

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 51 (1960)  
**Heft:** 19  
  
**Rubrik:** Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

### **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:** 02.04.2025

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

### Kraftwerke als Elemente der elektrischen Verbundsysteme

von A. Kroms, Boston

621.311 : 621.311.161

Der rasch zunehmende Energiebedarf erfordert, dass alle vorhandenen Energiequellen zur Energieerzeugung herangezogen werden. Dies hat die Entwicklung grosser Verbundsysteme gefördert, in denen verschiedene Kraftwerksarten zusammenarbeiten. Da das Kraftwerk das Grundelement des elektrischen Verbundbetriebes ist, werden die Ergebnisse des Verbundbetriebes von einer zweckmässigen Zusammenarbeit einzelner Kraftwerkstypen in hohem Masse beeinflusst. Deshalb muss beim Ausbau von Verbundsystemen den energetischen Eigenschaften verschiedener Kraftwerke und der richtigen Eingliederung der einzelnen Kraftwerksgruppen in die Leistungsbilanz des Verbundbetriebes besondere Beachtung geschenkt werden.

L'accroissement des besoins exige que toutes les sources existantes soient mises à contribution pour la production d'énergie. Ceci a favorisé le développement des grands systèmes interconnectés, auxquels sont raccordés différents types de centrales électriques. La centrale étant l'élément fondamental d'une telle exploitation collective, les résultats de celle-ci dépendent en grande partie d'une collaboration rationnelle entre les divers types d'usines. C'est pourquoi, en édifiant des systèmes d'interconnexion, il est indispensable de vouer une attention spéciale aux propriétés énergétiques des centrales en présence, et de veiller à intégrer correctement les divers groupes de centrales dans le bilan des puissances de l'ensemble du système.

#### 1. Einführung

Zurzeit sind die meisten Kraftwerke mittels Hochspannungsnetze in ausgedehnten Verbundsystemen zusammengeschlossen. Verbundnetze umfassen die Gebiete ganzer Länder, und auch der zwischenstaatliche Energieaustausch gewinnt immer mehr an Bedeutung [1]<sup>1)</sup>. Die Entwicklung grosser Netzverbände wird durch eine Anzahl energetischer und wirtschaftlicher Vorteile begünstigt, die durch das Zusammenwirken von energetisch unterschiedlichen Kraftwerkstypen erlangt werden können. Zu diesem Zwecke müssen die Verbundnetze so ausgebaut werden, dass die verschiedenen Kraftwerke optimal ausgenutzt werden können.

Die Kraftwerke sind die Elemente, welche die Betriebsweise und die Ergebnisse des Verbundbetriebes am meisten beeinflussen. Die Struktur der Verbundsysteme wird deshalb durch den Anteil einzelner Kraftwerksarten in ihren energetischen Bilanzen ausgedrückt [2]. Von den energetischen Eigenschaften verschiedener Kraftwerke hängt ihre Auswahl, Dimensionierung und ihre Lastart in den Verbundnetzen ab. Zur Charakterisierung der Kraftwerke müssen diese so gruppiert werden, dass die Eigenheiten einzelner Kraftwerkstypen klar zu erkennen sind. Das wichtigste Merkmal ist hier die Art der auszubeutenden Energiequelle, wonach drei Kraftwerksgruppen zu unterscheiden sind:

1. Anlagen, welche die Lage- und Bewegungsenergie der Wasser- und Luftmassen ausnutzen. Gegenwärtig sind hier nur *Wasserkraftwerke* von praktischer Bedeutung, doch werden in Zukunft voraussichtlich die *Gezeiten-* und *Windkraftwerke* eine gewisse Bedeutung erlangen [3, 4]. Anlagen dieser Gruppe liefern nur elektrische Energie; sie sind mit der ganzen Wasserwirtschaft eng verbunden und werden oft als *Mehrzweckanlagen* gebaut [5].
2. Thermische Anlagen können elektrische Energie und Wärmeenergie liefern, wodurch gekoppelte

Energieanlagen entstehen. Den wichtigsten Platz nehmen hier die *Dampfkraftwerke* ein, die meistens als *Kondensationskraftwerke*, in besonderen Fällen aber auch als *Heizkraftwerke* gebaut werden [6].

3. Gegenwärtig wird eine neue Energiequelle — die Kernenergie — in die Energiewirtschaft eingeführt. Obgleich die *Kernkraftwerke* erst am Anfang ihrer Entwicklung stehen, erwartet man, dass sie in Zukunft die Hauptrolle in der Energieversorgung übernehmen werden. Kernkraftwerke können entweder als reine Elektrizitätswerke oder auch als Heizkraftwerke errichtet werden [7, 8].

Die Entwicklung der Energietechnik verändert die Rolle der einzelnen Kraftwerkstypen fortwährend. So werden die Brennstoffkraftwerke durch Kernkraftwerke zunächst ergänzt, später aber voraussichtlich völlig ersetzt werden. Es ist ausserdem zu erwarten, dass nach dem Erschliessen der ausbauwürdigen Wasserkraft der relative Anteil der Wasserkraftwerke in der Energieversorgung sich allmählich verringern wird. Um Brennstoff zu sparen, wird man ferner dem Bau von gekoppelten thermischen Anlagen in Zukunft mehr Beachtung als bisher schenken müssen. Der energetische Charakter der Kraftwerke wird durch folgende Faktoren gekennzeichnet:

- a) die Art und Ausnutzung der Energiequelle;
- b) die Verfügbarkeit der Leistung;
- c) die Freiheit der Standortwahl;
- d) die Eignung zur Deckung verschiedener Lastzonen.

#### 2. Die Ausnutzung der Energiequellen

Bei der Ausnutzung der Energiequellen müssen die Bedürfnisse aller Wirtschaftszweige berücksichtigt werden. Eine wichtige Forderung ist hierbei, dass die hochwertigen Brennstoffe möglichst gespart werden und die Erzeugung elektrischer Ener-

<sup>1)</sup> Siehe Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

gie mehr auf Wasserkraft, minderwertige Brennstoffe und Kernbrennstoffe umgestellt wird. Am wirksamsten kann dies in grossen Verbundsystemen geschehen, die für eine gut koordinierte Zusammenarbeit verschiedener Kraftwerke ausgelegt worden sind.

*Wasserkraftwerke* verwerten eine nicht versiegender Energiequelle; nachteilig wirken sich indessen die starken Schwankungen der Hydraulizität sowie die Tatsache aus, dass das Wasser nur in beschränkter Masse gespeichert werden kann. Sie müssen deshalb so dimensioniert und betrieben werden, dass das veränderliche Wasserdargebot möglichst vollständig ausgenutzt werden kann. Die immer verfügbare Energiequelle gibt diesen Kraftwerken unumstrittene Vorteile, weshalb es nicht wahrscheinlich ist, dass eine andere Kraftwerksart die Wasserkraftwerke aus der Energieversorgung verdrängen wird. Auch Kernkraftwerke werden sie nicht ersetzen können, weil der Energieträger den Wasserkraftwerken selbst zufließt und keiner Aufbereitung bedarf. Die Situation könnte sich nur dann grundsätzlich ändern, wenn es gelingen sollte, regelbare thermonukleare Reaktionen technisch zu verwirklichen. Dies setzt aber einen langen Weg der technischen Entwicklung voraus [9]. Der Ausbau der Wasserkraft wird sich deshalb in raschem Tempo fortsetzen, bis sämtliche ausbauwürdigen Wasserkraft erschlossen sein werden. Man schätzt, dass dies in den meisten Ländern Europas bereits nach 15...25 Jahren der Fall sein wird. Nachher werden die Wasserkraftwerke in der Energieversorgung an Bedeutung verlieren, wenngleich sie in der Energieversorgung der Netzverbände auch nachher wichtige Aufgaben (Spitzendeckung, Bereitschaftsreserve) erfüllen werden [10, 11, 12].

Entwicklung der Erzeugung elektrischer Energie in den Ländern der OECE

Tabelle I

Jahr	Energiequelle			Gesamterzeugung TWh
	Brennstoffe TWh	Kernenergie TWh	Wasserkraft TWh	
1955	218	—	140	358
1960	336	—	186	522
1965	416	60	234	710
1975	648	300	351	1299

Die voraussichtliche Entwicklung der Erzeugung elektrischer Energie aus verschiedenen Energiequellen in Westeuropa ist aus Tabelle I ersichtlich [13].

Da die Energieerzeugung aus Wasserkraft sich langsamer als die Gesamterzeugung entwickelt, erwartet man, dass der Anteil der hydraulischen Energie von 39 % im Jahre 1955 auf 27 % im Jahre 1975 zurückgehen wird. Die wirtschaftlich nutzbaren Wasserkraft der OECE-Länder werden dann schon zu 75 % ausgebaut sein.

Die Wasserkraftwerke nutzen ihre Energiequelle sehr gut aus; sie übertreffen in dieser Hinsicht alle andern Kraftwerksarten, und es ist nicht zu erwarten, dass der Wirkungsgrad der hydraulischen Maschinengruppen noch wesentlich verbessert werden kann. Grosse Energieverluste können hier aber durch die ungleichmässige Wasserführung verursacht werden, wenn das Wasserdargebot zeitweilig

nicht voll ausgenutzt werden kann. Diese Verluste können herabgesetzt werden:

- durch die Errichtung von Speicherbecken beim Kraftwerk selber oder auf höher liegenden Stau-stufen;
- durch die Vergrößerung der Ausbauleistung der Kraftwerke und durch ihre Eingliederung in Verbundsysteme, deren Netze die veränderliche Energieausbeute jederzeit aufnehmen können [14];
- durch Inbetriebnahme von Energieverbrauchern, welche die saisonbedingten Energieüberschüsse verwerten [15].

