Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 56 (1965)

Heft: 12

Artikel: Entwicklungsrichtungen der Elektrizitätsversorgung in den USA [Fortsetzung]

Autor: Kroms, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916376

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: 15.07.2025

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

Entwicklungsrichtungen der Elektrizitätsversorgung in den USA

Von *A. Kroms,* Boston (USA)

(Fortsetzung aus Nr. 11, Seite 441)

Die Hochspannungsverbindungen sollen in den USA vorwiegend zum Lastausgleich und nur in geringem Masse zum Ferntransport von grossen Energiemengen dienen; da die Energiequellen ziemlich gleichmässig über das Staatsterritorium verteilt sind. Die Fernverbindungen verbessern die Elastizität der Energieversorgung, indem sie die Last- und Leistungsunterschiede ausgleichen; dadurch tragen sie zur Verbesserung der Leistungsbilanz der Energiesysteme bei. In grossen, zusammengeschlossenen Verbundsystemen reicht eine Reserve von $\leq$ 15 % sogar dann aus, wenn die Einheitsleistungen der Aggregate 1,0...1,5 GW erreichen. Infolge der jahreszeitlichen Lastunterschiede sind die Leistungsflüsse über die Fernleitungen für das Jahr 1980 in einer Grössenordnung von $\geq$ 3 GW angegeben (Fig. 5); von ungefähr gleicher Grösse sollen die Ersparnisse an Kraftwerksleistung sein, welche sich durch die Dehnung der Tagesspitzen in zusammengeschlossenen Netzen ergeben.

Die FPC rechnet, dass eine koordinierte Planung der Kraftwerke und Netze im Jahre 1980 eine jährliche Ersparnis an Energiekosten von 11 Mia $ gegenüber heute ergeben könnte. Daher sollen die örtlichen Systeme erweitert und mit anderen Systemen verbunden werden, so dass bis 1980 zwei Großsysteme — eines östlich und ein anderes westlich der Rocky Mountains — entstehen. Bald danach könnten Ost-West-Fernverbindungen errichtet werden, wodurch ein Verbundsystem entstünde, welches das ganze Territorium der USA überspannen würde. Das Hochspannungsgitter soll aus Linien mehrerer Spannungsebenen — 345, 500 und 700 kV Wechselspannung, oder ± 500...750 kV Gleichspannung — bestehen, wobei die zwecksmässigste Spannungsebene in jedem Falle, je nach den zu übertragenden Leistungen und Entfernungen auszuwählen ist (Fig. 6). Man schätzt, dass die Verbindungsleitungen eine Leistungsfähigkeit von rd. 20 % der gesamten Kraftwerksleistung aufweisen müssen. Für die

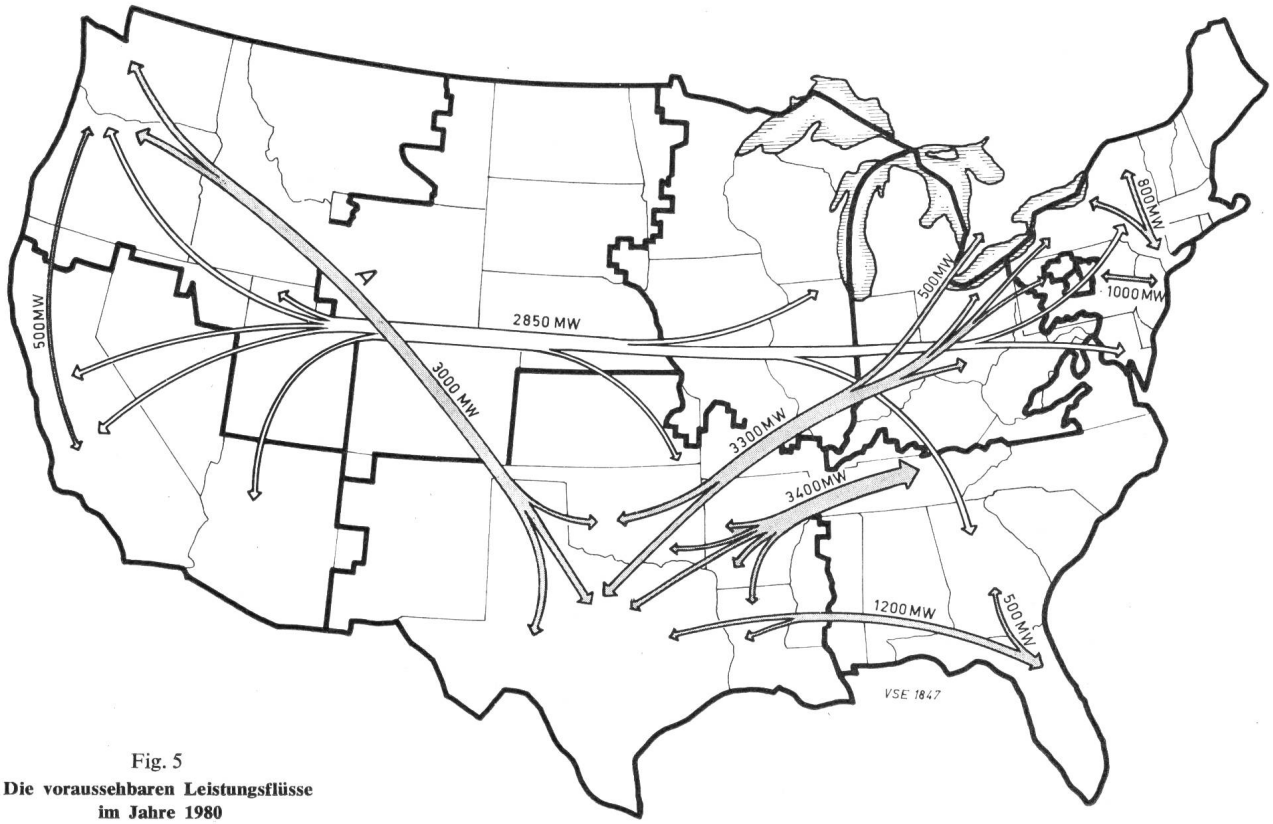

Fig. 5
Die voraussehbaren Leistungsflüsse im Jahre 1980

⟺ zum Ausgleich der saisonellen Lastunterschiede;
⟺ zum Ausgleich der täglichen Lastunterschiede zwischen den verschiedenen Zeitzonen

