, weshalb die Gestaltung ihrer Energiewirtschaft von der Weltmarktlage der Energieträger abhängig ist. Andere Länder verfügen dagegen über so reichliche Energiequellen, dass sie ihre Energiebedürfnisse aus eigenen Vorräten ohne Mühe decken können. Die USA gehören zu dieser Gruppe, weil sie über verschiedene ergiebige Energiequellen verfügen, die ziemlich gleichmässig über das Staatsterritorium verteilt sind. Hier bestehen deshalb günstige Voraussetzungen für einen rein wirtschaftlichen Wettbewerb zwischen den einzelnen Primärenergieträgern. Die Ergebnisse dieses Wettbewerbs lassen gewisse Schlüsse auch für andere Länder ziehen und die voraussehbare Entwicklung der elektrischen Energieversorgung aufzeichnen.

### 1. Energiequellen und Energiebedarf

Zur Planung der Energieversorgung müssen die verfügbaren Energiequellen dem zu erwartenden Energiebedarf gegenübergestellt werden. Die Bewertung dieser beiden Grössen stützt sich auf gewisse Annahmen, von denen die erzielbaren Resultate in erheblichem Masse beeinflusst werden. Da die Errichtung von Energieanlagen grosse Mittel verlangt und lange Baufristen beansprucht, müssen in der Energiewirtschaft gewisse Vorausschätzungen über die zu erwartende Entwicklung wenigstens für die nächsten 10...15 Jahre aufgestellt werden.

Die bisher wichtigsten Energiequellen der USA sind die fossilen Brennstoffe gewesen, wobei Öl und Erdgas hier eine grosse Rolle spielen. Zurzeit erfolgen in der Grundlage der Rohenergie gewisse strukturelle Veränderungen. Dies ist einerseits mit dem raschen Anstieg des Energiebedarfs, andererseits aber mit dem Einsatz einer neuen Energiequelle — der Kernenergie — verknüpft. Diese wird in den kommenden Jahren die Gestaltung der elektrischen Energieerzeugung weitgehend ändern.

Obwohl die USA auch über erhebliche Wasserkräfte verfügen, können die Wasserenergiequellen nur einen kleinen Anteil der ständigen Zunahme des Energiebedarfs decken. Trotzdem wird die Wasserenergie in der elektrischen Energieversorgung auch in Zukunft besondere Aufgaben erfüllen.

Die vorhandenen Energiereserven sind sowohl in den USA als auch in anderen Ländern nicht vollständig erfasst worden. Es ist auch nicht zu erwarten, dass diesbezüglich einmal ganz bestimmte Zahlen vorliegen werden. Hierbei müssen nicht nur die theoretischen Energievorräte, sondern auch ihre technische und wirtschaftliche Abbauwürdigkeit bewertet werden. Da der Abbau mancher Energiequellen allzu hohe Aufwendungen erfordert oder ihre Verwertung technisch noch nicht befriedigend gelöst worden ist, können diese Energievorräte zurzeit wirtschaftlich nicht ausgenutzt werden. Die Entwicklung der Energietechnik, der Anstieg des Energiebedarfs und die Erschöpfung anderer Energiequellen kann aber mit der Zeit die Grundlage der ausnutzbaren Energiequellen ändern. Dies kann auf Ölschiefer, Lignite, wie auch auf Uran- und Thoriumerze sehr niedriger Konzentration bezogen werden. Bei der Bewertung der verfügbaren Energiereserven müssen alle erwähnten Faktoren im Auge behalten werden, wobei man aber zu verschiedenen Schätzungen kommen kann.

Energiereserven werden in der amerikanischen Literatur mittels der Einheit 1 Q = $10^{18}$ BTU ausgedrückt; da 1 BTU (British Thermal Unit) = 0,25 kcal, ist 1 Q = $25 \cdot 10^{16}$ kcal = $25 \cdot 10^{7}$ Tcal. Die geschätzten Energiereserven der USA und ihr Vergleich mit den Weltreserven sind in Tabelle I angegeben [1, 2] [1]). Man darf nicht vergessen, dass die angeführten Zahlen nur sehr ungefähre Orientierungswerte darstellen, weil die Angaben verschiedener Untersuchungen einen weiten Streuungsbereich aufweisen; die Ursachen dafür sind schon erwähnt worden.

*Energiereserven (in Q = $10^{18}$ BTU).*

Tabelle I

| Energiequelle | Bestimmte, ausnutzbare Reserven | | | Zusätzliche potentielle Reserven | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Welt | USA | Anteil der USA % | Welt | USA | Anteil der USA % |
| Kohle | 18,0 | 4,6 | 26 | 320 | 84 | 26 |
| Öl | 1,9 | 0,3 | 16 | 26 | 3,4 | 14 |
| Ölschiefer | — | — | — | 12 000 | 945 | 8 |
| Ölsand | 0,2 | — | — | 6 | < 0,1 | < 0,1 |
| Erdgas | 1,9 | 0,3 | 16 | 20 | 2,1...2,6 | 10 |
| Uran | 0,9...1,2 | 0,3 | 25...33 | 4 000 000 | 224 000 | 6 |
| Thorium | nicht bestimmt | | | 5 600 000 | 336 000 | 6 |

Die Angaben der Tafel bedürfen einiger Erläuterungen:

Die bestimmten Reserven enthalten die Energievorkommen, welche sicher erfasst sind und zurzeit wirtschaftlich ausgebeutet werden können. Die potentiellen Reserven deuten dagegen die wahrscheinlichen und möglichen Energie-

[1]) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturangaben am Schluss des Artikels (in Bull. Nr. 21).