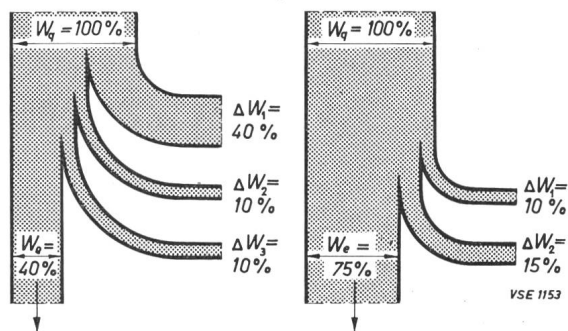


Fig. 1

Energiebilanz der Wasserkraftwerke

Links: Laufwerk, ein örtliches Netz speisend

Rechts: Speicherwerk, in ein ausgedehntes Verbundnetz eingegliedert

$W_q$  verfügbare Wasserenergie;  $W_e$  ausgenutzte (Netto-) Energie;  $\Delta W_1$  Verluste durch überschüssiges Hochwasser;  $\Delta W_2$  Verluste im Kraftwerk;  $\Delta W_3$  Verluste durch Überlauf in Schwachlastzeit

Je nach der Ausnutzung des Wasserflusses schwankt der totale Wirkungsgrad der Wasserkraftwerke zwischen 0,30 und 0,80 (Fig. 1). Eine bessere Ausnutzung der Energiequelle kann hier weniger durch technische Vervollkommnung der Maschinengruppen als durch zweckmässige Dimensionierung und Betriebsführung der Kraftwerke erzielt werden. Die Eingliederung der Wasserkraftwerke in grosse Verbundsysteme ermöglicht es, die hydraulische Energie vollständiger auszunutzen und die Bedeutung dieser Kraftwerke in der Leistungsbilanz der Energieversorgung zu steigern. Durch die Zusammenarbeit mit andern Kraftwerken können die durch Wasserüberlauf verursachten Verluste wesentlich vermindert und 80...100 % des jährlichen Wasserdargebotes zur Energieerzeugung herangezogen werden [1].

Die Wasserkraft reichen in vielen Ländern nicht aus, um den rasch zunehmenden Energiebedarf allein decken zu können. Ausserdem erfordert der Bau von Wasserkraftwerken grosse Investitionen, und ihre Errichtung nimmt lange Zeit in Anspruch. Deshalb können sie nur schrittweise, nach Massgabe der zur Verfügung stehenden Mittel, erstellt werden. Aus diesem Grunde behaupten die *Wärme-kraftwerke* ihre führende Rolle in der Energieversorgung der Welt. Ihr Anteil in der Energiebilanz vieler Länder hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte nicht verringert, sondern infolge des rasch steigenden Energiebedarfes sogar erhöht. Eine sparsame Ver-

wertung der Brennstoffe ist deshalb das wichtigste Problem der Energiewirtschaft. Dabei werden zwei Ziele verfolgt [16]: die Erweiterung der Brennstoffgrundlage und die Verbesserung der Wärmeausnutzung.

Die Energiewirtschaft muss alle Brennstoffvorkommen — die Brennstoffe niedrigerer Qualität (Braunkohle, Kohlenabfälle und andere mehr) wenn möglich an Ort und Stelle — ausnutzen; dies erfordert jedoch wie bei den Wasserkraftwerken den Bau grosser Übertragungsleitungen. In reinen Wärmekraftwerken wird die Brennstoffenergie unvollständig ausgenutzt, weil grosse Wärmemengen mit dem Wärmeübertragungsmittel (Dampf, Gase) unverwertet abfliessen. Sogar die technisch hochwertigen Wärmekraftwerke wandeln nur 30...35 % der Brennstoffenergie in elektrische Energie um. Bezüglich der Ausnutzung ihrer Energiequelle stehen die reinen Wärmekraftwerke — verglichen mit den andern Kraftwerken — an letzter Stelle. Man versucht, ihren Wirkungsgrad durch höhere Temperaturen und vollkommeneren Kreislaufprozesse zu verbessern, doch werden hier durch die Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe bestimmte Grenzen gesetzt (Fig. 2) [17, 18]. Es ist zu erwarten, dass der mittlere Wirkungsgrad der Kondensationskraftwerke Westeuropas im Jahre 1962 0,27...0,28 betragen wird. Moderne Dampfkraftwerke können durch Anwendung hoher Dampfparameter Werte von  $\eta = 0,40...0,42$  erzielen, die aber schon nahe an der technisch maximal möglichen Grenze liegen.

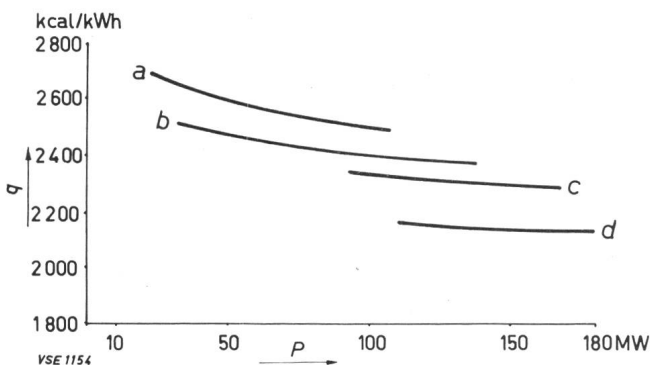


Fig. 2

Wärmeverbrauch der Dampfkraftwerke

(Aus K. Schröder: Das Blockkraftwerk. Siemens-Z(1955), Nr. 3/4)

P Nennleistung der Maschinensätze; q Wärmeverbrauch Dampfcharakteristiken:

a 96 kg/cm<sup>2</sup>, 530 °C; b 126 kg/cm<sup>2</sup>, 530/500 °C; c 161 kg/cm<sup>2</sup>, 565/565 °C; d 317 kg/cm<sup>2</sup>, 621/565/538 °C

Kühlwassertemperatur 12 °C

Den wichtigsten Typ der Wärmekraftwerke stellen die *Kondensationsdampfkraftwerke* dar, welche rund 70 % der elektrischen Energie der Welt liefern. Sie können Brennstoffe jeder Art ausnutzen. Die breite Brennstoffgrundlage dieser Kraftwerke ist ein Vorteil, der ihnen trotz des niedrigen Wirkungsgrades den Vorrang gegenüber andern Kraftwerksarten gesichert hat. In der Gruppe der Wärmekraftwerke nehmen auch die *Gasturbinenkraftwerke* einen immer wichtigeren Platz ein. Da sie zurzeit aber meistens die teuren flüssigen und gasförmigen Brennstoffe verwerten, werden sie vorwiegend als Spitzen- oder Reserveanlagen errichtet [19].

Wenn in Zukunft die Gasturbinenkraftwerke feste Brennstoffe verwerten und mit Maschinengruppen grosser Einheitsleistung (> 50 MW) ausgerüstet werden, dann werden sie sich auch an der Deckung der Grundlast beteiligen können. Ihr thermischer Wirkungsgrad liegt vorläufig etwas tiefer als der Wirkungsgrad der grossen Kondensationskraftwerke. Er liesse sich aber durch Steigerung der Gastemperatur verbessern, wobei hier noch viele Entwicklungsmöglichkeiten vorhanden sind. Es ist unmöglich, die hohen Wärmeverluste der Wärmekraftwerke nur mittels technischer Massnahmen zu beseitigen. Die Energiewirtschaft sucht deshalb andere Wege, die zu einer besseren Ausnutzung der Brennstoffenergie führen können. Eine radikale Lösung lässt sich hier dadurch erzielen, dass man die Abwärme der Kraftmaschinen für Heizzwecke benutzt, d. h. den Wärmekraftwerken die Aufgabe der Wärmeversorgung überträgt. So entstehen *Heizkraftwerke*, welche die energetisch vollständigste Art der thermischen Anlagen darstellen. Durch Kopplung der Elektrizitäts- und Wärmeversorgung kann bei restloser Abwärmeverwertung der theoretische Wärmeausnutzungsgrad den Grenzwert  $\eta = 1,0$  erreichen. Praktisch wird in Heizkraftwerken 75...85 % der Brennstoffwärme ausgenutzt, wovon 10...20 % auf die elektrische Energie und der Rest auf die Heizwärme entfallen [20]. Diese Kraftwerke erfüllen zwei Aufgaben: sie zentralisieren die Wärmeversorgung und erzeugen auf der Grundlage der Wärmelieferung billige elektrische Energie, der ein spezifischer Wärmeverbrauch von nur 1100...1200 kcal/kWh entspricht [21]. Energetisch sind sie den Wasserkraftwerken ähnlich; beide nutzen die Energiequellen mit gutem Wirkungsgrad aus.

Die herkömmlichen Energiequellen weisen mehrere wichtige Nachteile auf:

1. ihre Energiereserven können den steigenden Energiebedarf auf die Dauer nicht decken;
2. diese Energiequellen sind örtlich ungleichmässig verteilt, so dass in einigen Ländern die wirtschaftliche Entwicklung aus Mangel an Energieträgern gehemmt wird;
3. ihr Energieinhalt ist gering, weshalb grosse Mengen Energieträger benötigt werden.

Die erwähnten Umstände haben die Fachleute veranlasst, neue Verfahren der Energieerzeugung zu suchen. Durch die friedliche Verwertung der *Kernenergie* sind auf diesem Gebiet grosse Fortschritte erzielt worden. Die meisten Industrieländer stellen für die Projektierung und den Bau von Kernkraftwerken grosse Mittel zur Verfügung, und es wird erwartet, dass diese Kraftwerke in den nächsten Jahrzehnten eine wichtige Rolle in der Energieversorgung spielen werden (Fig. 3) [22, 23].