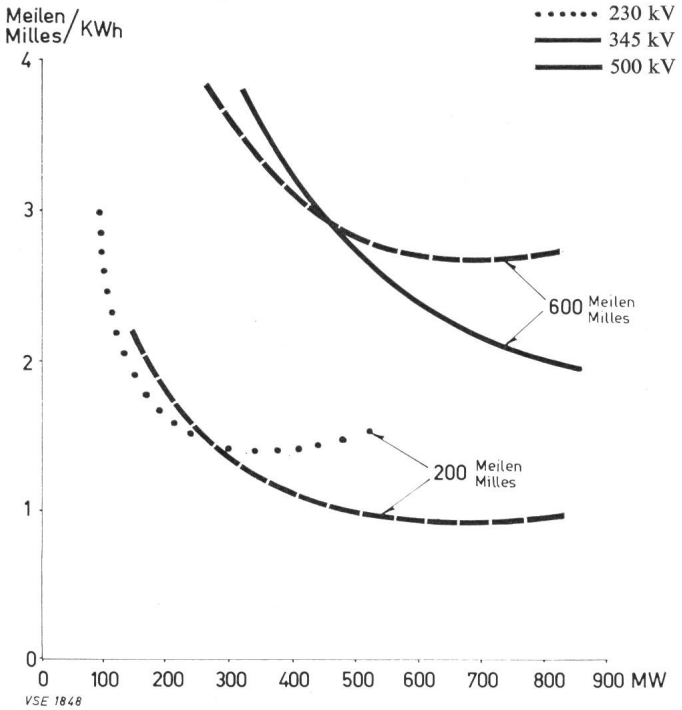

Fig. 6

Die Kosten der Energieübertragung

Lastfaktor 0,70 feste Kosten 10,5 %

Die Kosten der Schaltanlagen und Energieverluste sind eingeschlossen

Übertragung grosser Leistungen auf Entfernungen ≥ 2000 km wird voraussichtlich der Hochspannungs-Gleichstrom die technisch und wirtschaftlich günstigste Lösung bieten.

4. Der Kraftwerksbau

Die Jahresarbeit aller Kraftwerke in den USA betrug 1964 rd. 1100 TWh, wovon 990 TWh auf öffentliche Kraftwerke entfielen. Man schätzt, dass die Energieausbeute 1980 ca. 2800 TWh erreichen wird, wozu eine installierte Kraftwerksleistung von ~ 530 GW verfügbar sein muss. Die Leistungsstruktur der Kraftwerke und die voraussehbaren Strukturveränderungen während der Zeitperiode 1964...80 sind in Tabelle II und Fig. 7 angegeben.

Die Leistungsstruktur der Kraftwerke

Tabelle II

Kraftwerksart	1964 GW	1964 %	1980 GW	1980 %	Zunahme 1964...80 %
Brennstoff-Dampfkraftwerke	165,7	79	351,6	67,3	112
Wasserkraftwerke	40,1	19	94,8 [2]	18,1	136
Kernkraftwerke	0,7	2	69,7	13,3	986
Andere Kraftwerksarten [1])	3,2		6,9	1,3	116
Insgesamt	209,8	100	523,0	100	149

[1]) Gasturbinen-, Diesel-, Geothermische u. a. Anlagen.
[2]) Einschliesslich 19 GW der Pumpspeicherwerke.

Der weitaus wichtigste Kraftwerkstyp wird auch noch in 15 Jahren das brennstoffbefeuerte Dampfkraftwerk sein. Danach wird voraussichtlich die Rolle der Kernkraftwerke rasch zunehmen [3]. Die Einheitsleistungen der thermischen Aggregate haben während der letzten 10 Jahre stark zugenommen (Fig. 8). Dieser Prozess wird voraussichtlich in den kommenden Jahren fortgesetzt und es wird geschätzt, dass

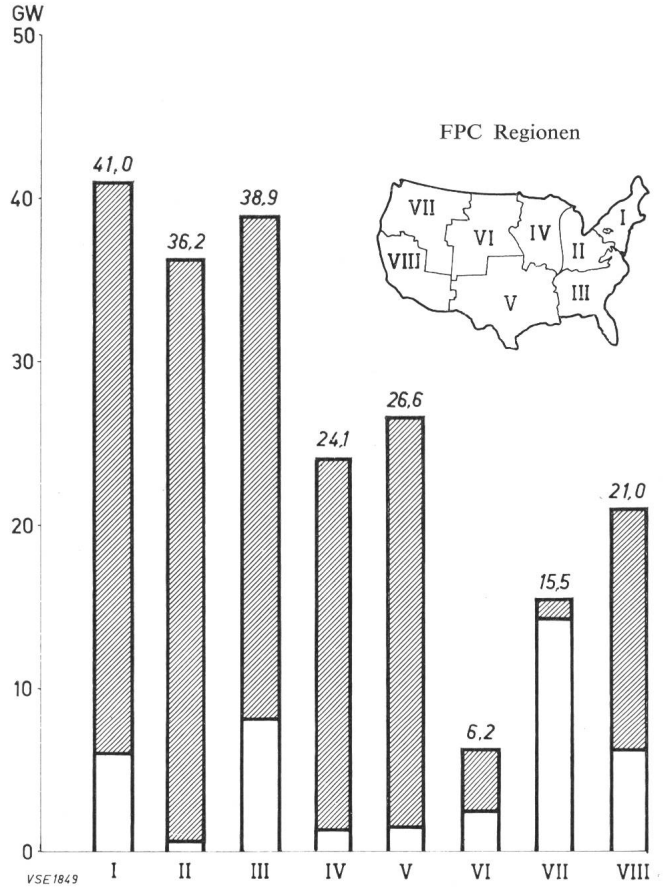

Fig. 7

Die thermische und hydraulische Leistung der öffentlichen Kraftwerke je nach Gebieten (Januar 1964)

Die grösste hydraulische Leistung im Abflussgebiet des Kolumbia-Flusses

thermische Leistung
hydraulische Leistung

1980 mehr als 50 % der Dampfkraftleistung sich in Aggregaten mit Einheitsleistungen ≥ 600 MW befinden werden (Tabelle III).

Die neue thermische Leistung wird nach 1966 meist in Aggregaten mit ≥ 800 MW untergebracht werden, wobei

Leistungsgruppen der Dampfkraftaggregate (1980)

Tabelle III

Einheitsleistung, MW Bereich	Durchschnittsleistung	Gesamtleistung GW	Anhäufung, %
0...199	67	104	29,3
200...399	258	51	43,7
400...599	453	15	48,1
600...799	603	25	55,0
800...1000	903	89	80,2
1200	1200	43	92,4
1500	1500	27	100,0
Insgesamt		354	

die Leistungsgrenze der Maschinensätze bei ca. 1,5 GW liegen wird. Die Leistung der Kernenergie-Aggregate wird von den Wärmeleistungen der Kernreaktoren begrenzt; auch hier sollen Werte von 1,2 GW je Maschinensatz erreicht werden.