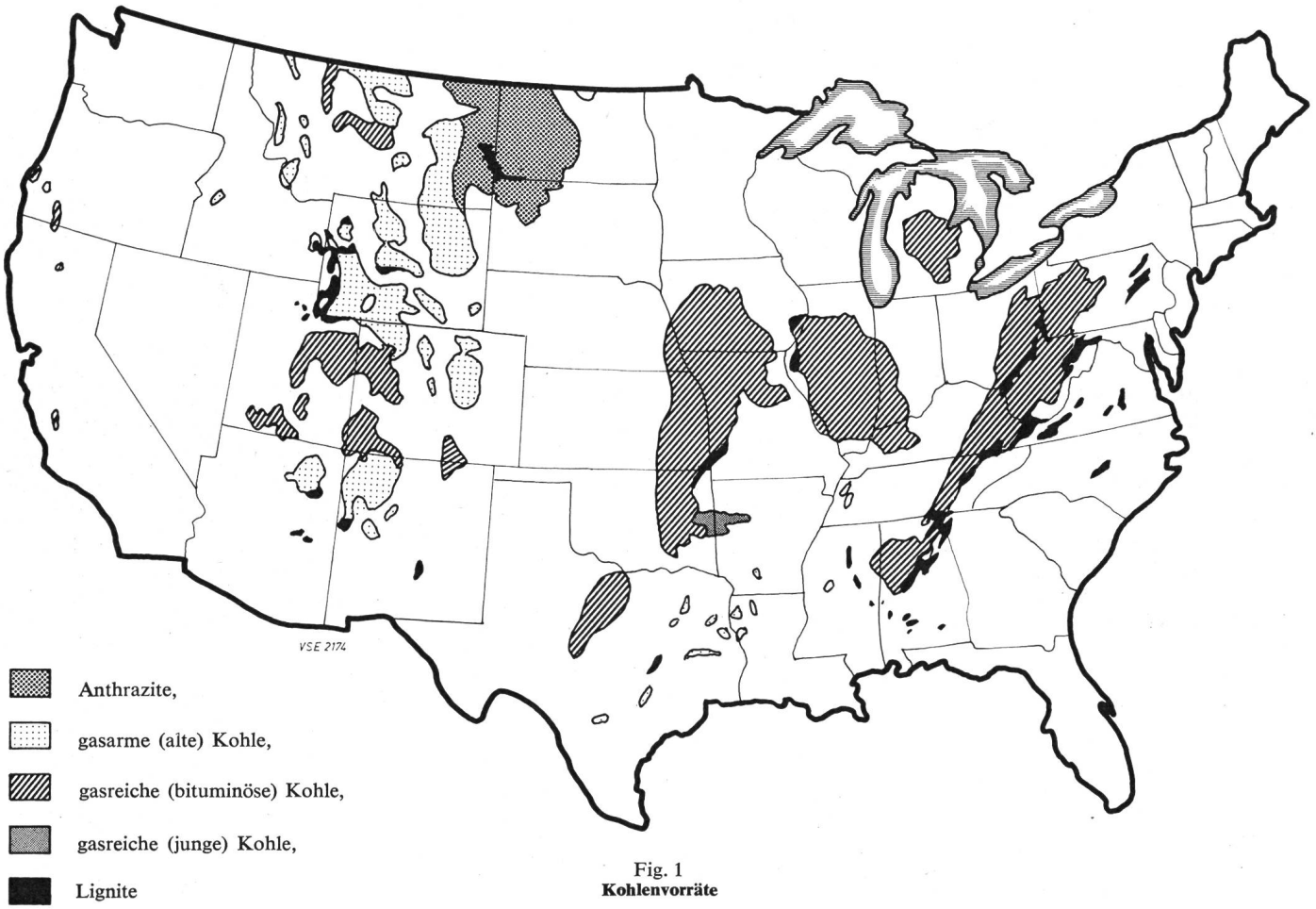


Fig. 1
**Kohlenvorräte**

vorräte an, welche näher erforscht werden müssen und in Zukunft zur Energieerzeugung herangezogen werden können; ihre Verwertung setzt nicht selten eine höher entwickelte Energietechnik voraus.

Man sieht aus den Zahlen der potentiellen Reserven, dass der ergiebigste fossile Brennstoff nicht Kohle, sondern Ölschiefer ist. Obwohl die Energiereserven des Ölschiefers diejenigen der Kohle übertreffen, ist die grosstechnische Verwertung des Schiefers noch nicht angefangen worden. Ölschiefer stellt möglicherweise den Brennstoff des kommenden Jahrhunderts dar; praktische Schritte zur Auswertung dieser reichlichen Energiequelle werden schon erprobt. Es ist zu bemerken, dass in einigen anderen Quellen [3] die Energiereserven des Ölschiefers erheblich geringer als die hier angeführten Zahlen angegeben werden, weil man da auf die niedrig konzentrierten Flötze verzichtet hat; doch sind auch dann die Energiereserven des Ölschiefers sehr beträchtlich.

Die territoriale Verteilung der Vorräte der drei zurzeit wichtigsten Brennstoffe — Kohle, Öl und Erdgas — ist in Fig. 1 und 2 angegeben [4, 5]. Die Kohlenvorkommen enthalten meistens hochwertige bituminöse Kohle. Eine Ausnahme bilden die ergiebigen Lagerstätten der Lignite an der kanadischen Grenze, welche bisher nur geringfügig zur Energieerzeugung herangezogen worden sind. Ihre Verwertung kann zukünftig in den rohstofforientierten Grosskraftwerken erfolgen.

Da die Uranvorkommen noch unvollständig erforscht sind und die Ansichten bezüglich ihrer wirtschaftlichen Abbauwürdigkeit auseinandergehen, werden in verschiedenen Untersuchungen sehr unterschiedliche Zahlen bezüglich der Uranvorräte angegeben. So sind von der Atomic Energy Commission die Energiereserven der praktisch auszubeutenten Kernenergieträger der USA geringer als in Tabelle I angegeben: Uran = 96 000 Q, Thorium = 152 000 Q; doch auch diese Zahlen übertreffen die Energiemengen der fossilen Brennstoffe ganz beträchtlich.

Angaben über den voraussehbaren Energiebedarf sind mit der gleichen Unsicherheit wie die Vorratsangaben behaftet. Die ungefähren Anhäufungswerte des Verbrauchs während der Zeitperiode 1960...2000 und ihr Vergleich mit den vorhandenen Energiereserven sind in Tabelle II angegeben [1, 2].