Einen Überblick über die Eigenschaften der verschiedenen Energiequellen vermittelt Tabelle II. (Die Zahlen bedeuten: 1 = klein; 2 = mässig; 3 = mittelgross; 4 = gross; 5 = sehr gross):

Die Energiequelle der Kernkraftwerke — Uran und Thorium — enthält enorme Energiereserven. Die Reserven an konzentrierten Uranerzen (mit

0,25 % U) der Welt werden auf ungefähr 10 Millionen Tonnen geschätzt; bei einer vollständigen Ausnutzung des darin enthaltenen Urans übertreffen die Energiereserven dieser Erze zehnfach den Energieinhalt aller übrigen Brennstoffvorkommen.

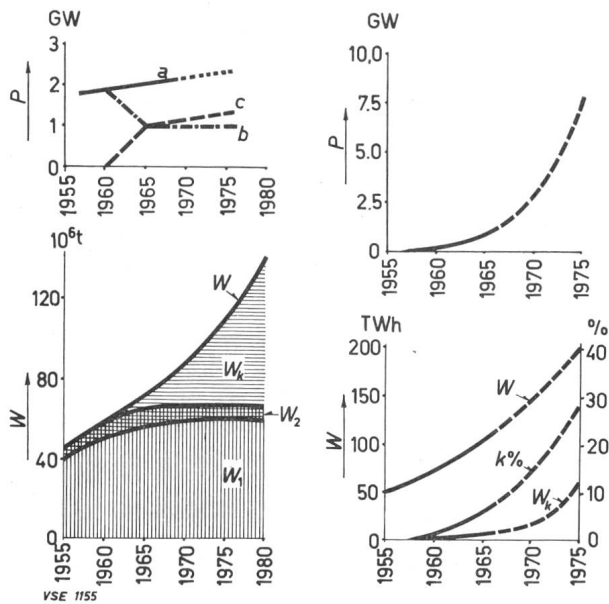


Fig. 3

Die voraussichtliche Rolle der Kernkraftwerke in der Energieversorgung

Links: im britischen Verbundsystem

Oben: der geplante Kraftwerksbau

P Leistung; a installierbare Gesamtleistung; b Leistung der Brennstoffkraftwerke; c Leistung der Kernkraftwerke

Unten: Brennstoffbedarf der britischen Kraftwerke (in Steinkohleneinheiten)

W Gesamtbedarf;  $W_1$  Verbrauch an einheimischen Brennstoffen;  $W_2$  Brennstoffeinfuhr;  $W_k$  Energieerzeugung der Kernkraftwerke (umgerechnet in Steinkohleneinheiten)

Rechts: im französischen Verbundsystem

Oben: P geplante Leistung der Kernkraftwerke

Unten: W Gesamterzeugung;  $W_k$  Erzeugung der Kernkraftwerke;  $k = W_k/W \cdot 100$  Anteil der Kernkraftwerke in Prozenten

### Kennzeichnung der Energiequellen

Tabelle II

Energiequelle	Energie-reserven	Kosten der Energieerzeugung		Beweglich-keit
		Anlage	Energie- träger	
Wasserenergie	1	5	—	1
Brennstoffe:				
Kohle	4	3	2...3	2
Öl	2...3	2	2...3	5
Erdgas	1...2	2	3	3
Kernenergie	5	5...3 <sup>1)</sup>	3...1 <sup>1)</sup>	3...5 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> je nach der technischen Entwicklung.

Uranerze mit geringerem Urangehalt (Phosphate, Ölschiefer, Granite u. a.), sind praktisch unbeschränkt vorhanden, doch ist die Gewinnung des Urans aus diesen Erzen bedeutend teurer. Die Kernbrennstoffe können also die Energieversorgung auf lange Zeit sicherstellen. Dies setzt allerdings voraus, dass mittels des Brutvorganges die Uran- und Thoriumvorräte energetisch vollständig ausgenutzt wer-

den. Falls es ferner möglich wird, die Energieerzeugung durch Umwandlung leichter Atomkerne technisch zu verwirklichen, werden die Kernkraftwerke über praktisch unbegrenzte Energiequellen verfügen.

Der Kreislauf der Wärmeausnutzung ist in den Kernkraftwerken ähnlich wie in den konventionellen thermischen Kraftwerken [24], weshalb der thermische Wirkungsgrad von derselben Grössenordnung wie in den herkömmlichen Kraftwerken ist. Die ersten Kernkraftwerke, die mit niedrigen Temperaturen arbeiten, weisen einen Wirkungsgrad von  $\eta = 0,20 \dots 0,25$  auf; man erwartet, dass sich der Wirkungsgrad der Kernkraftwerke durch Steigerung der Temperatur auf  $\eta = 0,35 \dots 0,40$  erhöhen wird [25].

### 3. Verfügbare Leistung

In der Energieversorgung unterscheidet man 2 Leistungsgrössen der Kraftwerke [26]:

1. Die *installierte Leistung* setzt sich aus den Nennleistungen der aufgestellten Maschinengruppen zusammen.
2. Die tatsächlich erreichbare Leistung der Kraftwerke wird die *verfügbare Leistung* genannt. Sie hängt von einer Reihe naturbedingter und betrieblicher Faktoren ab; die wichtigsten darunter sind:
  - a) durch die Energiequelle bedingte Einschränkungen (z. B. Wassermangel);
  - b) die Lastcharakteristik, z. B. die Wärmebelastung der Heizkraftwerke;
  - c) die Speichermöglichkeiten des Energieträgers, besonders bei den Wasserkraftwerken;
  - d) die betrieblichen Ursachen (technische Mängel u. a.);
  - e) das Stilllegen von Maschinengruppen bei Überholungsarbeiten.

Die verschiedenen Kraftwerktypen unterscheiden sich nach der Verfügbarkeit ihrer Leistung ganz erheblich. Dadurch wird ihre Rolle in den energetischen Bilanzen der Verbundsysteme beeinflusst [27]. Die Kraftwerke werden entsprechend in zwei Gruppen eingeteilt:

1. Die verfügbare Leistung einiger Kraftwerke wird von äusseren Faktoren nur unwesentlich beeinflusst; diese Anlagen werden *unabhängige Kraftwerke* genannt. Hierher können die reinen Wärmekraftwerke, wie auch die Wasserkraftwerke mit Gross-Speichern, deren verfügbare Leistung durch die Schwankungen des Wasserdargebotes nicht beeinflusst wird.
2. Die verfügbare Leistung anderer Kraftwerke verändert sich je nach der Energiequelle oder der Lastart in weiten Grenzen; diese Anlagen werden *abhängige Kraftwerke* genannt. Sie müssen zufolge ihrer unbeständigen Leistung parallel mit den unabhängigen Kraftwerken betrieben werden. Die Verbundnetze ermöglichen es, die Leistungsrückgänge abhängiger Kraftwerke auszugleichen, wofür in den unabhängigen Kraftwerken eine gewisse Leistungsreserve bereitgehalten

wird, welche die Leistungsschwankungen der abhängigen Kraftwerke überbrückt (Fig. 4). Dadurch werden die installierte Gesamtleistung und die Baukosten des Verbundsystems erhöht [28].

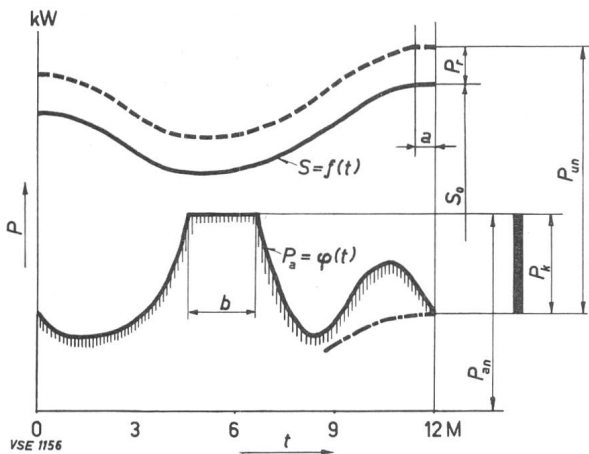


Fig. 4

Beispiel für die Jahresleistungsbilanz eines Verbundnetzes

$P$  Leistung;  $t$  Zeit in Monaten;  $S = f(t)$  Jahreskurve der Tageshöchstlast;  $S_0$  Jahreshöchstlast;  $P_a = \varphi(t)$  verfügbare Leistung abhängiger Kraftwerke;  $P_r$  Leistungsreserve für Störfälle;  $P_{an}$ ,  $P_{um}$  installierte Leistung der abhängigen und unabhängigen Kraftwerke;  $P_k$  Ausgleichsleistung;  $a$  Periode der höchstgespannten Leistungsbilanz;  $b$  Periode des Leistungsüberschusses

Zur Gruppe der abhängigen Kraftwerke gehören energetisch hochwertige Anlagen: die meisten Wasserkraftwerke, Heizkraftwerke, wie auch einige industrielle Kondensationskraftwerke, welche die innern Energiequellen des Produktionsprozesses ausnützen. Nach der Möglichkeit ihrer Leistungsregelung unterscheidet man 2 Typen von abhängigen Kraftwerken:

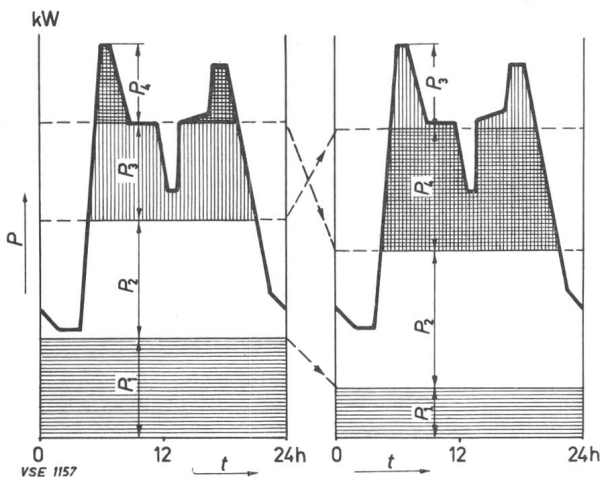


Fig. 5

Beispiel für die Lastverteilung zwischen verschiedenen Kraftwerksarten

Links: bei hoher Wasserführung  
Rechts: bei niedriger Wasserführung

$P_1$  Lastzone der Laufwerke;  $P_2$  Lastzone der Wärmekraftwerke;  $P_3$  Lastzone der Kleinspeicherwerke;  $P_4$  Lastzone der Großspeicherwerke

a) bei einigen Werken bestimmt die Energiequelle das Arbeitsvermögen, doch ist in der

Wahl der Lastkurve eine gewisse Freiheit vorhanden. Hierher gehören die Wasserkraftwerke mit Kleinspeichern, die je nach dem Wasserdargebot so eingesetzt werden können, wie es von der Leistungsbilanz verlangt wird (Fig. 5);

b) die Leistungskurve anderer Kraftwerke ist direkt von der Energiequelle abhängig und kann nur geringfügig geregelt werden. Hierher gehören die Laufwerke und die Heizkraftwerke. Die verfügbare Leistung der Laufwerke wird durch die Wasserführung bestimmt, wobei in Perioden mit reichlichem Wasserdargebot erhebliche Wasserverluste entstehen können. Die Leistungsregelung muss dann von den unabhängigen Kraftwerken übernommen werden. Bei einer stark schwankenden Wasserführung kann die Ausgleichsleistung der Laufwerke 60...80% der installierten Leistung betragen. Wasserkraftwerke mit Großspeichern sind sehr elastische Anlagen, die zur Deckung der Spitzenlast, zum Leistungsausgleich der Laufwerke, wie auch als schnell einsetzbare Reserve dienen. Eine mehrjährige Wasserspeicherung ist allerdings nur selten erreichbar, weshalb die meisten Wasserkraftwerke abhängige Anlagen sind, die zusammen mit unabhängigen Kraftwerken betrieben werden müssen. Es ist zu berücksichtigen, dass jede neue Staustufe die Regelungsmöglichkeiten aller weiter unten liegenden Kraftwerke verbessert. Durch den Ausbau ganzer Flussläufe entstehen Kraftwerkssysteme, welche im Schwellbetrieb ihre verfügbare Leistung den Lastforderungen viel besser als im Einzelbetrieb anpassen können [29]. Der fortschreitende Ausbau der Flußsysteme erhöht also die Elastizität der Wasserkraftwerke, weshalb es sich rechtfertigt, in ihnen eine grössere Maschinenleistung zu installieren. Damit wird die Ausnützung der verfügbaren Energiequelle verbessert, und zwar mit geringen Mehraufwendungen, weil der Einbau zusätzlicher Maschinengruppen kostenmässig nicht sehr stark ins Gewicht fällt.

Die verfügbare Leistung der Heizkraftwerke ist von den Wärmelastkurven und von den Maschinentypen abhängig [30]. Nach der Leistungsstruktur unterscheidet man:

- Heizkraftwerke ohne Kondensationsleistung oder Gegendruckwerke;
- Heizkraftwerke mit angeschlossener Kondensationsleistung.

Die Gegendruckleistung muss nach Möglichkeit vergrößert werden, um die Energiequelle energetisch möglichst vollständig auszunützen. Die Grösse der angeschlossenen Kondensationsleistung wird dagegen von den Brennstoffverhältnissen am Standort des Kraftwerkes beeinflusst. Wenn es innerhalb einer dichtbesiedelten Ortschaft errichtet wird, wo die Brennstoff- und Kühlwasserversorgung schwierig ist, dann soll seine Kondensationsleistung beschränkt oder ganz weggelassen werden. Die Kosten der angeschlossenen Kondensationsleistung sind al-

lerdings gering, weil die Kesselanlage normalerweise nicht vergrößert werden muss. Sie kann als eine günstige Reserveleistung im Verbundbetrieb ausgenutzt werden.

*Gegendruckwerke* erzeugen elektrische Energie ausschliesslich auf der Grundlage der Wärmeversorgung, weshalb ihre Leistung als eine zwangsläufig anfallende Leistung anzusehen ist, die nur in geringem Masse geregelt werden kann. Sie verlangt eine erhebliche Ausgleichsleistung, so dass diese Kraftwerke in das Verbundnetz eingegliedert werden müssen. Die Heizkraftwerke, welche über Kondensationsanlagen verfügen, können innerhalb bestimmter Leistungsgrenzen die elektrische Last unabhängig von der Wärmelast decken. Doch wird ihre verfügbare Leistung auch von der Wärmeabgabe beeinflusst, wobei der Leistungsverlauf von den Maschinentypen abhängig ist (Fig. 6). Durch die Wahl geeigneter Maschinen ist es möglich, die Heizkraftwerke in die Leistungsbilanz des Verbundbetriebes zweckmässig einzugliedern. Wenn im Verbundsystem ein Leistungsmangel im Winter erwartet wird, werden mit Vorteil Gegendruck-Kondensationskombinationen eingesetzt; wenn dagegen die volle Leistung der Heizkraftwerke im Sommer benötigt wird, sind Maschinen mit Dampfentnahme vorzuziehen.

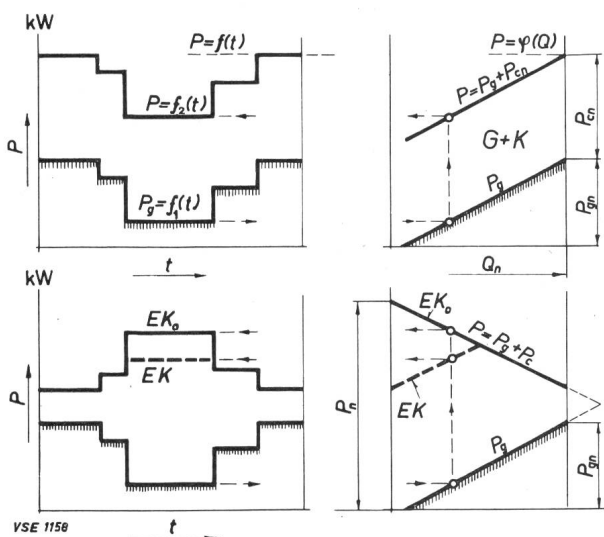


Fig. 6

Wahl der geeigneten Maschinensätze für Heizkraftwerke

- Oben: Gegendruck- (G) und Kondensationsgruppe (K)  
 Unten: Entnahme-Kondensationsgruppe mit vollentwickelter Kondensationsleistung ( $EK_0$ );  
 Entnahme-Kondensationsgruppe mit verminderter Kondensationsleistung (EK)

$P$  Leistung;  $t$  Zeit;  $P_g, P_{gn}$  verfügbare und installierte Gegendruckleistung;  $P_e, P_{en}$  verfügbare und installierte Kondensationsleistung;  $P, P_n$  verfügbare und installierte Gesamtleistung;  $Q$  Wärmeabgabe (Mcal/h);  $P_g = f_1(t)$  gegebene Kurve der Gegendruckleistung;  $P = \varphi(Q)$  Leistungskennbilder der gewählten Maschinensätze;  $P = f_2(t)$  Kurven der verfügbaren Gesamtleistung

#### 4. Der Standort

Der Standort der Kraftwerke ist von der Art der auszubeutenden Energiequelle und den Möglichkeiten der Energieübertragung abhängig. Dabei sind einige Kraftwerke an ihre Energiequellen oder an die Verbrauchszentren der Energie gebunden. Typische Vertreter der ortsgebundenen Anlagen sind

die *Wasserkraftwerke*. Da ihre Energiequellen nicht selten weit entfernt von den Absatzgebieten der Energie liegen, fördern diese Kraftwerke den Ausbau von ausgedehnten Verbundnetzen. Bedeutende Wasserkräfte, die in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht ausbauwürdig sind, liegen vorläufig nur deshalb brach, weil sie von den gegenwärtigen Industriezentren allzuweit entfernt sind. Hierher gehören die reichlichen Wasserkräfte Asiens, Afrikas und Südamerikas. Es ist aber in den kommenden Jahren mit einem beschleunigten Ausbau der abseits liegenden Wasserkräfte zu rechnen, weil die rasch fortschreitende Industrialisierung aller Länder immer grössere Mengen billiger Energie erfordert.

Die Forderung, dass die Kraftanlagen konzentrierte Energieträger ausbeuten und eine gedrängte Bauweise haben sollen, wird von den Wasserkraftwerken nur in sehr beschränktem Masse erfüllt. Der spezifische Energieinhalt der beweglichen Wassermassen ist gering, so dass je nach der Fallhöhe bis 50 und mehr Tonnen des Energieträgers je 1 kWh die Wasserturbinen durchlaufen müssen. Diese gewaltigen Wassermassen bedingen ausgedehnte Wasserbauten, und die dadurch verursachten hohen Errichtungskosten verlangsamten die Erschliessung dieser unversiegender Energiequelle.