Die Leistungen der neu zu erstellenden Aggregate und Kraftwerke müssen im Hinblick auf die voraussehbaren Betriebsverhältnisse während ihrer ganzen Lebensdauer, d. h. für die nächsten 15...20 Jahre, ausgewählt werden. Wenn man bei der Planung der Kraftanlagen die zu erwartende

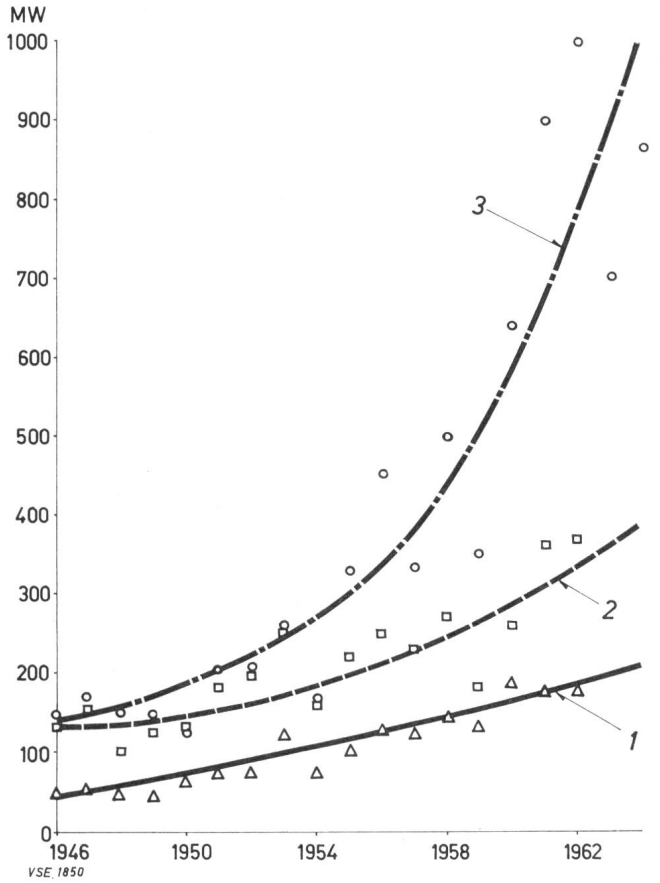

Fig. 8

Einheitsleistungen der Dampfturboaggregate

1 die Mittelwerte; *2* die grössten Einwellen-Aggregate; *3* die grössten Zweiwellen-Aggregate

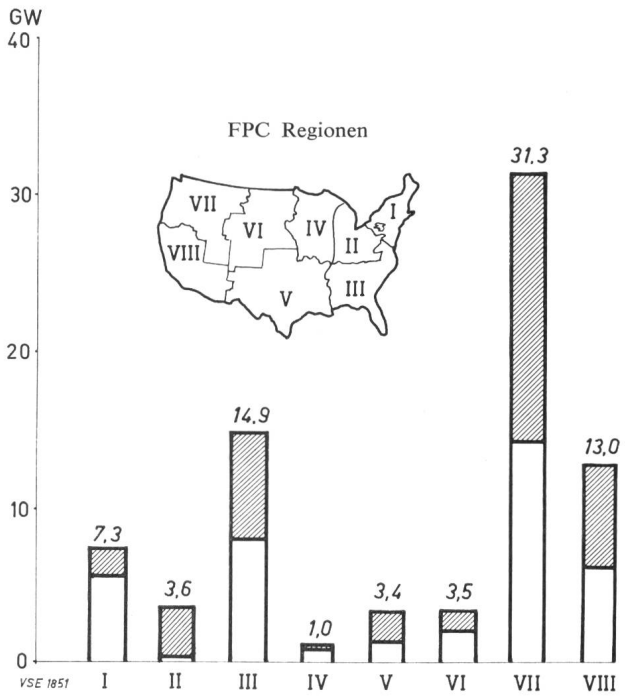

Fig. 9

Die Leistung der öffentlichen Wasserkraftwerke

Installierte Leistung bis Januar 1964
Zusätzliche Kapazität bis 1980

Ausdehnung der Verbundnetze nicht in Betracht zieht, sondern die Ausrüstung bloss auf Grund der bestehenden Verhältnisse festlegt, dann kommt man zu Aggregatsleistungen, die vom Standpunkt der späteren Verbundwirtschaft aus gesehen, allzu klein sind. Der geplante Zusammenschluss örtlicher Netze soll deshalb beim Ausbau von Energieanlagen schon jetzt in Rechnung gestellt werden, da grosse Aggregate die niedrigsten Anlagekosten ergeben und sie können in ausgedehnten Verbundnetzen gleich nach der Inbetriebnahme ausgelastet werden. Dies führt zu beträchtlichen Leistungserhöhungen der Maschinensätze.

Während der letzten 20 Jahre ist in den Wasserkraftwerken eine neue Leistung von 26,2 GW, in den thermischen Kraftwerken dagegen 138,5 GW, d. h. eine rd. 5mal höhere Leistung, installiert worden. Dieser Trend soll sich laut Tabelle II auch in Zukunft fortsetzen. Diesem Vorgang liegen mehrere Ursachen zugrunde:

a) Die geringeren Errichtungskosten und kürzeren Bauzeiten der thermischen Anlagen ermöglichen es, eine rasche Leistungssteigerung vorzunehmen; die thermischen Grossaggregate erlauben es, jede zusätzliche Leistung in kürzester Zeit zur Verfügung zu stellen.

b) Die thermischen Anlagen, welche hochwertige Brennstoffe (Öl, Gas) ausbeuten, können in der Nähe von Verbrauchsschwerpunkten erstellt werden, wodurch grosse Übertragungsnetze und zusätzliche Baukosten vermieden werden können; ausserdem sind die Brennstoffvorkommen ziemlich gleichmässig über das Territorium der USA verteilt, wodurch die Energieverteilung erleichtert wird.

c) Die geringeren Baukosten thermischer Grosskraftwerke, ihr guter Wirkungsgrad und sinkende Brennstoffpreise haben die Kosten der thermischen Energie beträchtlich herabgesetzt.

d) Die günstigsten Wasserenergiequellen sind schon erschlossen worden, und das restliche Potential ist nicht imstande, den grossen Bedarfszuwachs zu decken.

Die Leistung der ausbauwürdigen Wasserkräfte der USA wird auf 150 GW geschätzt. Die installierte Wasserkraftleistung, die zurzeit rd. 40 GW beträgt, wird bis 1980 voraussichtlich 76 GW erreichen; ausserdem sollen 19 GW in Pumpspeicherwerken zur Spitzendeckung installiert werden. Obgleich die Wasserkraftleistung in der Zeitperiode 1964...80 sich fast verdoppeln wird, wird ihre Bedeutung in der Leistungsbilanz der Energieversorgung von 19 % bis 15 % zurückgehen. Mehr als 50 % der neuen Wasserkraftleistung wird auf die nordwestlichen Gebiete entfallen, wo sich die meisten noch nicht ausgebauten Wasserenergiequellen befinden (Fig. 9). Da die Wasserkraftwerke immer mehr zur Spitzendeckung eingesetzt werden, wird ihr Anteil in der Energiebilanz niedriger sein als ihre Beteiligung in der Leistungsbilanz. Eine unerlässliche Bedingung beim Ausbau der Wasserkräfte ist die Notwendigkeit dafür zu sorgen, dass nicht bloss die Bedürfnisse der Energieversorgung, sondern auch diejenigen der Schiffahrt, der Bewässerung, des Hochwasserschutzes und der Wasserversorgung berücksichtigt werden. Um die Spitzenlast decken zu können wird beabsichtigt, in den bestehenden Wasserkraftanlagen zusätzliche Aggregate unterzubringen. Zur Spitzendeckung werden auch Pumpspeicherwerke grosser Leistungen erstellt und geplant; sie sollen vorwiegend in den Wärmekraftgebieten errichtet werden, wo günstige Geländeverhältnisse vorhanden sind. Man erwartet, dass im Jahre 1980 4...7 GW der Wasserkraftleistung von Kanada bezogen werden kann, weil Kanada,