*Voraussehbarer Verbrauch, 1960...2000*

Tabelle II

| Energiequelle | Q | % in bezug auf die bestimmten Reserven | % in bezug auf die potentiellen Reserven |
|---|---|---|---|
| Kohle | 0,6 | 13 | 1 |
| Öl | 1,4 | 470 | 36 |
| Ölschiefer | | | ~ 0,1 |
| Ölsand | | | 2000 |
| Erdgas | 1,0 | 333 | 3,8...42 |
| Uran<br>Thorium | 0,2 | 67 | unbedeutend |

Der Bedarf an Kernenergieträgern ist in der Tabelle unter Zugrundelegung der bisher betriebenen thermischen Kernreaktoren bewertet worden; sie verwerten weniger als 1,0 % des Energievorrats des aufgewendeten Rohenergieträgers. Es wird aber erwartet, dass in 10...15 Jahren Brutreaktoren entwickelt werden, welche den Aufwand an Natururan und Thorium mehrfach herabsetzen werden, wodurch die Vorräte

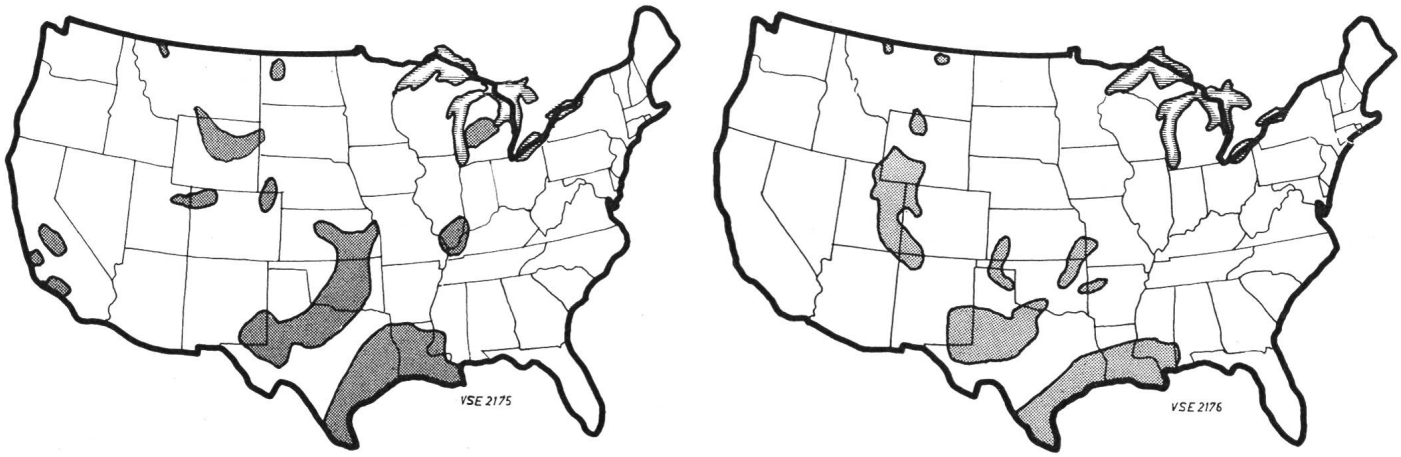


Fig. 2
**Öl- und Gasfelder**

a) Öl (Ölschiefer nicht gezeigt) b) Erdgas

an Spaltmaterialien für eine viel längere Zeit ausreichen werden. Diese Brutreaktoren werden voraussichtlich imstande sein, das Problem der Energieträger in der elektrischen Energieversorgung für mehrere Jahrhunderte oder eine noch erheblich längere Zeitspanne zu lösen. Man kann erwarten, dass zu diesem Zeitpunkt die Energieerzeugung aus Wasserstoffisotopen mittels der thermonuklearen Verschmelzungsreaktionen schon technisch verwirklicht sein wird.

Der gesamte Energiebedarf der USA nimmt jährlich um 2,5...3,0 % zu. Er betrug 1960 rund $4{,}5 \cdot 10^{16}$ BTU ($2{,}5 \cdot 10^{8}$ BTU je Einwohner) und wird bis 2000 voraussichtlich auf $13{,}5 \cdot 10^{16}$ BTU = 0,135 Q ($40 \cdot 10^{8}$ BTU je Einwohner) ansteigen. Die Deckung dieses Energiebedarfs mittels der zurzeit verwertbaren Energiequellen wird keine technischen Schwierigkeiten bereiten, wobei nur Öl und Gas eine Ausnahme darstellen. Zur Ölgewinnung werden zu dieser Zeit voraussichtlich die Ölschiefervorräte eingesetzt werden.

Der Bedarf an *elektrischer Energie* nimmt jährlich um 6,5...7,5 % zu, weshalb der Anteil der elektrischen Energie in der gesamten Energiebilanz sich beständig vergrössert (Fig. 3) [4].

Die Jahresarbeit der amerikanischen Kraftwerke beträgt heute rund 1200 TWh. Über die voraussichtliche Zunahme des Elektrizitätsbedarfs sind zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden; die Streuungsgrenzen dieser Schätzungen sind in Tabelle III angeführt [1]. Obgleich die Voraussagen einzelner Untersuchungen sich erheblich unterscheiden, wird doch im allgemeinen angenommen, dass bis zum Ende des Jahrhunderts der Elektrizitätsverbrauch 5...8 mal zunehmen wird; der Anteil der elektrischen Energie wird zu dieser Zeit 35...45% betragen. Die Zunahme des elektrischen Energieverbrauchs soll durch den Einsatz grosser Kernkraftanlagen gefördert werden.

*Voraussagungen der Elektrizitätserzeugung.*

Tabelle III

| | 1980 | 2000 |
|---|---|---|
| Jahresarbeit der Kraftwerke, TWh | 2300...3300 | 4800...10 000 |
| Anteil der elektrischen Energie, in % | 26...30 | 28...47 |
| Bevölkerungszahl, $10^6$ | 245...260 | 300...340 |
| Jahresarbeit je Einwohner, kWh | 9100...12 700 | 14 000...29 000 |

Die Aufteilung der Elektrizitätsproduktion auf verschiedene Energiequellen ist der Tabelle IV zu entnehmen.

*Energiequellen der Elektrizitätswerke (%)*

Tabelle IV

| | 1975 | 1980 | 2000 |
|---|---|---|---|
| Wasserenergie | 12...13 | 10...12 | 4...6 |
| Fossile Brennstoffe | 80...82 | 70...80 | 40...46 |
| Kernenergie | 5...8 | 10...18 | 50...54 |