In *Wärme Kraftwerken* werden aus Brennstoffen Energiemengen erzeugt, welche die spezifische Energieabgabe der Wassermassen vielfach übertreffen. Der Brennstoffverbrauch der Wärme Kraftwerke beträgt 0,2...1,0 kg/kWh, je nach dem Kraftwerktyp und der Brennstoffart. Der hohe Energieinhalt der hochwertigen Brennstoffe erlaubt es, die entsprechenden Wärme Kraftwerke in den Schwerpunkten des Energieverbrauches zu erstellen. Andererseits sind aber die Brennstoffkraftwerke nicht eng an die Verbrauchszentren gebunden, weil sich die elektrische Energie über grosse Distanzen transportieren lässt. Die Unabhängigkeit des Standortes von der Energiequelle und von den Verbrauchszentren stellt einen wichtigen Vorteil der *Kondensationskraftwerke* dar, welcher gestattet, solche Kraftwerke an günstigen Orten zu erstellen und in einzelnen Anlagen sehr grosse Leistungen zu konzentrieren, wodurch sich die Bau- und Erzeugungskosten verringern. Die installierte Leistung einzelner Werke beträgt 1000 bis 1500 MW, und sie kann ohne Mühe noch gesteigert werden. Gewisse Einschränkungen in der Wahl des Standortes der Kondensationskraftwerke werden durch zwei Umstände verursacht: erstens benötigen sie enorme Kühlwassermengen und zweitens müssen die ballastreichen Brennstoffe (Braunkohle u. a.) in der Nähe ihrer Lagerstätten verwertet werden. Infolge der allmählichen Erschöpfung der Vorkommen hochwertiger Brennstoffe ist es notwendig, in vermehrtem Masse minderwertige Brennstoffe heranzuziehen, vor allem in Ländern, die über reichliche Vorräte an Ballastkohle verfügen. Bei der ständigen Steigerung der Kraftwerksleistungen ist es im allgemeinen günstiger, die Kondensationskraftwerke in der Nähe der Brennstofflagerstätten zu errichten und die Energie mittels Hochspannungsleitungen auf weite Entfernungen zu übertragen. Vom energiewirtschaftlichen Standpunkt aus dienen die elektrischen Fernübertragungsnetze nicht nur

zum Energietransport, sondern sie ermöglichen auch einen Ausgleich der Belastungskurven, vermindern den Bedarf an Kraftwerksleistung und erlauben es, alle verfügbaren Energiequellen zweckmässig in die Verbundwirtschaft einzugliedern. Dies wird oft beim Vergleich verschiedener Energietransportarten zu wenig in Betracht gezogen.

Der Standort der *Heizkraftwerke* wird durch die beschränkte Reichweite des Wärmetransportes bestimmt, weshalb diese Kraftwerke ausgesprochen verbrauchsorientierte Anlagen sind, welche an die Schwerpunkte des Wärmeabsatzes gebunden sind. Dies ist als ein energetischer Nachteil anzusehen, weil dadurch die Verwendung von ballastreichen Brennstoffen praktisch unmöglich wird. Brennstoff- und Kühlwasserprobleme begrenzen auch die Kondensationsleistung der Heizkraftwerke; sie haben deshalb im allgemeinen eine weit geringere elektrische Leistung als die Kondensationskraftwerke, wodurch sich ihre spezifischen Baukosten erhöhen. Aus diesem Grunde haben die Heizkraftwerke vorläufig noch nicht jene Bedeutung erlangt, die ihrem guten Wirkungsgrad entsprechen würde. Gelänge es, die Wärmenetze zu vereinfachen und zu verbilligen, so könnten die Heizkraftwerke an die Peripherie der Städte verlegt werden; es wäre dann möglich, ihre Leistung zu erhöhen und in ihnen minderwertige Brennstoffe zu verfeuern. Dadurch würden ihre wirtschaftlichen Aussichten verbessert werden.

Die Energieausbeute der Kernbrennstoffe ist so hoch, dass das Problem der Heranschaffung des Energieträgers hier ganz wegfällt. Die Standortwahl der *Kernkraftwerke* wird vorläufig nur durch die Sicherheitsvorschriften und die Kühlwasserbedürfnisse bestimmt. Es ist zu hoffen, dass es gelingen wird, die Kernkraftwerke in der Nähe der Verbrauchszentren zu errichten; dadurch würde das Problem der Energieübertragung wesentlich vereinfacht werden.

## 5. Die Eignung für verschiedene Lastarten

Die Gesamtlast der Verbundsysteme muss so auf die verschiedenen Kraftwerke verteilt werden, dass der Verbundbetrieb die besten wirtschaftlichen Ergebnisse aufweist und die Forderungen bezüglich einer zweckmässigen Verwertung aller Energiequellen erfüllt. Hierbei müssen die Anforderungen sowohl der *Leistungs-* als auch der *Energiebilanz* berücksichtigt werden [27]. Die Leistungsbilanz stellt den Plan der Lastdeckung, die Energiebilanz dagegen die Aufteilung der Energieerzeugung auf einzelne Kraftwerkgruppen dar. Die Leistungsbilanz bestimmt die Grösse der Kraftwerksleistung und dadurch die Baukosten des Verbundsystems, wogegen die Energiebilanz massgebend für den Brennstoffverbrauch und für die veränderlichen Betriebsausgaben ist. In der Leistungsbilanz muss die installierte Kraftwerksleistung zur Deckung der Höchstlast möglichst vollständig eingesetzt werden, wodurch die Ausgleichsleistung und die installierte Gesamtleistung einen Kleinstwert erreichen. In der Energiebilanz soll die Jahresarbeit verschiedener Kraftwerkgruppen so festgelegt werden, dass die unversiegenden Energiequellen, die minderwertigen

Brennstoffe und in Zukunft die Kernenergie einen möglichst hohen Anteil der Energie liefern.

Wenn die Höchstlast des Verbundnetzes die Leistung einzelner Kraftwerkarten erheblich übertrifft, dann können die verschiedenen *Lastzonen* den am besten geeigneten Kraftwerkgruppen zugeteilt werden. So müssen die Grundlastwerke die örtlichen Energiequellen ausnützen, geringe arbeitsabhängige Betriebskosten und einen guten Wirkungsgrad aufweisen. Zur Spitzendeckung und für Reservezwecke sind dagegen Werke mit niedrigen Errichtungskosten vorzusehen, welche schnell angefahren werden können.

Die verfügbare Leistung abhängiger Kraftwerke verändert sich je nach dem Energieanfall ihrer Energiequelle. *Wasserkraftwerke* stellen eine Kraftwerksart dar, deren Auslegung und Betrieb von der Energiequelle sehr stark beeinflusst werden. Die Energiequelle setzt sowohl die installierte Leistung wie auch die Jahreserzeugung dieser Anlagen und die ihnen zugewiesene Lastart fest. Die veränderliche Energieerzeugung stellt die charakteristische Eigenheit der Wasserkraftwerke dar, wobei die Unterschiede zwischen der Energieerzeugung und den Lastforderungen mittels der Wasserspeicher einigermaßen überbrückt werden können; danach unterscheidet man Lauf-, Klein- und Großspeicherwerke. Die Leistung der Laufwerke ist naturbedingt, und sie können nur dann ohne Wasserverluste arbeiten, wenn ihre Rolle in der Leistungsbilanz des Verbundbetriebes gering ist (Fig. 7). Es ist nicht möglich, in Laufwerken eine Leistungsreserve für das Verbundsystem bereitzustellen, weil sie keine Energieträger-Vorräte besitzen.

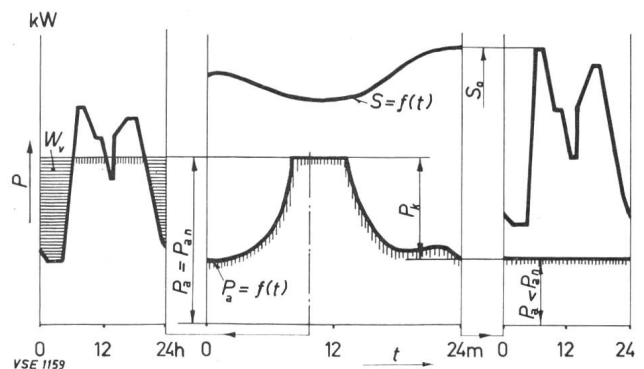


Fig. 7

### Einsatz der Laufwerke

$P$  Leistung;  $t$  Zeit;  $S = f(t)$  Jahreskurve der Tageslastspitzen;  $S_0$  Jahreshöchstlast;  $P_a = f(t)$  verfügbare Leistung der Laufwerke;  $P_{an}$  installierte Leistung der Laufwerke;  $P_k$  benötigte Ausgleichsleistung;  $W_v$  Energieverluste bei hoher Wasserführung

Die *Wasserkraftwerke mit Kleinspeichern* sind verhältnismässig elastische Kraftanlagen, die sich den täglichen Lastschwankungen anpassen können. Durch die Verschiebung ihrer Lastzonen, je nach der Wasserführung, wird ihre verfügbare Spitzenleistung ausgeglichener und die Ausgleichsleistung entsprechend vermindert [11, 31] (Fig. 8). Dabei werden die Maschinengruppen bei sinkender Wasserführung zur Deckung der Spitzenlast eingesetzt, um eine ausreichende Spitzenleistung aufrecht-



zuerhalten. Die Gruppen, welche zufolge des Wassermangels nicht ihre volle Wirkleistung zu entwickeln vermögen, können zur Erzeugung von Blindenergie verwendet werden, wodurch die verfügbare

