

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :  
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen  
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer  
Elektrizitätswerke (VSE)

**Band:** 60 (1969)

**Heft:** 23

**Artikel:** Das hydraulisch-thermische Energiesystem der Tennessee Valley  
Authority [Fortsetzung]

**Autor:** Kroms, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916197>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.10.2024

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

# Das hydraulisch-thermische Energiesystem der Tennessee Valley Authority

Fortsetzung aus Nr. 22/69

Die regelbaren Wasserkraftwerke sind zur Deckung der Spitzenlast geeignet, weil sie schnell angefahren werden können und in der Betriebsbereitschaft keinen Energieträger verbrauchen. Da die Wasserkraft-Aggregate eine erheblich geringere Einheitsleistung als die Dampfkraftaggregate des TVA-Systems haben, kann die Anpassung der Wasserkraftwerke an die Lastschwankungen durch den Einsatz der jeweils benötigten Anzahl der Maschinensätze erzielt werden, so dass die Wasserkraftaggregate meistens im Bereich ihrer Bestlast arbeiten. Die Energieausbeute der Wasserkraftwerke des TVA-Systems wird mittels der auf den Nebenflüssen gelegenen Wasserspeicher geregelt. Der jahreszeitliche Wasserablass wird aber vorwiegend nach den Forderungen des Hochwasserschutzes vorgenommen, weshalb während der niederschlagreichen Wintersaison der Wasserstand in den Speichern zur Abwendung von Überflutungen niedrig gehalten wird, wodurch die Energieausbeute der Wasserkraftwerke entsprechend zurückgeht. Die Staubecken werden im Frühling gefüllt und während des Sommers mit einem hohen Wasserstand betrieben. Im Herbst wird der Wasservorrat teilweise verarbeitet, so dass die Stauräume wieder zur Aufnahme der Flutwasser der Wintersaison bereitstehen; das durch die Entleerung der Speicher abgelassene Wasser erhöht die verfügbare Leistung der Wasserkraftwerke während der gewöhnlich niederschlagarmen Herbstperiode.

Zur Sicherung der Energielieferung auch während der wasserarmen Jahre wird in den Speicherwerken stets eine minimale Wassermenge gehalten, welche die hydraulische Deckung der kurzfristigen Tagesspitzen gewährleistet. Die oberhalb dieser Sicherheitsreserve aufgespeicherten Wasservorräte können entweder zur Entlastung der Wärmekraftwerke oder zur Energielieferung an besondere Energieabnehmer verwertet werden. Der Einsatz dieser zeitweilig verfügbaren Wasserenergie wird auf Grund wirtschaftlicher Berechnungen entschieden, wobei man die Wertigkeit der zusätzlichen Wasserenergie bei jedem Füllungsgrad der Speicher festsetzt und mit den Gesteungskosten der thermischen Energie vergleicht. Je mehr die Speicher gefüllt sind, desto geringer ist der Weg der zusätzlich aufgespeicherten Wasserenergie, weil sie als unbestimmt vorkommende Saison-

energie nur von besonderen Verbrauchern verwertet werden kann (Fig. 17) [14]; der Preis dieser nicht gesicherten Energie muss niedrig sein [25].

Die Energiebilanz der TVA wird ausser der Energieproduktion der eigenen Kraftwerke von dem Energieaustausch mit benachbarten Kraftwerkssystemen beeinflusst. Die Herkunft der Energiemengen für das Jahr 1968 ist in Tabelle IX angegeben. Es muss hierbei bemerkt werden, dass eine rela-