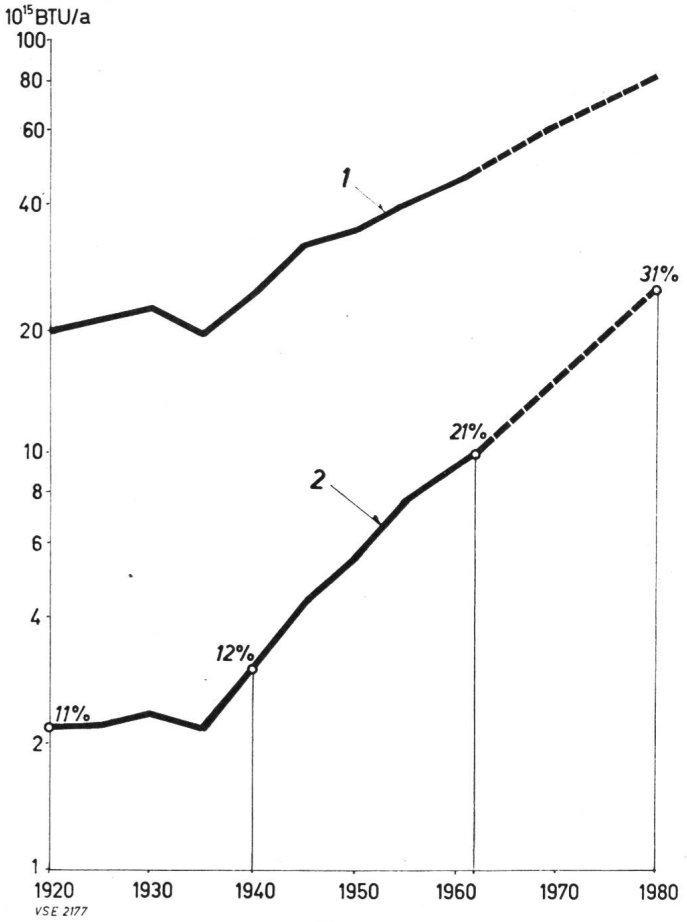


Fig. 3
**Primärenergiebedarf**
[$10^{15}$ BTU = $25 \cdot 10^{4}$ Tcal]

1 Gesamtbedarf
2 Bedarf der Elektrizitätsversorgung
% Anteil des Kraftwerksbedarfs

Die fossilen Brennstoffe, vorwiegend Kohle, werden bis 1980...85 die wichtigsten Rohenergieträger der Elektrizitätswerke sein. Danach wird der Anteil der Kernenergie so rasch ansteigen, dass am Ende des Jahrhunderts die Kernkraftwerke in den Vordergrund treten werden. Nach einigen neueren Schätzungen wird die Entwicklung der Kernkraft-Anlagen sogar noch schneller vor sich gehen, so dass um 1980 bereits 25...30 % der elektrischen Energie mittels Kernenergie erzeugt werden wird.

Obgleich die Rolle der Wasserkraftwerke in der elektrischen Energiebilanz ständig zurückgeht, werden doch Wasserkraftanlagen in der Leistungsbilanz der Verbundsysteme wie auch als Mehrzweckanlagen fortwährend eine wichtige Rolle spielen.

Die Gegenüberstellung der vorhandenen Rohenergievorräte mit dem voraussichtlichen Energiebedarf führt zu einigen Folgerungen:

1. Die wichtigsten Energiequellen der elektrischen Energiewirtschaft — Kohle und Kernenergie — sind so ergiebig, dass jede Quelle imstande ist, die Energiebedürfnisse bis 2000 allein zu erfüllen.

2. Am schnellsten werden die Reserven an Öl und Erdgas erschöpft sein, weshalb sie für den Kraftwerksbetrieb nur von geringer Bedeutung sein können. Die weitaus ergiebigste Quelle der flüssigen Brennstoffe — Ölschiefer — wird vorläufig nicht verwertet. Er kann in Zukunft zum Ausgangsstoff der Ölerzeugung werden; es ist aber zu bezweifeln, ob er im Kraftwerksbetrieb einen wichtigen Platz einnehmen wird, weil zu diesem Zeitpunkt elektrische Energie vorwiegend von Kernenergieanlagen geliefert werden wird.

Zur besseren Verwertung der Rohenergiequellen werden verschiedene technische Massnahmen erwogen. So plant man, z. B. Kohle vor der Verbrennung zu entgasen, wodurch die Energieerzeugung mit der chemischen Industrie kombiniert werden wird. Da der thermische Wirkungsgrad der Dampfkraftwerke 40 % nicht übersteigt und hier nur noch geringe technische Verbesserungsmöglichkeiten vorhanden sind, werden Versuche mit Apparaten der direkten Energieumwandlung durchgeführt; man hofft den Wirkungsgrad der Energieausnutzung dadurch auf 50...60 % bringen zu können. Es ist aber zu früh, um bestimmte Voraussagen über die Rolle dieser Anlagen in der Energieversorgung der kommenden Jahrzehnte machen zu können.

## 2. Brennstoffkraftwerke

Für den Kraftwerksbetrieb sind in den USA verschiedene Brennstoffe — Steinkohle und Lignite, Erdgas und Öl — verfügbar. Die Brennstoffauswahl wird auf jedem Gebiet durch den wirtschaftlichen Wettbewerb zwischen den einzelnen Energieträgern bestimmt. Die Energieausbeute mittels verschiedener Rohenergiequellen ist in Tabelle V angegeben. Man sieht, dass Brennstoffe die zurzeit weitaus wichtigste Energiequelle der amerikanischen Kraftwerke sind. Obwohl ihre Bedeutung im letzten Viertel des Jahrhunderts sich merkbar vermindern wird, werden doch die fossilen Brennstoffe bis zum Ende des Jahrhunderts noch eine wichtige Stelle in der Rohenergiebilanz der elektrischen Energieversorgung behalten. Danach wird die dominierende Rolle von der Kernenergie übernommen werden.

*Energiequellen der Kraftwerke*

Tabelle V

| Energiequelle | 1963 TWh | 1963 % | 1980 TWh | 1980 % |
|---|---|---|---|---|
| Brennstoffe: | | | | |
| Kohle | 494 | 54 | 1264 | 47 |
| Erdgas | 201 | 21 | 458 | 17 |
| Öl | 50 | 6 | 107 | 4 |
| Kernenergie | 3 | ~ 0,1 | 514 | 19 |
| Wasserkraft | 166 | 19 | 340 | 13 |
| Insgesamt | 914 | 100 | 2683 | 100 |

Bei den Voraussagen bezüglich Kernenergie ist zu bemerken, dass die Errichtung von Kernkraftwerken letzthin viel schneller vor sich geht, als noch vor ein paar Jahren angenommen wurde. Deshalb wird in den neuesten Angaben der Anteil der Kernenergie gegenüber den früheren Schätzungen erhöht. Da die ausbauwürdigen Wasserkräfte nach 10...15 Jahren schon vollständig erschlossen sein werden, wird der weitere Wettbewerb zwischen den fossilen Brennstoffen und der Kernenergie erfolgen. Der voraussichtliche Bedarf an diesen Energieträgern in den Kraftwerken ist in Tabelle VI enthalten [6].