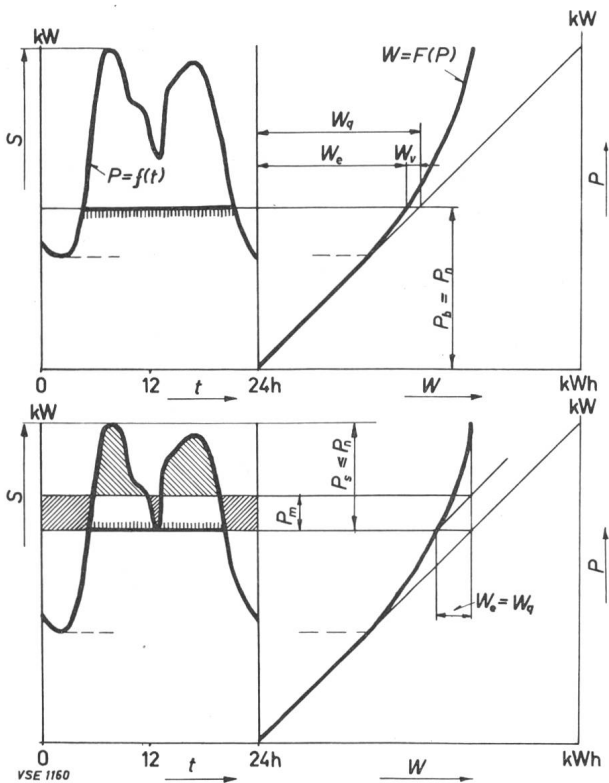


Fig. 8

#### Einsatz der regelbaren Wasserkraftwerke

Oben: bei hoher Wasserführung (Grundlastbetrieb)

Unten: bei niedriger Wasserführung (Spitzenlastbetrieb)

$P$  Leistung;  $t$  Zeit;  $P = f(t)$  Tageslastkurve;  $W = F(P)$  Integralkurve der Energie;  $W_q$  verfügbare Wasserenergie;  $W_e$  ausgenutzte Energie;  $W_v$  Energieverluste;  $P_b$  verfügbare Grundlastleistung;  $P_n$  installierte Leistung;  $P_s$  verfügbare Spitzenleistung;  $P_m$  mittlere Leistung

Leistung anderer Kraftwerke entsprechend erhöht wird.

Wasserkraftwerke mit Großspeichern können ihre Energieerzeugung entsprechend dem Leistungsbedarf auf verschiedene Jahreszeiten verteilen. Der Wasservorrat wird dann verarbeitet, wenn die verfügbare Leistung der abhängigen Kraftwerke stark zurückgeht. Speicherwerke sind sehr elastische Kraftanlagen und sie stellen dem Verbundbetrieb relativ billige Ausgleichsleistung zur Verfügung. Wenn in Zukunft zur Deckung der Grundlast auch Kernkraftwerke herangezogen werden, sollten die Speicherwerke in vermehrtem Masse in den Dienst der Leistungsregelung gestellt werden, weil die Spitzenlastzone der Verbundsysteme fortwährend an Bedeutung gewinnt. Die Maschinengruppen von Wasserwerken können sehr schnell angefahren werden; sie arbeiten in einem breiten Lastbereich mit einem guten Wirkungsgrad und benötigen in Betriebsbereitschaft keinen Energieträger. Deshalb sind diese Werke zur Spitzendeckung und für Reservezwecke sehr gut geeignet. Obgleich der Bau von Wasserwerken grosse Investitionen erfordert, ist ihre Kostenstruktur für den Spitzenbetrieb günstig, weil die festen Kosten hoch, der Anteil der leistungsabhängigen Kosten jedoch verhältnismässig klein ist. Die Aufwendungen für die Wasserbauten betragen ungefähr 60...75 % der gesamten Baukosten; sie werden von der installierten Maschinenleistung nur wenig beeinflusst, so dass eine Erhöhung der Maschinenleistung relativ bescheidene zusätzliche Kosten verursacht [14, 32, 33]. Es rechtfertigt sich deshalb, in Wasserkraftwerken Maschinen mit grosser Leistung zu installieren, um die Tagesspitze übernehmen und die Leistungsbilanz des Verbundsystems verbessern zu können. Aus diesem Grunde ist im allgemeinen die Maschinenleistung der neuen Wasserkraftwerke grösser als bei entsprechenden älteren Anlagen.

(Fortsetzung folgt)

## Literatur

Statistical Year-book of the World Power Conference Number 9. London, Percy Lund, Humphries & Co. Ltd., 1960; 4°, 216 S., 20 Tab. — Preis: geb. Fr. 44.— (beim Sekretariat des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, Bahnhofplatz 3, Zürich, zu bestellen).

Das Statistische Jahrbuch Nr. 9 der Weltkraftkonferenz, das kürzlich im Verlag Percy Lund, Humphries & Co. Ltd., London, erschienen ist, setzt die Reihe dieser wertvollen, auf das Jahr 1933 zurückreichenden Publikationen fort. Im Statistischen Jahrbuch der Weltkraftkonferenz werden für sämtliche Energieträger aller Länder der Welt jährliche Energiebilanzen aufgestellt. Dabei haben sich die Herausgeber das Ziel gesetzt, mittels Verwendung genauer Begriffsbestimmungen statistische Daten zu veröffentlichen, die einen zuverlässigen energiewirtschaftlichen Vergleich zwischen den verschie-

denen Ländern, und zwar bis auf das Jahr 1933 zurück, erlauben.

Wie die früheren Ausgaben gibt auch die vorliegende Nummer 9 Auskunft über die Brennstoff- und Energievorräte der Länder sowie über die jährlichen Daten der Erzeugung, Lagerhaltung, Einfuhr/Ausfuhr und des Verbrauches der einzelnen Energieträger. Diese Angaben betreffen die Jahre 1954...1957; in vielen Fällen enthält das Jahrbuch ebenfalls Zahlen über das Jahr 1958.

Die Anschaffung dieses Werkes, das eine vollständige und zuverlässige Energiestatistik der Welt darstellt, kann allen Personen und Stellen, die sich mit energiewirtschaftlichen Fragen befassen, nur empfohlen werden. Für weitere Auskünfte wende man sich an das Sekretariat des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, Bahnhofplatz 3, Zürich, welches auch die Bestellungen entgegennimmt.

## Wirtschaftliche Mitteilungen

### Bemerkungen zur Inbetriebnahme des «Diorit»

Über die feierliche und eindrucksvolle Inbetriebnahme des Schwerwasser-Reaktors Diorit in Würenlingen am 26. August 1960 hat die Tagespresse sehr ausführlich berichtet. Zwei Feststellungen verdienen es indessen, auch nachdem die schönen Einweihungsreden verrauscht sind, in unserem Fachorgan besonders herausgestellt zu werden:

1. Da ist einmal der Blick auf das nächste grosse Ziel zu werfen, das es zu erreichen gilt, und das von Bundespräsident Petitpierre wie folgt umschrieben wurde: Die Realisierung des Baues eines Versuchs-Atomkraftwerkes in Lucens durch die vereinigte Anstrengung der drei aus verschiedenen Firmen gebildeten Gesellschaften, nämlich der Energie Nucléaire S. A., der Thermatom A. G. und der Suisatom A. G. Die Bildung der vorgesehenen gemeinsamen nationalen Gesellschaft

ist eine Aufgabe, die von den Elektrizitätswerken und der Industrie noch sehr grosse Opfer und ein weites Vorausdenken verlangt, wenn der Pioniergeist von Würenlingen weiter die treibende Kraft bleiben soll.

2. Die zweite Feststellung stammt von *Schulratspräsident Prof. Pallmann* und betrifft seine Mitteilung, dass das neue, von der ETH übernommene *Eidgenössische Institut für Reaktorforschung* einen jährlichen Betriebskreditbedarf haben wird, welcher der Hälfte der Voranschlagsausgaben der ganzen ETH-Ausgaben gleichkommt und z. B. jenen der EMPA um das Doppelte überrundet. Aus diesem Vergleich wird ersichtlich, dass der Bund hier ein teures Geschenk übernimmt, das für die in der Reaktor A-G. vertretene Wirtschaft, wozu auch die Elektrizitätswerke gehören, begreiflicherweise zu kostspielig geworden ist.

Es ist zu hoffen, dass die neu gefundene Formel für die Aufgabenteilung und für die Sicherung der Zusammenarbeit zwischen Hochschule, Industrie und Wirtschaft unter Vermeidung von Doppelspurigkeiten und Friktionen sich in der Praxis bewährt. Möge sie den Weg in eine Zukunft vorbereiten helfen, in welcher der Bau von Reaktor-Typen möglich wird, die es im Hinblick auf den bevorstehenden Endausbau unserer Wasserkraft gestatten, auf *wirtschaftlicher Basis mit den herkömmlichen Energiequellen in Konkurrenz zu treten.*

F. Wanner

### Unverbindliche mittlere Marktpreise

je am 20. eines Monats

#### Metalle

		August	Vormonat	Vorjahr
Kupfer (Wire bars) 1)	sFr./100 kg	299.—	312.50	289.—
Banka/Billiton-Zinn 2)	sFr./100 kg	975.—	1010.—	987.—
Blei 1)	sFr./100 kg	88.—	89.—	93.25
Zink 1)	sFr./100 kg	108.—	112.—	106.50
Stabeisen, Formeisen 3)	sFr./100 kg	58.50	58.50	54.50
5-mm-Bleche 3)	sFr./100 kg	56.—	56.—	54.—

1) Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 50 t.

2) Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 5 t.

3) Preise franko Grenze, verzollt, bei Mindestmengen von 20 t.