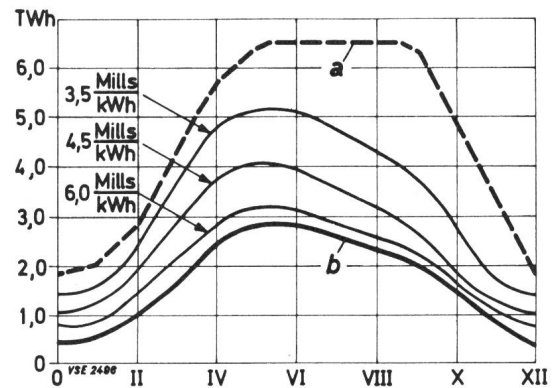


Fig. 17

### Die Wertigkeit der aufgespeicherten Wasserenergie

Der Energieinhalt des aufgespeicherten Wassers im TVA-Speichersystem: *a* bei höchster Speicherfüllung; *b* bei niedrigster Speicherfüllung. Die Kurven zwischen den beiden Grenzkurven zeigen die Wertigkeit der zusätzlich aufgespeicherten Wasserenergie bei dem betreffenden Füllungsgrad

tiv hohe Ausbeute an Wasserenergie (ca. 21 TWh) auf günstige Wasserführung während dieses Jahres zurückzuführen ist; durchschnittlich erzeugen die Wasserkraftwerke nur rund 18 TWh/a.

Die thermischen Kraftwerke werden infolge der hohen Konzentration von energieintensiven Industrien im TVA-Gebiet und der Zusammenarbeit mit regelbaren Wasserkraftwerken günstig ausgelastet. Einer der grössten Energieabnehmer im Industriesektor ist die Gruppe der Uranaufbereitungsanlagen der USA-Regierung (Oak Ridge, Paducah), die 1968 19,5 TWh oder 24 % des gesamten Energieverbrauchs des Systems abnahm. Da mit dem Ausbau der Kernenergiekraftwerke der Bedarf an angereichertem Uran zunimmt, rechnet man damit, dass der Leistungsbedarf der Atomenergiekommission (AEC) für die Uranreicherung nach dem Jahre 1973 3,5 GW erreichen wird, dem ein Energiebedarf von  $\geq 25$  TWh/a entsprechen kann.

Die Dampfkraftwerke der TVA verbrauchen jährlich 28...30 · 10<sup>6</sup> t Kohle, die im TVA-Gebiet, meistens im Tagbau, gewonnen werden. Bei einem durchschnittlichen Wärmepreis der Kohle von 0,75 \$/Gcal und einem Wärmeverbrauch der Kraftwerke von 2400 kcal/kWh ergeben sich Brennstoffkosten von ca. 1,8 Mills/kWh. Die Gesteungskosten der Energie betragen in Dampfkraftwerken im Jahre 1967 2,4 bis 3,7 Mills/kWh, durchschnittlich 2,9 Mills/kWh, wovon rund 60 % auf Brennstoffausgaben entfielen. Die Kosten der Wasserenergie betragen zur gleichen Zeit in Mehrzweckanlagen 1,1 (0,5 bis 2,0), in Einzweckanlagen, d. h. in

Die Energieherkunft im TVA-System (1968)

Tabelle IX

	Energienmengen		Leistung Ausnutzung	
	TWh	%	GW	h/a
Wasserkraftwerke				
TVA-Werke	15,19		3,10	
andere Werke <sup>1)</sup>	5,65		1,15	
Insgesamt	20,84	23	4,25	
Thermische Kraftwerke	69,62	77	13,95	
Total	90,46	100	18,20	4980
Energieaustausch	+ 5,14			
Gesamtertrag des Systems	95,60			

<sup>1)</sup> Wasserkraftwerke des Corps of Engineering und der Alcoa.