*Der Kraftwerksbedarf an Rohenergieträgern (in SKE)*

Tabelle VI

| Rohenergie | 1966 Mt [1]) | 1966 % | 1975 Mt | 1975 % | 1980 Mt | 1980 % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kernenergie | 2,4 | 0,6 | 135 | 17 | 292 | 28 |
| Kohle | 266,4 | 64,6 | 450 | 58 | 550 | 52 |
| Öl | 34,4 | 8,4 | 37 | 5 | 27 | 3 |
| Gas | 109,1 | 26,4 | 160 | 20 | 181 | 17 |
| | 412,3 | 100,0 | 782 | 100 | 1050 | 100 |

[1]) 1 Mt = $10^6$ t

Der Bedarf an Energieträgern für den Kraftwerksbetrieb wird während der Zeitperiode 1966...80 also schätzungsweise um 150 % zunehmen, dem ein jährlicher Zuwachs von 7...8 % entspricht.

*Kohlenkraftwerke.* Die Mehrzahl der Kraftwerke verwertet Steinkohle, weil die Kohlenvorräte die ergiebigste konventionelle Energiequelle darstellen. Auch kostenmässig weisen sie in weiten Gebieten Vorzüge gegenüber Gas und Öl auf. Kohlenpreise sind durch die Mechanisierung des Abbaus und des Transports erheblich gesenkt worden, wobei in dieser Richtung noch weitere Erfolge erwartet werden.

Obgleich der Anteil der Kohle in der elektrischen Energieversorgung von 64 % 1966 schätzungsweise bis 52 % 1980 zurückgehen wird, wird doch der absolute Kohlenbedarf jährlich um rund 20 Mt zunehmen, so dass der Kohlenbedarf der Kraftwerke von 270 Mt 1966 bis auf 550 Mt 1980 anwachsen kann. Ungefähr die Hälfte der neuen Kraftaggregate wird für die Kohlenkraftwerke bestellt, weshalb man schätzt, dass noch 1980 die Kohle alle übrigen Energiequellen übertreffen wird. Dies wird durch die sinkenden Kosten der Kohle begünstigt. Von den niedrigeren Kohlenpreisen werden besonders die neu zu erstellenden Grosskraftwerke Vorteile für sich ziehen, wobei bedeutende Ersparnisse bei der Heranschaffung des Brennstoffs zu erwarten sind. Dies wird durch Einführung besonderer Pendelzüge oder auch durch Errichtung von Kraftwerken unmittel-

bar an den Kohlenlagerstätten erzielt. Eine gewisse Unsicherheit bezüglich des zukünftigen Kohlenbedarfs wird nur durch die Erschliessung der Kernenergie hervorgerufen, weil es schwer festzustellen ist, wie schnell der Einsatz von grossen Kernkraftwerken erfolgen wird. Die allgemeine Ansicht ist aber, dass der Kohlenverbrauch während der kommenden 15...20 Jahre noch zunehmen wird [7].

Nach dem Kriege hat die Kohlenindustrie mehrere Absatzsektoren — den Transport, die Raumheizung u. a. — an Öl und Gas abgetreten. Dies hat zum Rückgang der Kohlenproduktion geführt, wobei der bequeme Transport des Öls und Gases mittels Rohrleitungen eine Krise im Kohlenbergbau verursacht hat. Die *Elektrizitätswirtschaft* ist nun der wichtigste Kohlenverbraucher geworden. Sie verbraucht rund 50 % der gesamten Kohlenförderung, wobei man schätzt, dass um 1980 ihr Anteil am Kohlenverbrauch sogar 70...75 % betragen wird. Diese Entwicklung ist auf mehrere Umstände zurückzuführen:

a) in weiten Gebieten der USA ist Kohle der billigste Brennstoff, wobei ihre reichlichen Vorräte eine sichere Brennstoffgrundlage für die grossen Kraftwerke gewährleisten;

b) Kraftwerke mit besonders ausgelegten Feuerungsanlagen können Kohle verschiedener Qualität (auch Lignite) erfolgreich verfeuern;

c) der Ausbau von Hochspannungsnetzen ermöglicht es, Kraftwerke in der Nähe der Kohlengewinnung zu errichten, wodurch die Transportkosten wesentlich herabgesetzt werden;

d) da Kohle aus manchen Anwendungsgebieten von Gas und Öl verdrängt wird, bemühen sich der Kohlenbergbau und die Transportunternehmen, den Kohlenabsatz für die Elektrizitätserzeugung zu steigern;

e) Kraftwerke bedürfen sehr grosser Brennstoffmengen, wodurch feste Verträge mit den Kohlenversorgern abgeschlossen und alle Vorgänge mechanisiert werden können; dies vermindert die Kohlenkosten am Verbrauchsort.

Durch Mechanisierung des Abbaus werden die Gewinnungskosten der Kohle, trotz einer ständigen Steigerung der Arbeitslöhne, herabgesetzt. Eine beträchtliche Kostensenkung an den Verbrauchsstellen kann aber von hohen Transportkosten verhindert werden. Daher werden grosse Bemühungen auf die Verminderung der Transportausgaben gerichtet. Kohle wird an die Kraftwerke vorwiegend auf Schienenwegen herangeschafft. Letzthin ist der Transport teilweise auf Wasserwege verlagert worden. Es ist noch eine neue Art des Transports — die Beförderung des Kohlenschlamms mittels Rohrleitungen — hinzugekommen. Eine 160 km lange Rohrleitung hat im sechsjährigen Betrieb die Tauglichkeit dieser Transportart bewiesen. Obwohl diese Leitung infolge der gesenkten Eisenbahntarife jetzt stillgelegt worden ist, hat sie doch zur Senkung der Transportkosten viel beigetragen. Eine neue Rohrleitung zur Heranschaffung von Kohle über die Entfernung von 440 km an ein 1,5 GW-Wärmekraftwerk wird zurzeit im Südwesten geplant; sie soll in 35 Jahren rund 120 Mt Kohle herbeischaffen.