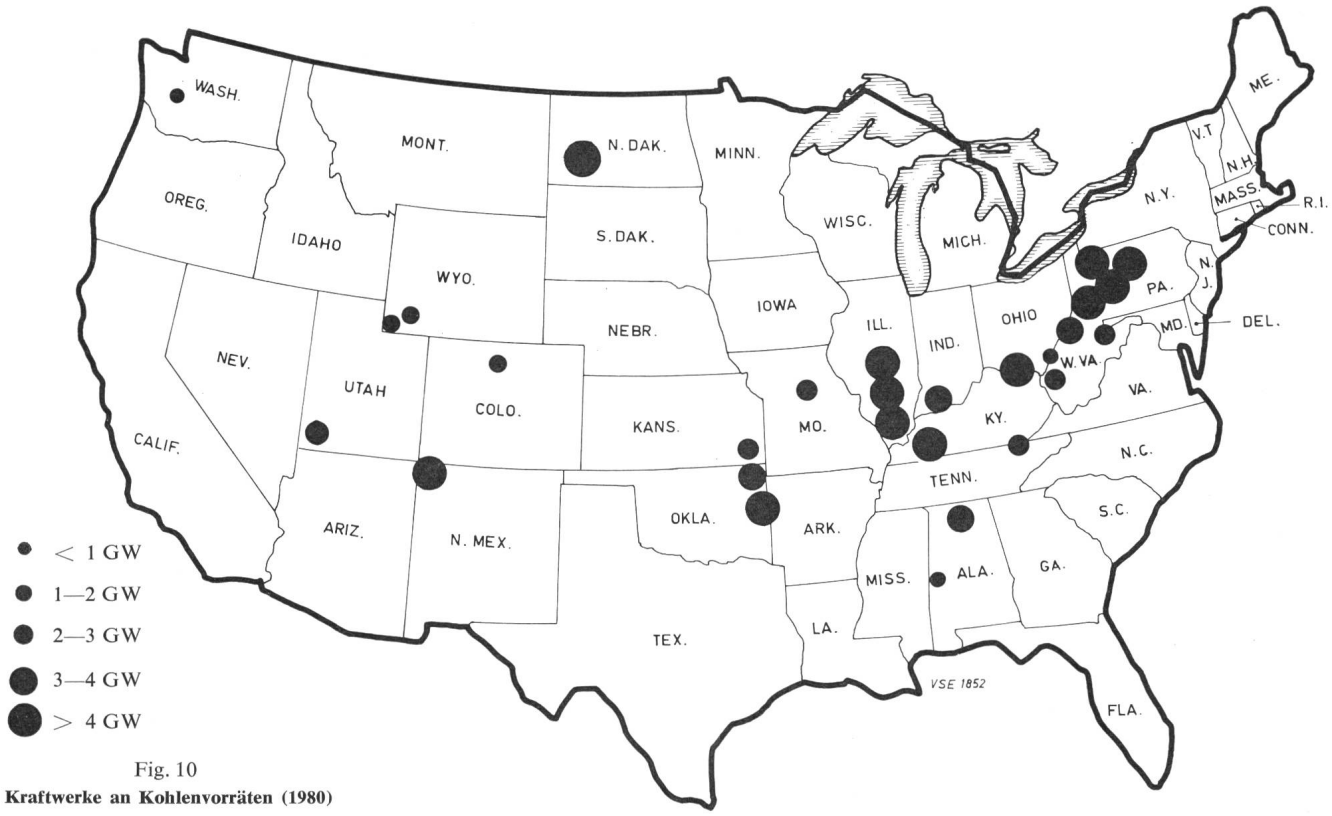

Fig. 10
Kraftwerke an Kohlenvorräten (1980)

vor allem in den westlichen Gebirgsgebieten, über grosse, vorläufig noch ungenutzte Wasserkraftreserven verfügt.

Die Lage der Kraftwerke wird von der Verteilung der Energiequellen, dem Standort der Verbrauchszentren, den Transportkosten der primären Energieträger sowie der elektrischen Energie bedingt. Dies trifft besonders auf die Brennstoffkraftwerke zu, weil ihr Standort sich manchmal bei den Brennstoffvorkommen, manchmal aber nahe der Zentren des Energieabsatzes als wirtschaftlich günstig erweisen kann. Bei steigenden Kraftwerksleistungen wird es immer schwieriger werden, die Brennstoffkraftwerke in der Nähe von Städten zu errichten, weil die Brennstoffbeschaffung, die Aschebeseitigung und die Reinhaltung der Luft schwierige Probleme bereiten. Man rechnet deshalb, dass in Zukunft viele Kohlekraftwerke bei den Kohlenfeldern gebaut werden; dies gilt besonders bei Kohlensorten niedriger Qualität, z. B. den enormen Lignitreserven der USA. Der Ausbau der Hochspannungsnetze wird es ermöglichen, auch abseits liegende Energiequellen auszubeuten. Schon jetzt werden einige grosse Kohlekraftwerke bei Kohlenfeldern errichtet und man nimmt an, dass im Jahre 1980 ca. 25 % der neuen thermischen Kraftanlagen nahe der Brennstoffvorräte liegen werden (Fig. 10).

Eine ganz andere Entwicklung wird bei der Standortauswahl der Kernkraftwerke erwartet, weil hier die Transportkosten des Rohenergieträgers praktisch wegfallen. Es ist deshalb damit zu rechnen, dass die grossen Kernkraftanlagen in der Nähe der Verbrauchszentren entstehen werden; sie werden einen ausgesprochenen Vertreter der verbrauchsorientierten Energieerzeugungsanlagen darstellen.

5. Die Energiequellen

USA verfügt über reichliche Energiequellen, zwischen denen ein scharfer Wettbewerb besteht (Fig. 11). Der Anteil verschiedener Energiequellen in der Energieversorgung wird von der Preislage am Verbrauchsort bestimmt. Die Rohenergiebilanz der Kraftwerke und die zu erwartenden Veränderungen sind Tabelle IV zu entnehmen.