Verbrauchergruppe	Anzahl der Abnehmer	Energieabgabe		Einnahmen	
		TWh	%	Mio \$	cents/kWh
Haushalt	1 769 000	22,20	28	206	0,93
Industrie und Handel	222 900	38,45	48	240	0,62
Regierungsanlagen	11	19,45	24	82	0,42
Restverbrauch	2 040	0,50		12	2,40
Innerer Verbrauch		80,60	100	540	0,67
Verluste, Abgabe nach Aussen		15,00			
Insgesamt		95,60			

den Wasserkraftwerken, die ausschliesslich zur Energieerzeugung erstellt worden sind, aber 1,6 Mills/kWh. Man sieht, dass in den Fällen, wenn Kapital mit niedrigem Zinssatz zum Ausbau von Wasserkraften verfügbar ist, die Wasserkraftwerke immer die billigste Energie liefern können. Dies trifft vor allem auf Mehrzweckanlagen zu, weil ihre Ausgaben von mehreren Wirtschaftszweigen getragen werden, wodurch sich Ersparnisse gegenüber den Einzelanlagen ergeben. Diese Ersparnisse müssen auf die beteiligten Wirtschaftssektoren gerecht aufgeteilt werden, was auf Grund volkswirtschaftlicher Erwägungen durchgeführt wird [8; 25].

Die Einwohnerzahl im Versorgungsgebiet der TVA beträgt 6 Millionen. Die industriellen Grossabnehmer werden von der TVA unmittelbar mit Energie beliefert, wogegen die Kleinabnehmer von mehr als 160 örtlichen Verteilungsorganisation mit Energie versorgt werden. Die Entwicklung des Energieverbrauchs nach Abnehmergruppen ist in Fig. 18 gezeigt [12]. Im Jahre 1968 wurden innerhalb des TVA-Versorgungsgebiets 80,6 TWh verbraucht; die Aufteilung der Energieabgabe und die Energiekosten sind in Tabelle X angegeben.

Die geringen Energiekosten haben zu hohen Werten des spezifischen Energieverbrauchs geführt. Trotz des grossen Energiebedarfs der Industrie und der Atomanlagen nimmt der Haushaltbedarf mehr als ein Viertel der gesamten Energielieferung ab. Der Haushaltverbrauch hat sich wie folgt entwickelt (Durchschnittswerte) (Fig. 19).

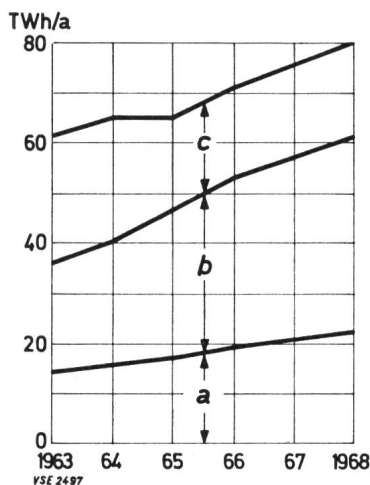


Fig. 18

Der Energieverbrauch nach den Abnehmergruppen

a Haushalt; b Industrie und Handel; c Regierungsanlagen

Jahr	kWh/Haushalt	cents/kWh
1954	4 730	1,26
1962	9 550	0,96
1968	12 700	0,93

Ein wichtiger Anwendungszweck des Haushaltbedarfs im TVA-System ist die elektrische Raumheizung, die sowohl von dem niedrigen Energiepreis als auch von dem milden Klima gefördert wird. Die Anzahl der elektrisch beheizten Häuser beträgt rund 520 000 oder 30 % aller Häuser des Gebiets; sie nimmt jährlich um ungefähr 30 000 zu, weil

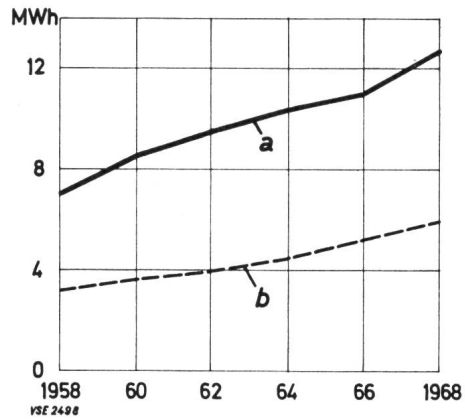


Fig. 19

Haushaltsverbrauch in MWh pro Haushalt

a im TVA-Versorgungsgebiet; b Durchschnittswerte der USA  
MWh / Jahr je Haushalt