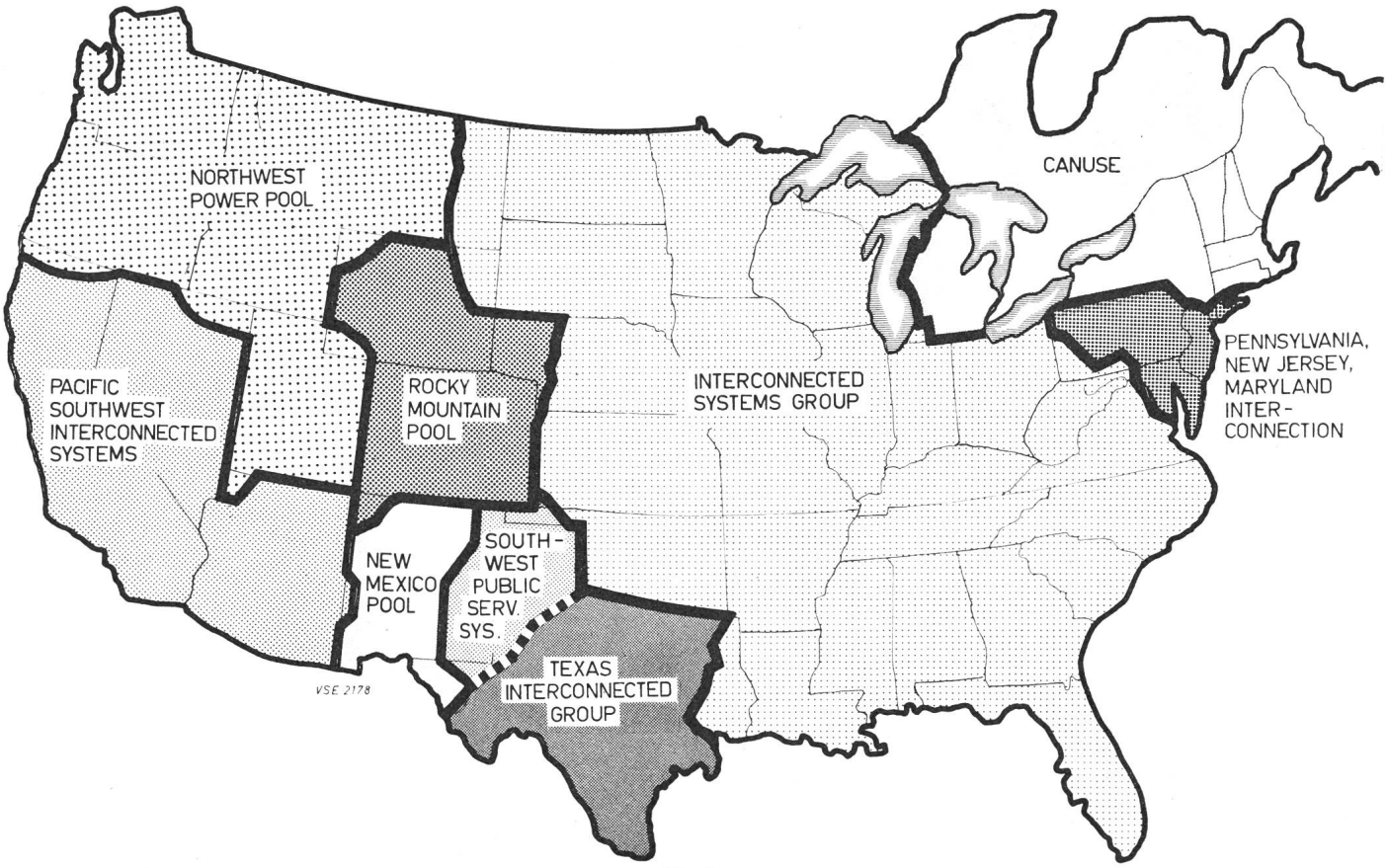


Fig. 4
**Netzverbunde**
Das nordöstliche Verbundnetz (Canuse) umfasst auch grosse Gebiete Kanadas