Rohenergiequellen der Kraftwerke

Tabelle IV

Energiequelle		1963 TWh	1963 %		1980 TWh	1980 %	
Brennstoffe:	Kohle	494	54	81	1264	47	68
	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	

Die Mehrzahl der Kraftwerke verarbeitet Steinkohle, weil diese Kohlenvorräte die ergiebigste konventionelle Energiequelle darstellen. Die Kohlenpreise sind während der letzten Jahre durch die Mechanisierung des Abbaus und des Transports erheblich vermindert worden. Die Elektrizitätswirtschaft ist inzwischen zum weitaus wichtigsten Kohleverbraucher geworden. Dies ist auf mehrere Ursachen zurückzuführen:

a) Kohle ist in den meisten Gebieten der billigste Brennstoff, wobei ihre reichlichen Vorräte eine sichere Energiegrundlage für die grossen Kraftwerke gewährleisten;

b) Dampfkraftwerke können mit ihren besonders ausgelegten Feuerungsanlagen Kohle verschiedener Qualität erfolgreich verfeuern;

c) die Entwicklung der Hochspannungsnetze erlaubt es, die Kraftwerke unmittelbar bei den Kohlefeldern zu errichten, wodurch die Elektrizitätswirtschaft auch ballastreiche Kohlesorten verwerten kann;

d) da die Kohle in anderen Anwendungsgebieten — Bahnen, Raumheizung u. a. — von Öl und Gas verdrängt wor-

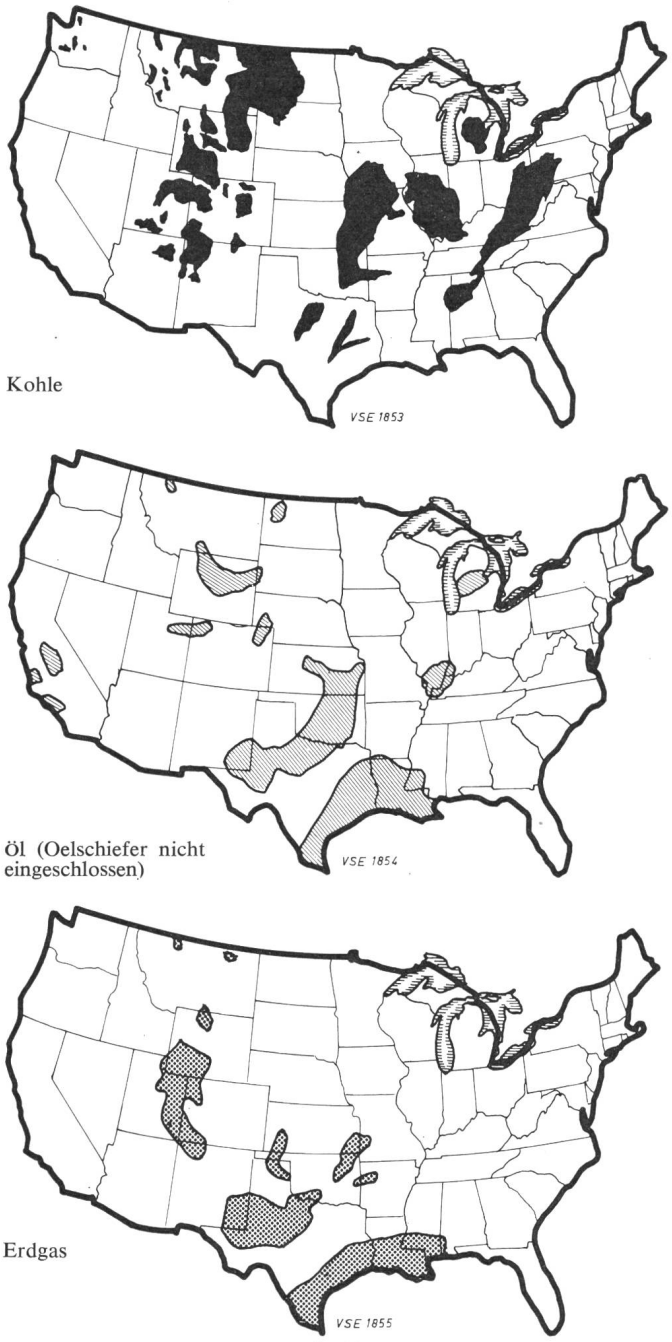

Fig. 11
Vorräte an fossilen Brennstoffen

den ist, bemüht sich der Bergbau, den Kohleabsatz für die Elektrizitätserzeugung zu steigern.

Zurzeit werden in den USA jährlich mehr als 400 Mt Kohle gefördert; ungefähr 50 % dieser Produktion werden in Kraftwerken verbraucht. Man erwartet, dass in der Gruppe der fossilen Brennstoffe der Kohlenverbrauch während der nächsten Jahrzehnte den grössten Zuwachs aufweisen wird und 1980 die thermischen Kraftwerke rd. 440 Mt oder 60 % der Kohlenausbeute verbrennen werden. Infolge Einsatz von Kernenergie wird aber der Anteil der fossilen Brennstoffe in der Energiebilanz der Elektrizitätswerke zwischen 1963 und 1980 von 81 % auf voraussichtlich 68 % zurückgehen, wobei der Kohleanteil von 54 % auf 47 % sinken wird. Ein noch grösserer Rückgang wird beim Öl und Gas erwartet.

Der Anteil der Kernenergie wird nach 1970 rasch zunehmen, so dass man rechnet, dass um 1980 Kernenergie 19 % der elektrischen Energie liefern wird. Danach soll die Umstellung auf Kernenergie noch schneller vor sich gehen und am Ende des Jahrhunderts rd. 50 % der elektrischen Energie mittels Kernenergie erzeugt werden. Zurzeit können Kohlenkraftwerke noch billigere Energie als Kernkraftwerke liefern, sofern die Kohlenkosten 0,90...1,10 $/Gcal nicht übersteigen. Solche Kostenverhältnisse bestehen da, wo reichliche Kohlenvorkommen vorhanden sind; in den östlichen und westlichen Küstengebieten dagegen ist mit einem raschen Ausbau von Kernkraftwerken zu rechnen. Man schätzt, dass im Jahre 1975 die Kernkraftwerke mit den Kohlenkraftwerken bei einem Brennstoffpreis von 0,60...0,90 und 1980 sogar bei 0,50...0,80 $/Gcal in Wettstreit treten werden. Zu diesem Zeitpunkt werden die Kernkraftwerke Energie für 0,32...0,38 cents/kWh liefern (Tabelle V) und in jedem Gebiet wirtschaftlich arbeiten. Dies wird eine scharfe Konkurrenz mit den konventionellen Energiequellen hervorrufen, wovon man eine merkbare Senkung der Energiekosten und einen entsprechenden Anstieg des Verbrauchs erwartet. Neue Brennstoffkraftwerke werden in einigen Gebieten wahrscheinlich auch nach 1980 erstellt werden, so dass die Umstellung der Energiebilanz zugunsten der Kernenergie nur allmählich erfolgen wird.