### Flüssige Brenn- und Treibstoffe

		August	Vormonat	Vorjahr
Reinbenzin/Bleibenzen 1)	sFr./100 lt.	37.—	37.—	37.—
Dieselöl für strassenmotorische Zwecke 2)	sFr./100 kg	32.55	32.55	35.15
Heizöl Spezial 2)	sFr./100 kg	13.95	13.95	16.15
Heizöl leicht 2)	sFr./100 kg	13.25	13.25	15.45
Industrie-Heizöl mittel (III) 2)	sFr./100 kg	9.80	9.90	12.10
Industrie-Heizöl schwer (V) 2)	sFr./100 kg	8.70	8.70	10.90

1) Konsumenten-Zisternenpreise, franko Schweizer-grenze Basel, verzollt, inkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t.

2) Konsumenten-Zisternenpreise (Industrie), franko Schweizer-grenze Buchs, St. Margrethen, Basel, Genf, verzollt, exkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 20 t. Für Bezug in Chiasso, Pino und Iselle reduzieren sich die angegebenen Preise um sFr. 1.—/100 kg.

#### Kohlen

		August	Vormonat	Vorjahr
Ruhr-Brechkoks I/II 1)	sFr./t	105.—	105.—	105.—
Belgische Industrie-Fettkohle				
Nuss II 1)	sFr./t	73.50	73.50	81.—
Nuss III 1)	sFr./t	71.50	71.50	78.—
Nuss IV 1)	sFr./t	71.50	71.50	76.—
Saar-Feinkohle 1)	sFr./t	68.—	68.—	72.—
Französischer Koks, Loire 1)	sFr./t	124.50	124.50	124.50
Französischer Koks, Nord 1)	sFr./t	118.50	118.50	119.—
Polnische Flammkohle				
Nuss I/II 2)	sFr./t	75.—	75.—	88.50
Nuss III 2)	sFr./t	73.—	73.—	82.—
Nuss IV 2)	sFr./t	73.—	73.—	82.—

1) Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon Basel, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie.

2) Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon St. Margrethen, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie.

### Energiewirtschaft der SBB im 2. Quartal 1960

620.9 : 621.33(494)

Erzeugung und Verbrauch	2. Quartal (April — Mai — Juni)					
	1960			1959		
	GWh	in % des Totals	in % des Gesamttotals	GWh	in % des Totals	in % des Gesamttotals
<b>A. Erzeugung der SBB-Kraftwerke</b>						
Kraftwerke Amsteg, Ritom, Vernayaz, Barberine, Massaboden, sowie Nebenkraftwerke Göschenen und Trient						
Total der erzeugten Energie (A)	214,8		63,9	210,0		68,0
<b>B. Bezogene Energie</b>						
a) von den Gemeinschaftswerken Etzel und Ruppertswil-Auenstein	56,5	46,6	16,8	36,1	36,6	11,7
b) von fremden Kraftwerken (Miéville, Mühleberg, Spiez, Gösigen, Lungernsee, Seebach und Küblis)	64,7	53,4	19,3	62,6	63,4	20,3
Total der bezogenen Energie (B)	121,2	100,0	36,1	98,7	100,0	32,0
Gesamttotal der erzeugten und der bezogenen Energie (A + B)	336,0		100,0	308,7		100,0
<b>C. Verbrauch</b>						
a) für den Bahnbetrieb	264,9	78,8		253,5	82,2	
b) Eigenverbrauch sowie Übertragungsverluste	47,0	14,0		39,6	12,8	
c) Abgabe an Dritte	10,7	3,2		10,3	3,3	
d) Abgabe von Überschussenergie	13,4	4,0		5,4	1,7	
Total des Verbrauches (C)	336,0	100,0		308,7	100,0	

# Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie durch die schweizerischen Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Die Statistik umfasst die Erzeugung der Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte. Nicht inbegriffen ist also die Erzeugung der bahn- und industrieeigenen Kraftwerke für den eigenen Bedarf.

Monat	Energieerzeugung und Bezug											Speicherung				Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Betriebsmonat — Entnahme + Auffüllung			
	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	%	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60		
	in Millionen kWh											%	in Millionen kWh				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober . .	1355	1067	1	21	52	39	21	291	1429	1418	— 0,8	3094	2672	— 32	— 354	235	175
November .	1176	1002	2	27	23	36	74	341	1275	1406	+10,3	2844	2320	— 250	— 352	124	129
Dezember . .	1151	1045	2	31	21	37	147	338	1321	1451	+ 9,8	2398	1928	— 446	— 392	125	122
Januar . . .	1192	1143	2	21	26	40	99	233	1319	1437	+ 8,9	1943	1513	— 455	— 415	128	108
Februar . .	1114	1039	1	26	24	32	99	272	1238	1369	+10,6	1368	1085	— 575	— 428	135	94
März . . .	1186	1184	1	8	27	31	65	187	1279	1410	+10,2	961	716	— 407	— 369	145	124
April . . .	1259	1181	1	0	24	30	19	127	1303	1338	+ 2,7	668	523	— 293	— 193	140	133
Mai . . . .	1299	1433	0	5	56	79	31	99	1386	1616	+16,6	920	1020	+ 252	+ 497	255	349
Juni . . . .	1375	1650	1	0	84	105	56	18	1516	1773	+17,0	1674	2089	+ 754	+1069	347	486
Juli . . . .	1399	1636	1	1	85	88	69	9	1554	1734	+11,6	2518	2809	+ 844	+ 720	382	440
August . . .	1315		1		75		57		1448			2984		+ 466		303	
September .	1130		11		54		177		1372			3026 <sup>4)</sup>		+ 42		242	
Jahr . . . .	14951		24		551		914		16440							2561	
Okt.-März .	7174	6480	9	134	173	215	505	1662	7861	8491	+ 8,0			—2165	—2310	892	752
April-Juli .	5332	5900	3	6	249	302	175	253	5759	6461	+12,2			+1557	+2093	1124	1408

Monat	Verteilung der Inlandabgabe											Inlandabgabe inklusive Verluste					
	Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft		Industrie		Chemische metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel <sup>1)</sup>		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicherpumpen <sup>2)</sup>		ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr <sup>3)</sup> %	mit Elektrokessel und Speicherpump.	
	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	%	1958/59	1959/60
	in Millionen kWh																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober . .	567	604	215	230	168	184	27	5	59	66	158	154	1153	1232	+ 6,9	1194	1243
November .	576	622	203	227	157	185	10	3	68	84	137	156	1137	1257	+10,6	1151	1277
Dezember . .	607	655	203	223	165	182	6	3	67	95	148	171	1186	1307	+10,2	1196	1329
Januar . . .	609	663	202	218	157	183	6	4	72	95	145	166	1183	1307	+10,5	1191	1329
Februar . .	544	617	196	219	150	193	8	4	68	88	137	154	1092	1259	+15,3	1103	1275
März . . .	558	627	194	232	166	204	16	4	68	75	132	144	1115	1277	+14,5	1134	1286
April . . .	532	568	205	208	206	224	26	6	56	61	138	138	1135	1190	+ 4,8	1163	1205
Mai . . . .	520	570	191	215	181	214	41	26	50	61	148	181	1072	1206	+12,5	1131	1267
Juni . . . .	505	539	207	214	170	205	58	63	50	60	179	206	1079	1174	+ 8,8	1169	1287
Juli . . . .	499	559	197	207	173	203	60	68	59	68	184 (39)	189 (36)	1073	1190	+10,9	1172	1294
August . . .	509		197		171		39		62		167		1078			1145	
September .	534		219		162		14		57		144		1109			1130	
Jahr . . . .	6560		2429		2026		311		736		1817 (156)		13412			13879	
Okt.-März .	3461	3788	1213	1349	963	1131	73	23	402	503	857 (30)	945 (77)	6866	7639	+11,3	6969	7739
April-Juli .	2056	2236	800	844	730	846	185	163	215	250	649 (91)	714 (130)	4359	4760	+ 9,2	4635	5053

<sup>1)</sup> Mit einer Anschlussleistung von 250 kW und mehr und mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage.  
<sup>2)</sup> Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.  
<sup>3)</sup> Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.  
<sup>4)</sup> Speichervermögen Ende September 1959: 3440 Millionen kWh.

# Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft

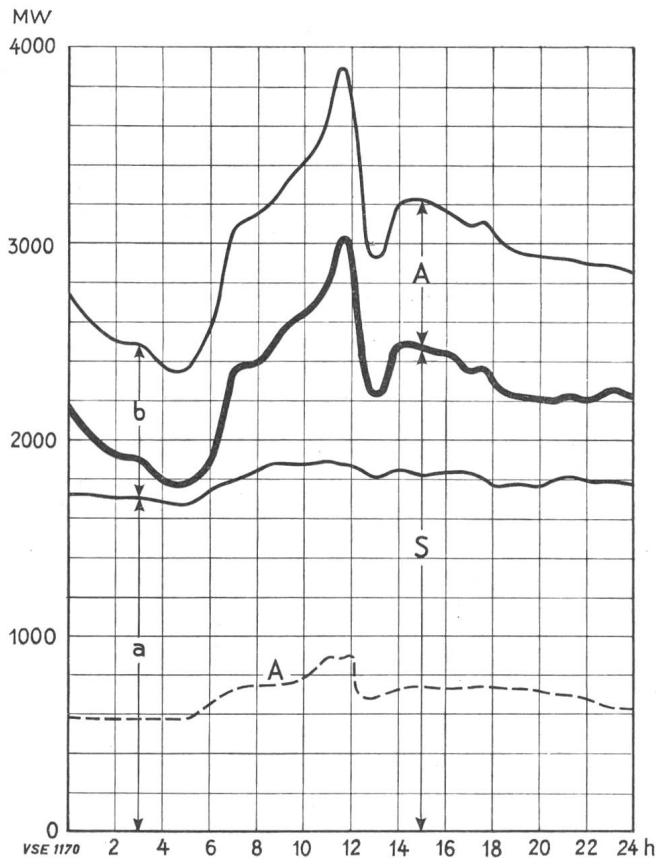
Die nachstehenden Angaben beziehen sich sowohl auf die Erzeugung der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung wie der bahn- und industrieeigenen Kraftwerke.