nicht nur die meisten neuen Häuser mit elektrischer Heizung ausgerüstet werden, sondern auch in den älteren Häusern elektrische Beheizung allmählich eingebaut wird. Der durchschnittliche Jahresverbrauch der allelektrischen Haushalte beträgt 22 000 kWh, der Verbrauch anderer Haushalte 7800 kWh. Die Verbreitung der gewöhnlichen elektrischen Haushaltgeräte nähert sich ihrer Sättigungsgrenze, wogegen aber die Klimaanlage eine immer grössere Last während des Sommers verursachen.

Die hohe Last und die Konzentrierung der Kraftwerksleistung in wenigen Grossanlagen verlangen ein starkes Hochspannungsnetz. Deshalb hat die TVA grosse Mittel zur Entwicklung des Netzes und seiner Verbindungen mit anderen Energiesystemen aufgebracht. Das TVA-Netz enthält 23 000 km Hochspannungsleitungen einschliesslich 1340 km 500 kV-Leitungen (Fig. 20); weitere 400 km der 500 kV-Leitungen samt zwei Umspannungswerken werden gebaut. Das Netz wird so erweitert, dass es in den kommenden Jahren imstande sein wird, eine installierte Kraftwerksleistung von 50 GW zu verteilen. Um die Kraftanlagen günstig auslasten zu können, verbindet die TVA ihr Netz mit den benachbarten Energiesystemen — der American Electric Power Co. (1500 MW-Verbindung), der South Central Electric Co. (≥ 1500 MW), der Southern Co. u. a. Die Verbindungen dienen zum jahreszeitlichen Leistungsaustausch und für Reservezwecke, besonders weil mit der Vergrösserung der Energieaggregate der Zusammenschluss der Reserveleistungen mehrerer Systeme immer mehr an Bedeutung zunimmt. Während im TVA-System die Höchstlastperiode im Winter entsteht, kommen die Jahresspitzen in den südlich und westlich gelegenen Energiesystemen während der Sommerperiode

vor, wenn die Klimaanlage und die Bewässerung den Verbrauch beträchtlich erhöhen. Die jahreszeitlichen Unterschiede sowohl in der verfügbaren Kraftwerksleistung als auch im Leistungsbedarf haben den Leistungsaustausch über die Grenzen der Systeme gefördert, wobei das TVA-System im Winter einen gewissen Leistungsbetrag von den Nachbarsystemen bezieht, wogegen es während des Sommers die südlichen Energiesysteme in der Deckung ihrer Höchstlast unterstützt. So übertrug die TVA im Juni 1968 den anliegenden Systemen eine Leistung von 2240 MW. Diese Zusammenarbeit wird allmählich erweitert, wobei man sich nicht mit dem Leistungsaustausch beschränkt, sondern auch versucht, die Betriebs-, die Reparatur- und sogar die Ausbaupläne der Energieanlagen aufeinander abzustimmen. Man betritt also auch hier den Weg der Grossraum-Verbundwirtschaft, welche eine der zurzeit führenden Tendenzen in der Entwicklung der Energieversorgung aller Länder darstellt.

### Literatur

- [1] Annual Report of the Tennessee Valley Authority, 1967. — U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- [2] *Elliot, R. A.*: Navigation, Flood Control, Power — TVA Develops its Rivers. — *Civil Engineering*, 1967, Nr. 1, S. 46...49.
- [3] *Wessenauer, G. O.*: The Story of TVA — Multipurpose Development. — *Power Engineering*, 67(1963), Nr. 2, S. 43...46.
- [4] *Kroms, A.*: Kraftwerkssystem des Tennessee-Flusstals. — *Die Wasserwirtschaft* 49(1959), Nr. 4, S. 88...93.
- [5] *Kroms, A.*: Wasserkraftwerke in Energiesystemen verschiedener Leistungsstruktur. — *ÖZE* 18(1965), H. 10, S. 385...396.
- [6] *Kroms, A.*: Kraftwerke als Elemente der elektrischen Verbundsysteme. — *Bulletin des SEV* (Die Seiten des VSE) (1960), Nr. 19 und 20, S. 221...228 und 242...244.