Die voraussehbaren Gestehungskosten der Kernenergie

Tabelle V

Jahr	1967	1970	1975	1980
Leistung der Kraftanlage, MW	300	500	1000	1200
Energiekosten, Mills/kWh	5,4...6,0	4,3...5,0	3,5...4,1	3,2...3,8

Da auch die technische Vervollkommnung der konventionellen Kraftwerke ihre Energiekosten fortwährend herabsetzt, werden in kommenden Jahrzehnten voraussichtlich sowohl Brennstoff- als auch die Kernkraftwerke betrieben werden. Die Wettbewerbsfähigkeit der brennstoffbefeuerten Kraftwerke soll durch eine ständige Reduktion der Brennstoffpreise begünstigt werden; man erwartet, dass der durchschnittliche Preis der Kraftwerksbrennstoffe zwischen 1962 und 1980 von rd. 1,10 $/Gcal bis 0,80...0,85 $/Gcal sinken wird.

Der FPC-Bericht betont, dass in den kommenden Jahren viel Beachtung der technischen Entwicklung von Konverter- und Brutreaktoren gewidmet werden soll, um die Energiegrundlage der Kernkraftwerke zu erweitern.

6. Der Ausbau von Fernübertragungen

Die Gestaltung des Hochspannungsnetzes wird von der Lagerung der Energiequellen und der Verbrauchszentren, wie auch von den technischen und betrieblichen Möglichkeiten des Last- und Leistungsausgleichs zwischen den einzelnen Gebieten bedingt. Um aus dem Zusammenschluss der örtlichen Netze Nutzen ziehen zu können, müssen die Fernverbindungen für eine genügende Leistung ausgelegt werden. Dazu müssen Leistungs- und Energiebilanzen der verschiedenen Gebiete aufgestellt werden, um den zu übertragenden Leistungsfluss festlegen zu können. Einige Faktoren, die zum Leistungsaustausch über die Fernleitungen führen, sind:

a) Die Lastkurven einzelner Gebiete weisen die Höchstlastperiode in verschiedenen Jahreszeiten auf. So entstehen

Fig. 12
Die geplanten Fernleitungen längs der Westküste
a Wasserkraftgebiet des Columbia-Flusses
w und *g* Wechsel- und Gleichspannung

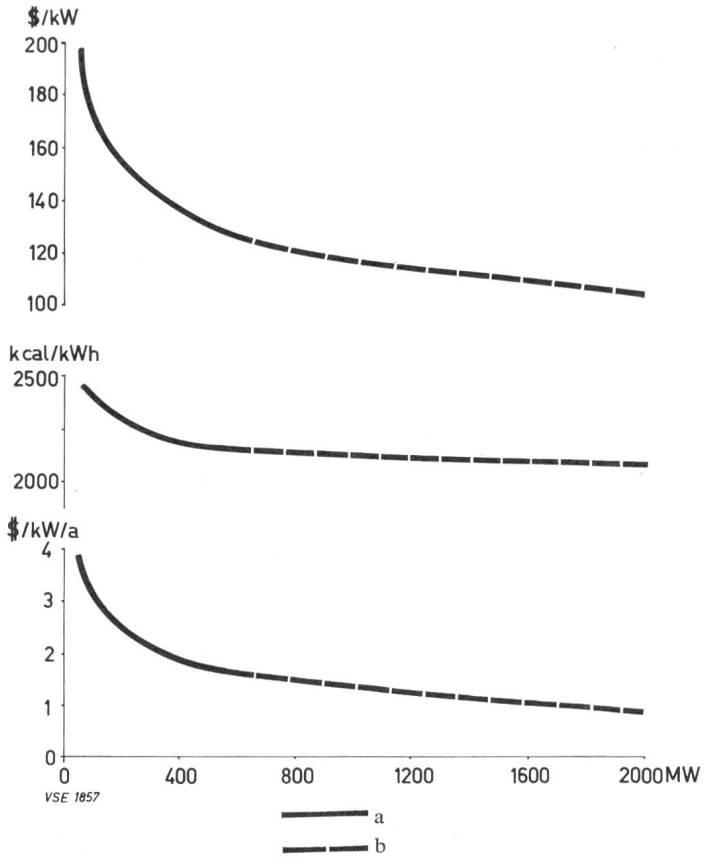

Fig. 13
Ergebnisse der Dampfkraftanlagen (2 Aggregate-Werke)
A die spezifischen Baukosten; *B* der Wärmeverbrauch; *C* die Betriebskosten beim Lastfaktor 0,65 (ohne Brennstoffkosten); *a* die tatsächlichen; *b* die geschätzten Werte

im Norden die höchsten Lastspitzen während des Winters, wogegen im Süden die Jahresspitze im Spätsommer auftritt, wenn eine beträchtliche zusätzliche Last durch Kühlanlagen und Bewässerungsapparate entsteht. Man schätzt, dass im Jahre 1980 die Sommerspitze im Südwesten die Winterspitze um 15 GW übertreffen wird. Wenn man die Bedarfsunterschiede zwischen den nordöstlichen und südwestlichen Gebieten mittels Hochspannungsübertragungen ausgleicht, kann beträchtliche Kraftwerksleistung gespart werden.

b) Die Tagesspitzen treten in verschiedenen Zeitzonen nicht gleichzeitig auf. Da der Zeitunterschied zwischen der Ost- und der Westküste ungefähr 3 Stunden beträgt, können die Fernleitungen auch die Tageslastkurven der Kraftwerke ausgleichen.

c) Die Energieabgabe der Wasserkraftwerke ist erheblichen naturbedingten Schwankungen unterworfen. Zum Ausgleich der Leistungs- und Energiebilanz sollen die Gebiete mit Wasser- und solche mit thermischer Energie mittels Fernleitungen verbunden werden. Die grössten Wasserenergiequellen der USA befinden sich im Nordwesten, im Abflussgebiet des Columbia-Flusses. Die zeitweiligen Überschüsse an Wasserenergie haben hier die Planung mehrerer 1500 km langen Fernleitungen längs der Pazifik-Küste veranlasst; diese Fernverbindungen sollen das Columbia-Gebiet mit Süd-Kalifornien verbinden. Erwogen werden 500-kV-Wechsel- und 750-kV-Gleichspannungen (Fig. 12).