Monat	Energieerzeugung und Einfuhr									Speicherung				Energieausfuhr		Gesamter Landesverbrauch		
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Einfuhr		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung		Energieausfuhr		Gesamter Landesverbrauch		
	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60		1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	
	in Millionen kWh									%	in Millionen kWh							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Oktober . .	1639	1300	7	31	21	307	1667	1638	— 1,7	3331	2897	— 34	— 387	238	195	1429	1443	
November .	1377	1161	9	38	75	362	1461	1561	+ 6,8	3063	2517	— 268	— 380	128	134	1333	1427	
Dezember . .	1324	1193	10	41	149	358	1483	1592	+ 7,3	2579	2091	— 484	— 426	132	128	1351	1464	
Januar . . .	1353	1281	11	33	99	253	1463	1567	+ 7,1	2080	1640	— 499	— 451	135	114	1328	1453	
Februar . .	1250	1158	11	38	101	290	1362	1486	+ 9,1	1463	1181	— 617	— 459	143	104	1219	1382	
März . . . .	1351	1345	8	18	69	202	1428	1565	+ 9,6	1016	769	— 447	— 412	160	138	1268	1427	
April . . . .	1459	1396	8	9	26	133	1493	1538	+ 3,0	710	563	— 306	— 206	174	163	1319	1375	
Mai . . . . .	1629	1781	5	12	34	100	1668	1893	+13,5	992	1120	+ 282	+ 557	295	390	1373	1503	
Juni . . . . .	1763	2064	5	6	56	18	1824	2088	+14,5	1821	2315	+ 829	+1195	390	535	1434	1553	
Juli . . . . .	1787	2047	6	6	70	9	1863	2062	+10,7	2739	3099	+ 918	+ 784	428	498	1435	1564	
August . . .	1684		6		59		1749			3237		+ 498		349		1400		
September .	1462		17		183		1662			3284 <sup>*)</sup>		+ 47		288		1374		
Jahr . . . . .	18078		103		942		19123							2860		16263		
Okt.-März .	8294	7438	56	199	514	1772	8864	9409	+ 6,1			— 2349	— 2515	936	813	7928	8596	
April-Juli .	6638	7288	24	33	186	260	6848	7581	+10,7			+1723	+2330	1287	1586	5561	5995	

Monat	Verteilung des gesamten Landesverbrauches														Landesverbrauch ohne Elektrokessel und Speicherpumpen	Veränderung gegen Vorjahr	
	Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel <sup>1)</sup>		Bahnen		Verluste		Verbrauch der Speicherpumpen				
	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	1958/59	1959/60	
	in Millionen kWh														%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober . .	580	613	241	255	285	274	30	6	114	122	164	166	15	7	1384	1430	+ 3,3
November .	588	634	228	257	238	234	15	4	109	123	151	157	4	18	1314	1405	+ 6,9
Dezember . .	620	668	227	251	210	221	8	4	118	131	163	170	5	19	1338	1441	+ 7,7
Januar . . .	622	677	228	250	187	210	8	6	120	128	160	163	3	19	1317	1428	+ 8,4
Februar . .	556	630	218	249	174	209	10	5	108	120	150	156	3	13	1206	1364	+13,1
März . . . .	570	639	219	266	199	234	19	6	113	122	145	155	3	5	1246	1416	+13,6
April . . . .	543	580	231	237	255	278	28	11	108	112	152	147	2	10	1289	1354	+ 5,0
Mai . . . . .	531	581	215	245	298	324	51	38	108	112	150	166	20	37	1302	1428	+ 9,7
Juni . . . . .	516	551	231	243	302	330	68	80	113	116	168	178	36	55	1330	1418	+ 6,6
Juli . . . . .	512	571	221	237	303	333	68	83	120	123	168	177	43	40	1324	1441	+ 8,8
August . . .	522		218		305		44		119		161		31		1325		
September .	545		239		290		17		113		160		10		1347		
Jahr . . . . .	6705		2716		3046		366		1363		1892		175		15722		
Okt.-März .	3536	3861	1361	1528	1293	1382	90	31	682	746	933	967	33	81	7805	8484	+ 8,7
April-Juli .	2102	2283	898	962	1158	1265	215	212	449	463	638	668	101	142	5245	5641	+ 7,6

<sup>1)</sup> Mit einer Anschlussleistung von 250 kW und mehr und mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage.  
<sup>2)</sup> Speichervermögen Ende September 1959: 3750 Millionen kWh.

# Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz



## 1. Verfügbare Leistung, Mittwoch, den 20. Juli 1960

	MW
Laufwerke auf Grund der Zuflüsse, Tagesmittel	1800
Saisonspeicherwerke, 95 % der Ausbauleistung	3170
Thermische Werke, installierte Leistung	190
Einfuhrüberschuss zur Zeit der Höchstleistung	—
Total verfügbar	5160

## 2. Aufgetretene Höchstleistungen, Mittwoch, den 20. Juli 1960

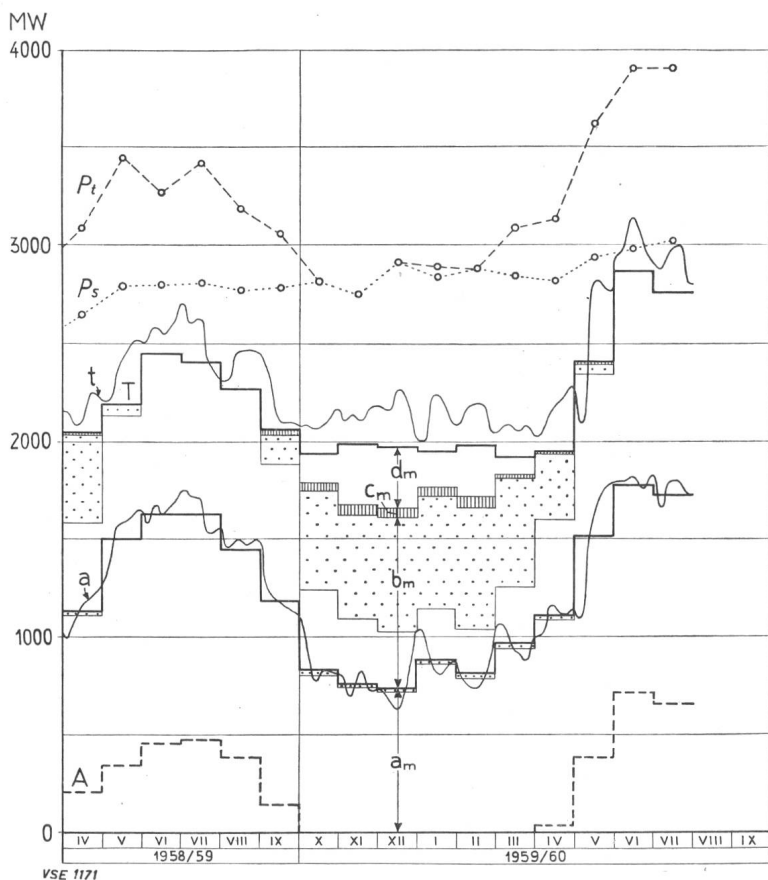
Gesamtverbrauch	3900
Landesverbrauch	3020
Ausfuhrüberschuss	920

## 3. Belastungsdiagramm, Mittwoch, den 20. Juli 1960 (siehe nebenstehende Figur)

- a Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochen-speicher)
- b Saisonspeicherwerke
- c Thermische Werke (unbedeutend)
- d Einfuhrüberschuss (keiner)
- S + A Gesamtbelastung
- S Landesverbrauch
- A Ausfuhrüberschuss

## 4. Energieerzeugung und -verwendung

	Mittwoch 20. Juli	Samstag 23. Juli	Sonntag 24. Juli
GWh (Millionen kWh)			
Laufwerke	43,0	41,8	39,4
Saisonspeicherwerke	28,7	23,2	15,4
Thermische Werke	0,3	0,1	0,1
Einfuhrüberschuss	—	—	—
Gesamtabgabe	72,0	65,1	54,9
Landesverbrauch	55,3	47,7	37,9
Ausfuhrüberschuss	16,7	17,4	17,0



## 1. Erzeugung an Mittwochen

- a Laufwerke
- t Gesamtzeugung und Einfuhrüberschuss

## 2. Mittlere tägliche Erzeugung in den einzelnen Monaten

- a<sub>m</sub> Laufwerke, wovon punktiertes Teil aus Saisonspeicherwasser
- b<sub>m</sub> Speicherwerke, wovon punktiertes Teil aus Saisonspeicherwasser
- c<sub>m</sub> Thermische Erzeugung
- d<sub>m</sub> Einfuhrüberschuss

## 3. Mittlerer täglicher Verbrauch in den einzelnen Monaten

- T Gesamtverbrauch
- A Ausfuhrüberschuss
- T-A Landesverbrauch

## 4. Höchstleistungen am dritten Mittwoch jedes Monats

- P<sub>s</sub> Landesverbrauch
- P<sub>t</sub> Gesamtbelastung

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1, Postadresse: Postfach Zürich 23, Telefon (051) 27 51 91, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

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