- [7] *Kroms, A.*: Das Zusammenwirken der Kraftwerke. — *Die Technik* 8(1953), Nr. 6, S. 395...406.
- [8] *Kroms, A.*: Der Mehrzweck-Flussausbau. — *Technische Rundschau* 58(1966), Nr. 25, S. 1...7.
- [9] *Kroms, A.*: Zur Erweiterung des Grand-Coulee Kraftwerks. — *ÖZE* 21(1968), H. 3, S. 118...123.
- [10] National Power Survey. A Report by the Federal Power Commission, 1964. Part I. — U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- [11] *Kroms, A.*: Wasserkraft in der Energieversorgung der USA. — *ÖZE* 19(1966), Nr. 2, S. 85...98.
- [12] TVA. Power Annual Report, 1967 and 1968.
- [13] *Wessenauer, G. O.*: Success of the TVA Multiple-Purpose River Development. — *Civil Engineering* (1956), Nr. 7, S. 38...40.
- [14] *Brudenell, R. N., Gilbreath J. H.*: Economical Use of Hydro Power, Steam Power and System Interconnections. — TVA, Division of Power Systems Operations, 1961.
- [15] *Wessenauer, G. O.*: Evaluating the Cost of Nuclear Versus Fossil-Fueled Plants. — Presentation by TVA at the nuclear power briefing for the coal industry, 1966.
- [16] *Palo, P. G., Wessenauer, G. O., Parrish, J. R., Thomas, E. F.*: TVA's Experience with Thermal Units with Capacity from 500 to 1150 Megawatts. — VII World Power Conference, Moscow, 1968, Paper C-146. Der Abdruck dieses Berichtes ist in «*Electrical World*» 171(1969), Nr. 13, S. 30...34 gebracht worden.
- [17] *Kroms, A.*: Die Tendenzen im amerikanischen Kraftwerksbau. — *Elektrizitätswirtschaft* 67(1968), Nr. 19, S. 568...578.
- [18] Comparison of Coal-Fired and Nuclear Power Plants for the TVA System. — Office of Power, TVA, 1966.
- [19] Browns Ferry Nuclear Plant. Units 1 and 2. — TVA Planning Report Nr. 63...100.
- [20] *Palo, P. G., Weaver, D. B.*: TVA's First Nuclear Plant. — *Power Engineering* 71(1967), Nr. 4, S. 38...42.
- [21] *Parrish, J. R., Roy, G. M., Baily, F. G.*: Browns Ferry Nuclear Equipment. — *Power Engineering* 71(1967), Nr. 12, S. 66...68.
- [22] *Strauss, S. D.*: Browns Ferry Nuclear Plant Moves Ahead. — *Power* 112(1968), Nr. 11, S. 82...83.
- [23] *Kroms, A.*: Der Leistungsausgleich in Energiesystemen. — *E und M* 83(1966), H. 3, S. 177...186.
- [24] *Kroms, A.*: Die Leistungsreserven der Verbundsysteme und Wege zu ihrer Ausnutzung. — *E und M* 78(1961), H. 12, S. 393...402; 79(1962), H. 8 und 10, S. 177...182 und 251...256.
- [25] *Kroms, A.*: Vergleich der Errichtungskosten von Kraftwerken. — *ÖZE* 16(1963), H. 4, S. 289...301.