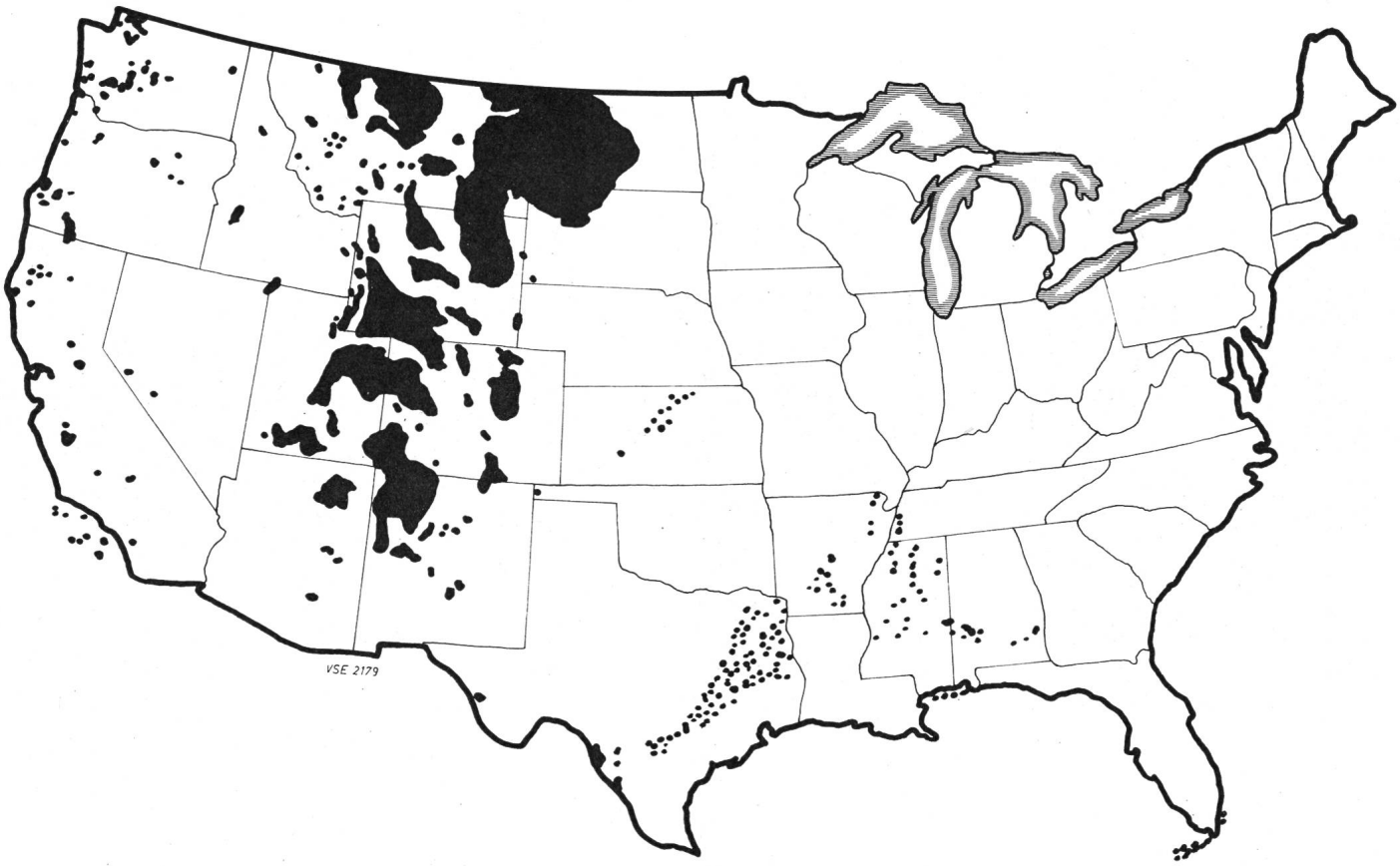


Fig. 5
**Die Lagerstätten der Lignite und der ballastreichen Steinkohle**

Bezüglich der Kohlenbeschaffung verteilt sich die bestellte und die für die Zeitperiode bis 1972 geplante Leistung wie folgt:

| | | |
|---|---|---|
| Schienenwege | 68 Mt/Jahr oder | 43 % |
| Wasserwege | 28 Mt/Jahr oder | 18 % |
| Kraftwerke an Kohlenfeldern | 60 Mt/Jahr oder | 39 % |
| Insgesamt | 156 Mt/Jahr oder | 100 % |

Der ständig zunehmenden Kohlenmengen wegen wird besondere Beachtung den Behandlungsoperationen — dem Laden und Entladen der Kohlenzüge, der Brennstoffbehandlung in Lagern u. a. gewidmet. In einigen Gebieten stellen sich die Kraftwerke von Gas und Öl auf Kohle um, weil sie von den niedrigen Transportkosten profitieren wollen, welche von der Eisenbahn nach Einführung besonderer Pendelzüge (integrated trains) angeboten werden. Die Anwendung der Pendelzüge mit Einrichtungen für automatische Behandlung grosser Kohlenmengen hat die Transportkosten um ca. 50 % gesenkt. Einige Elektrizitätswerke betreiben ihre eigenen Kohlenzüge oder nehmen sogar die Kohlengewinnung in ihre Hand. Infolge der langfristigen Lieferverträge mit den Elektrizitätswerken haben auch die Kohlengesellschaften mehrere neue Zechen eröffnet.

Die Verfeuerung der Kohle in standortgebundenen Kraftwerken, unmittelbar an den Kohlenlagerstätten, wurde in den USA bisher ziemlich selten vorgenommen. Die Kraftwerke nutzten meistens hochwertige, für den Transport geeignete Kohle aus, und da leistungsfähige Fernnetze nicht in genügendem Umfang gebaut worden waren, wurden die Kraftwerke meistens in der Nähe der Energieverbrauchszentren erstellt. In der letzten Zeit werden die regionalen Netze einzelner Elektrizitätswerke mit Hochspannungsleitungen allmählich zu grossen Verbundnetzen zusammengeschlossen (Fig. 4) [8]. Dies ermöglicht es, Dampfkraftwerke an Kohlengewinnungsorten zu errichten. Diese Tendenz wird durch die beständige Leistungserhöhung der Kraftwerke begünstigt, weil die Mengen des benötigten Brennstoffs sich erheblich vergrössern; grosse Kraftwerke verbrauchen jährlich mehr als 6 Mt Kohle. Zur Lagerung der Kraftwerke an Kohlenfeldern tragen auch die guten Erfahrungen mit Kühltürmen bei. Kühltürme wurden im amerikanischen Kraftwerksbau bis vor kurzem nur selten angewandt, weil es genügend Baustellen mit günstigen Kühlwasserverhältnissen gab. Da Grosskraftwerke enorme Mengen an Kühlwasser benötigen, muss man aber mehr und mehr auf geschlossene Kühlwassersysteme — mit Kühltürmen oder Kühlbecken — übergehen. Dies gibt mehr Freiheit in der Auswahl des Kraftwerkstandorts und ermöglicht es, Kraftwerke an den Kohlenlagerstätten zu erstellen.

Im Jahre 1965 betrug die Leistung der Kraftwerke an Kohlenfeldern nur 7,5 GW. Seitdem wurden mehrere Grosskraftwerke mit Leistungen von 1,5...4,0 GW an Kohlenvorkommen errichtet. In den kommenden Jahren wird sich der Anteil der Kraftwerke an Kohlenfeldern wesentlich vergrössern. Die Federal Power Commission schätzt, dass mehr als 25 % der bis 1980 neu zu erstellenden Leistung der Brennstoffkraftwerke an Kohlenlagerstätten untergebracht werden. Dies wird die Struktur der Energiequellen, besonders im Westen, an der Pazifikküste, verändern, wo die über Hochspannungsleitungen vom Rocky-Gebirge zugeführte Kohlenenergie Öl und Gas als Kraftwerksbrennstoffe ersetzen wird. So werden in Kalifornien die Kohlenkraft-

werke Energie über 345 und 500 kV-Fernleitungen an das Los Angeles-Gebiet abgeben, wo bisher Gas als Kraftwerksrohenergiequelle herrschte. Man schätzt, dass um 1980 die Kraftwerke der westlichen Gebiete jährlich 75...100 Mt Kohle verbrauchen werden, wogegen 1963 der Kraftwerksverbrauch hier nur 5...6 Mt betrug. Aber gegen Ende des Jahrhunderts wird hier der Brennstoff von der Kernenergie allmählich abgelöst werden (Fig. 6) [4].

Der Ausbau von Fernübertragungen ermöglicht es, die ergiebigen Vorräte der Lignite, welche südlich der kanadischen Grenze liegen, wie auch die ballastreichen Steinkohlen der westlichen, spärlich besiedelten Gebirgsgebiete (Fig. 5) zur Elektrizitätserzeugung heranzuziehen.

*Gas- und Ölkraftwerke.* Der zweitwichtigste Brennstoff der amerikanischen Kraftwerke ist Erdgas. Die Vorteile des Gases sind: bequeme Heranschaffung mittels Rohrleitungen, billige Feuerungsanlagen, geringe Luftverschmutzung, keine Probleme der Aschenbeseitigung; diese Umstände erlauben es, Gas-Kraftwerke in dicht besiedelten Verbrauchszentren zu errichten. Da aber Gas ein wichtiger Brennstoff anderer Energiesektoren — der Industrie, der Raumheizung u. a. — ist, soll die Verbrennung dieses wertvollen Energieträgers in Kraftwerken beschränkt werden.