Die ersten Hochspannungsleitungen sollen Energie von den wichtigsten Energiequellen — Brennstoffvorkommen oder Wasserkräften — den Verbrauchszentren zuleiten. Dies kommt vorerst in drei Gebieten in Frage:

1. Zum Energietransport von den östlichen Kohlefeldern bis zu den Großstädten an der Atlantik-Küste — New York u. a. (siehe Fig. 10);

2. Zur Energielieferung von den Brennstoffvorkommen der Mittelgebiete bis zu den Städten und an grosse Industriezentren der mittleren Staatszone; eine wichtige Energiequelle dieser Gebiete stellen die reichlichen Braunkohlefelder dar, die in den ortsgebundenen Grosskraftwerken verarbeitet werden sollen;

3. Hierher gehört auch die erwähnte Columbia-Kalifornien-Verbindung.

Man schätzt, dass ein Gitter der Hochspannungsnetze, welches das ganze USA-Territorium umspannen wird, bis 1980 ausgebaut werden kann. Um den Parallelbetrieb zwischen den östlichen und den westlichen Energiesystemen zu ermöglichen, müssen mehrere Fernverbindungen errichtet werden, welche den Kontinent überqueren würden. Im FPC-Bericht sind einige solche Verbindungen erwähnt worden (Tabelle VI). Bei den hierbei in Frage kommenden Leistun-

Die vorgeschlagenen Fernverbindungen

Tabelle VI

Linien	Entfernung km	Betriebsspannung kV	Leistung GW
Ost-West-Verbindungen:			
Nord	1600	± 750 kV	3
Zentral	2300	Gleich-	3
Süd	2400	spannung [1])	4
Nordwest-Süd-Verbindung	3000	,,	3

[1]) und 500 kV Wechselspannung.

gen und Entfernungen können sich Gleichstromübertragungen als wirtschaftlich überlegen erweisen.

7. Die Energiekosten

Die energiewirtschaftlichen Ergebnisse der Kraftwerke werden durch zwei Faktoren verbessert:

a) Der rasche Lastanstieg führt dazu, dass ein grosser Anteil der thermischen Leistung sich in neuen Aggregaten befindet. Nach Inbetriebnahme neuer, technisch vollkommener Anlagen grosser Leistungen werden die älteren Kraftwerke schrittweise stillgelegt oder in Reserve gehalten, so dass trotz einer ständigen Zunahme der Gesamtleistung die Anzahl Kraftanlagen sich allmählich vermindert.

b) Eine immer engere Zusammenarbeit verschiedener Kraftwerksgruppen ermöglicht es, die Kraftwerke vollständiger auszulasten, d. h. nach einem günstigeren Lastplan zu fahren.

Der durchschnittliche Wärmeverbrauch der thermischen Kraftwerke betrug im Jahre 1960 rd. 2700 kcal/kWh. Im Jahre 1963 haben 22 Energiesysteme einen Wärmeverbrauch < 2500 kcal/kWh aufgewiesen, wobei einige Systeme mit 2350...2400 kcal/kWh arbeiteten. Der Wärmeverbrauch der besten Kraftwerke betrug 2200...2300 kcal/kWh, wobei die Kraftwerke, welche ≤ 2400 kcal/kWh verbrauchten, 24 % der gesamten Energieabgabe lieferten. Die Vergrösserung der Energieaggregate und Kraftwerke vermindert sowohl den Brennstoffverbrauch als auch die Baukosten und Betriebsaufwendungen (Tabelle VII und Fig. 13).

Gestehungskosten der thermischen Energie

Tabelle VII

	8 Kraftwerke à 400 MW	Ein Kraftwerk 3200 MW	Kostenersparnis
Feste Kosten, Mills/kWh	3,65	2,61	1,04
Brennstoffkosten, Mills/kWh	1,47	1,34	0,13
Betriebskosten, Mills/kWh	0,43	0,18	0,25
Insgesamt, Mills/kWh	5,55	4,13	1,42

Man erwartet, dass der spezifische Wärmeverbrauch in den kommenden Jahren fortwährend zurückgehen wird, besonders weil die neuen Grosskraftwerke fast ausschliesslich für überkritische Dampfdrucke ausgelegt werden.

Der Durchschnittspreis der elektrischen Energie betrug 1940 2,2 cents/kWh und 1962 1,68 cents/kWh. Man schätzt, dass infolge des steigenden Verbrauchs und der technischen Vervollkommnung der Energieanlagen der durchschnittliche Energiepreis bis 1980 auf 1,23 cents/kWh zurückgehen wird; dies würde eine Preissenkung von 27 % gegenüber dem Energiepreis des Jahres 1963 ergeben. Die erwähnten Zahlen bezeichnen den Mittelwert für alle Gruppen der Energieabnehmer — den Haushalt, Handel und die Industrie. Der Rückgang des Energiepreises zwischen 1926...60 und die geschätzte Fortsetzung dieser Tendenz sind in Fig. 14 veranschaulicht worden, wo die Verkaufspreise der Energie an die Endverbraucher angegeben worden sind.

Die Kostensenkung der elektrischen Energie wird durch mehrere Ursachen bewirkt:

a) durch den Lastanstieg und zunehmenden Energieverbrauch je Abnehmer;

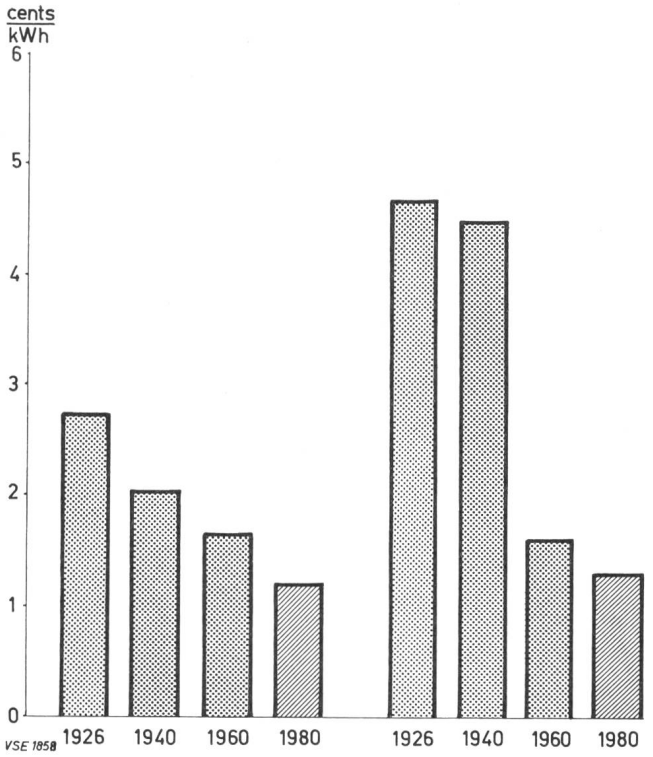

Fig. 14

Der Rückgang des durchschnittlichen Energiepreises

Links: die tatsächlichen Preise; rechts: umgerechnet auf das allgemeine Preisniveau des Jahres 1963

Die Struktur der Energiekosten

Tabelle VIII

Jahr		1962	1980 (geschätzt)
Energieabgabe an Verbraucher	TWh	774	2430
Anzahl der Abnehmer	10^6	60,6	87
Energieabgabe je Abnehmer	kWh	12770	28000
Energiekosten:			
a) Erzeugung			
Kapitalkosten	Mills/kWh	4,8	3,7
Brennstoffkosten	Mills/kWh	2,4	1,7
sonstige Betriebskosten	Mills/kWh	1,3	0,9
Insgesamt	Mills/kWh	8,5	6,3
b) Übertragung	Mills/kWh	1,7	1,7
c) Verteilung	Mills/kWh	6,6	4,3
Gesamtkosten	Mills/kWh	16,8	12,3

b) durch die Leistungskonzentration und technische Verbesserung der Energieanlagen;

c) durch sinkende Brennstoffpreise und besseren thermischen Wirkungsgrad der Kraftanlagen;

d) durch den planmässigen Ausbau der Verbundnetze und koordinierten Betrieb der Energieanlagen.