### Adresse des Autors:

A. Kroms, 30 Rockland Avenue, Malden, Mass. 02148, U.S.A.

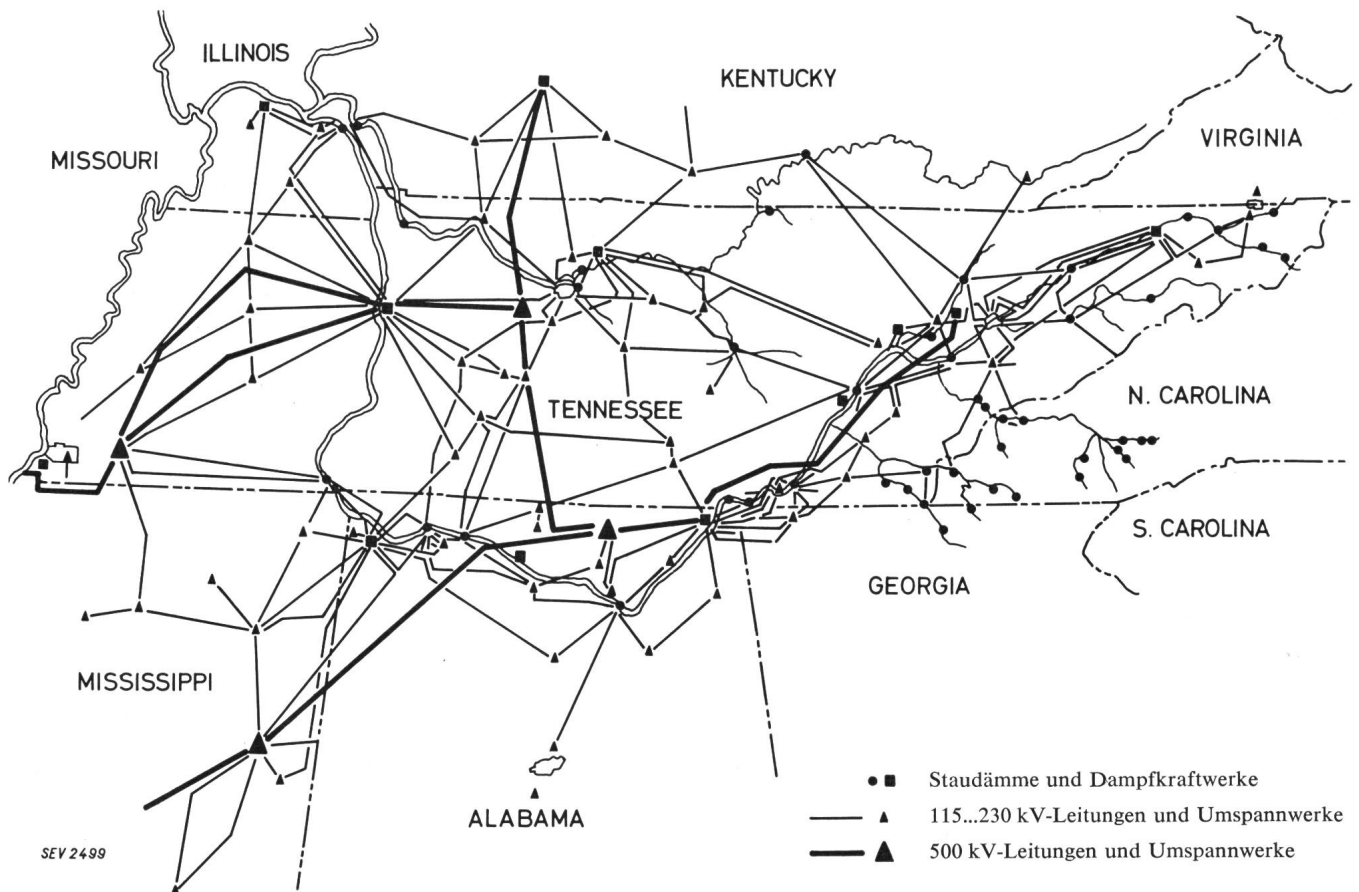


Fig. 20

Das elektrische Netz des TVA-Systems