Man schätzt, dass der Gasverbrauch der Kraftwerke von 109 Mt SKE 1966 bis auf 180 Mt 1980 ansteigen wird. Während die Kraftwerke im Südwesten von den örtlichen Gasfeldern mit Brennstoff versorgt werden, erwägt man im Nordwesten den Gasimport aus Kanada. Da in den übrigen Gebieten der Kraftwerksverbrauch des kommenden Jahrzehnts voraussichtlich etwas zurückgehen wird, rechnet man, dass der Anteil des Gases in der Zeitspanne 1966...75 von 26 % bis 20 % sinken wird. Aufträge für neue gasgefeuerte Kraftwerke werden vorwiegend in den gaserzeugenden Gebieten des Südwestens erteilt. Obgleich die Gaspreise zunehmen, stellt doch Gas hier noch den billigsten und bequemsten Brennstoff dar. Im Südwesten wird Gas seinen führenden Platz noch mehrere Jahre behalten und voraussichtlich noch 1980 rund 80 % der Rohenergie für Kraftwerke bereitstellen.

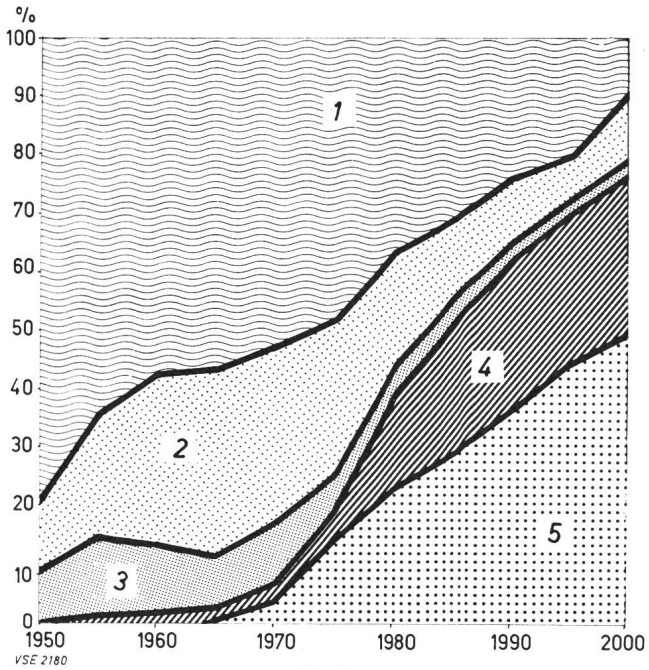


Fig. 6
**Energiequellen der Kraftwerke westlicher US-Gebiete**
1 Wasserenergie 4 Kohle
2 Gas 5 Kernenergie
3 Öl

Öl kommt vorwiegend in den Küstengebieten in Frage, wo es an örtlichen Brennstoffen fehlt und Öl über Wasserwege günstig herbeigeschafft werden kann. Der Anteil des Öls in der Rohenergiebilanz der Elektrizitätswerke wird während der nächsten Jahrzehnte ebenfalls zurückgehen; der Ölverbrauch wird voraussichtlich von 34 Mt SKE 1960 bis 27 Mt 1980 fallen, wonach der Anteil des Öls bloss 3 % betragen wird. Dies ist damit zu erklären, dass die Ölreserven beschränkt sind und die verfügbaren Ölmengen von anderen Wirtschaftszweigen abgenommen werden.

Bei der Erstellung neuer Kraftwerke werden in den nächsten Jahren die fossilen Brennstoffe mit der Kernenergie in scharfem Wettbewerb stehen. Das Endergebnis dieses Wettbewerbs wird in grossem Masse vom Standort des Kraftwerks beeinflusst sein. In Kohlengebieten werden Kohlenkraftwerke noch ihren Platz behaupten, doch werden die Kernkraftwerke auch in diese Gebiete allmählich hineindringen. Ein Beispiel hierfür ist der Entschluss des bundesstaatlichen Unternehmens TVA, zwei Kernkraftwerke für je 2,2 GW inmitten des Kohlengebiets zu erstellen. Es ist aber merkwürdig, dass ein anderes Grosskraftwerk von demselben Unternehmen mit Kohlenfeuerung bestellt worden ist. Vorläufig werden also sowohl neue Brennstoff- als auch Kernkraftwerke errichtet, wobei die Auswahl von der örtlichen Situation der Energiequellen bedingt wird. Man erwartet, dass die Wettbewerbsfähigkeit der Brennstoff-Kraftwerke durch eine allmähliche Senkung der Brennstoffpreise begünstigt werden wird, weil die Preise der Kraftwerksbrennstoffe in der Zeitperiode 1970...80 von 0,70...1,50 voraussichtlich bis auf 0,60...1,00 $/Gcal zurückgehen werden. Diese Verbilligung wird durch drei Umstände verursacht werden:

a) die Erstellung der Kraftwerke an Kohlenfeldern;

b) die weitere Rationalisierung der Gewinnung und des Transports von Brennstoffen;

c) die Erhöhung der Kraftwerksleistung auf 3,0...4,0 GW, wodurch sehr grosse Brennstoffmengen an einem Ort auf eine lange Zeitdauer abgenommen werden können.

Die erwähnten Massnahmen sollen die Kohlenkosten am Verbrauchsort um rund 25 % herabsetzen. Forderungen bezüglich der Reinhaltung der Luft können allerdings in dicht besiedelten Regionen die Auswahl anderer Brennstoffe — Gas, Öl oder Kernenergie — rechtfertigen. Auch liegen die Baukosten der Kraftwerke bei der Verwertung der Kohle höher; dies bezieht sich auf die Lagerung, Aufbereitung und Verbrennung des Brennstoffs wie auch auf die Aschenbeseitigung und Rauchgasreinigung. Bei den immer grösseren Leistungen der Kraftwerke spielen die erwähnten Faktoren eine stetig zunehmende Rolle. Die neu zu errichtenden Kohlenkraftwerke werden deshalb vorwiegend rohstofforientiert sein, wogegen die Gas- und Ölkraftwerke auch in Zukunft verbrauchsorientiert verbleiben werden.

Fortsetzung in der nächsten Nummer

**Adresse des Autors:**
*A. Kroms,* Dipl. Ing., 30, Rockland Avenue, Malden, Mass. 02148, USA.