Die voraussehbaren Kostenersparnisse in verschiedenen Phasen der Energieversorgung sind der Tabelle VIII zu entnehmen.

Die voraussehbare Kostensenkung um 2,2 Mills/kWh bei der Energieerzeugung soll sich vorwiegend (50 %) durch die Ersparnisse in den Baukosten ergeben, die durch eine koordinierte Planung der Energieanlagen erzielbar sind; eine weitere Kostensenkung soll durch niedrigere Brennstoffkosten und Betriebskosten verursacht werden. Noch grössere Kosten-

ersparnisse — 2,3 Mills/kWh — werden aber im Sektor der Energieverteilung erwartet. Als wichtigste Ursache dieser Ersparnisse wird der Lastanstieg und dementsprechend eine vollständigere Auslastung der Verteilungsapparatur angesehen. Die Energieabgabe je Abnehmer soll zwischen 1960 und 1980 von 12800 bis 28000 kWh/a ansteigen; dies ergibt eine 2,2fache Steigerung der Verbrauchsdichte. Diesbezüglich wird im Bericht der FPC aber betont, dass diese Verbrauchszunahme tatsächlich nur dann erfolgen wird, wenn die Energiepreise mit den Gestehungskosten Schritt halten, d. h. die Tarife entsprechend herabgesetzt werden, wodurch der Ansporn zur Absatzsteigerung erzielt werden kann.

8. Schlussfolgerungen

Die amerikanische Energieversorgung hat den Punkt erreicht, in dem ein weiterer Ausbau der Energieanlagen im Rahmen einzelner örtlich begrenzter Versorgungsgebiete nicht mehr gerechtfertigt werden kann. Die wichtigste Empfehlung der FPC ist deshalb, die regionalen Netze in einem Verbundsystem zusammenzuschliessen, um die Energiequellen zweckmässiger ausnutzen und die Energieanlagen günstiger auslegen zu können. Man rechnet, dass diese Massnahme bis zum Jahre 1980 eine Kostensenkung der elektrischen Energie um 27 % bringen kann. Eine gut koordinierte Planung der Energieanlagen und ein Betriebsplan, der weite Gebiete umfasst, wird wirtschaftliche Vorteile für alle beteiligten Elektrizitätsunternehmen ergeben. In ausgedehnten Verbundnetzen ist es möglich, sehr grosse Energieaggregate günstig zu betreiben, wodurch die Kapital- und Betriebskosten zurückgehen und der Wirkungsgrad der Energieumsetzung sich verbessert. Dazu müssen Hochspannungs-Fernleitungen mit einer ausreichenden Übertragungsleistung ausgebaut werden, um die Leistungs- und Energiebilanz einzelner Gebiete ausgleichen und eine Grossraum-Verbundwirtschaft auf dem USA-Territorium schaffen zu können. Man schätzt, dass bis 1980 diese Aufgabe in einem erheblichen Masse erfüllt werden kann.

Literaturverzeichnis

[1] National Power Survey. A Report by the Federal Power Commission. Vol. I and II. Washington, 1964.

[2] Stegeman, A. J.: 15th Annual Electrical Industry Forecast. Electrical World, 162(1964), Nr. 12, Pg. 121...136.

[3] Kroms, A.: Die Kernenergie in der Energieversorgung der USA. Bulletin SEV (Die Seiten des VSE), 54(1963), Nr. 26, S. 267...270.

Adresse des Autors:

A. Kroms, dipl. Ing., Boston (USA).

Wirtschaftliche Mitteilungen

Zahlen aus der schweizerischen Wirtschaft

(Auszüge aus «Die Volkswirtschaft» und aus «Monatsbericht Schweizerische Nationalbank»)

Nr.			Februar 1964	Februar 1965
1.	Import (Januar-Februar)	10^6 Fr.	1 250,4 (2 495,8)	1 225,2 (2 411,0)
	Export (Januar-Februar)	10^6 Fr.	902,6 (1 689,3)	979,9 (1 841,9)
2.	Arbeitsmarkt: Zahl der Stellensuchenden		476	880
3.	Lebenskostenindex *)	Aug. 1939 = 100	205,5	210,7
	Grosshandelsindex *)	Aug. 1939 = 100	234,1	235,2
	Detailpreise *): (Landesmittel)			
	Elektrische Beleuchtungsenergie	Rp./kWh	34	34
	Gas	Rp./m³	30	30
	Gaskoks	Fr./100 kg	19,36	20,52
4.	Zahl der Wohnungen in den zum Bau bewilligten Gebäuden in 65 Städten		3 146	1 550
	(Januar-Februar)		(7 590)	(2 956)
5.	Offizieller Diskontsatz	%	2,0	2,5
6.	Nationalbank (Ultimo)			
	Notenumlauf	10^6 Fr.	8 456,9	9 162,8
	Täglich fällige Verbindlichkeiten	10^6 Fr.	2 145,1	2 625.7
	Goldbestand und Golddevisen	10^6 Fr.	11 896,8	12 970,0
	Deckung des Notenumlaufes und der täglich fälligen Verbindlichkeiten durch Gold	%	104,13	99,21
7.	Börsenindex		28. 2. 64	26. 2. 65
	Obligationen		94	93
	Aktien		762	660
	Industrieaktien		972	875
8.	Zahl der Konkurse		42	39
	(Januar-Februar)		(72)	(90)
	Zahl der Nachlassverträge		5	6
	(Januar-Februar)		(9)	(10)
9.	Fremdenverkehr			
	Bettenbesetzung in % nach den *vorhandenen* Betten		34	34
10.	Betriebseinnahmen der SBB *allein:*			
	Verkehrseinnahmen aus Personen- und Güterverkehr	10^6 Fr.	89,9	91,7 **
	(Januar-Februar)	10^6 Fr.	(180,2)	(183,1)
	Betriebsertrag	10^6 Fr.	100,2	102,2 **
	(Januar-Februar)	10^6 Fr.	(200,9)	(204,1)

*) Entsprechend der Revision der Landesindexermittlung durch das Volkswirtschaftsdepartement ist die Basis Juni 1914 = 100 fallen gelassen und durch die Basis August 1939 = 100 ersetzt worden.

**) Approximative Zahlen.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1; Postadresse: Postfach 8023 Zürich; Telephon (051) 27 51 91; Postcheckkonto 80-4355; Telegrammadresse: Electrunion Zürich.

Redaktor: *Ch. Morel,* Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.