Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 61 (1970)

Heft: 5

Artikel: Unabhängige Kraftwerke als Ergänzung abhängiger Werke [Fortsetzung]

Autor: Stephenson, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915922

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: 16.07.2025

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

Meiner Ansicht nach sollte noch abschliessend die Warmwasseraufbereitung erwähnt werden, da ja diese mit der elektrischen Heizung sehr eng zusammenhängt. Im Rahmen dieser Ausführungen möchte ich dieses Problem allerdings nicht aufgreifen und überlasse gerne dieses Thema den Spezialisten. In dieser Beziehung müsste man jedoch die neuesten technischen Fortschritte und Tarifbedingungen berücksichtigen, welche von verschiedenen Elektrizitätswerken dieser Kategorie von Verbrauchern eingeräumt werden.

Adresse des Autors:
H. Spicher, Ing., Chemin Bel Horizon, 1110 Morges.

Unabhängige Kraftwerke als Ergänzung abhängiger Werke

Ein Diskussionsbeitrag von *H. Stephenson,* Wien

Fortsetzung aus Nr. 4/69

3. Ermittlung des Energiebedarfes

3.1 Grundsätzliche Erwägungen

Erfolgt die Energieversorgung vorwiegend durch vom jeweiligen Wasserdargebot abhängige Laufwasserkraftwerke, so wird der bedarfsgerechte Kraftwerksausbau in hohem Masse von den Schwankungen des Wasserdargebotes beeinflusst. Die genaue Kenntnis des Ablaufes der Wasserführung und eine möglichst exakte Schätzung der Bedarfsentwicklung sind erforderlich, um zu entscheiden, welche Kraftwerkstypen als wirtschaftlich optimale Ergänzung zu den Laufwasserkraftwerken gebaut werden sollen.

Die «Hydraulizität» [4], ein relativer Begriff, der sich für ein bestimmtes Gebiet aus der Relation des jeweiligen zum mittleren Erzeugungsvermögen über eine möglichst lange Beobachtungsreihe ergibt, oder Aufzeichnungen über die mittleren Wasserdargebote innerhalb bestimmter Zeiträume genügen nicht für die Planung des künftigen Kraftwerksausbaues.

Für die Ermittlung der Fehl- und Überschussenergien sind nicht die Dauerlinien für die Maxima, Minima oder Mittelwerte der Wasserdargebote, sondern die Dauerlinie (de), wie sie für den dritten Monat in Fig. 6 eingezeichnet ist, die das grösste Maximum, das kleinste Minimum und das mittlere arbeitsmässige Dargebot innerhalb einer grösseren Zeitspanne darstellt, massgebend.

Nachstehend werden zwei Verfahren beschrieben, die die Analyse des Energiebedarfes vornehmen und in einfacher Weise und mit ausreichender Genauigkeit die

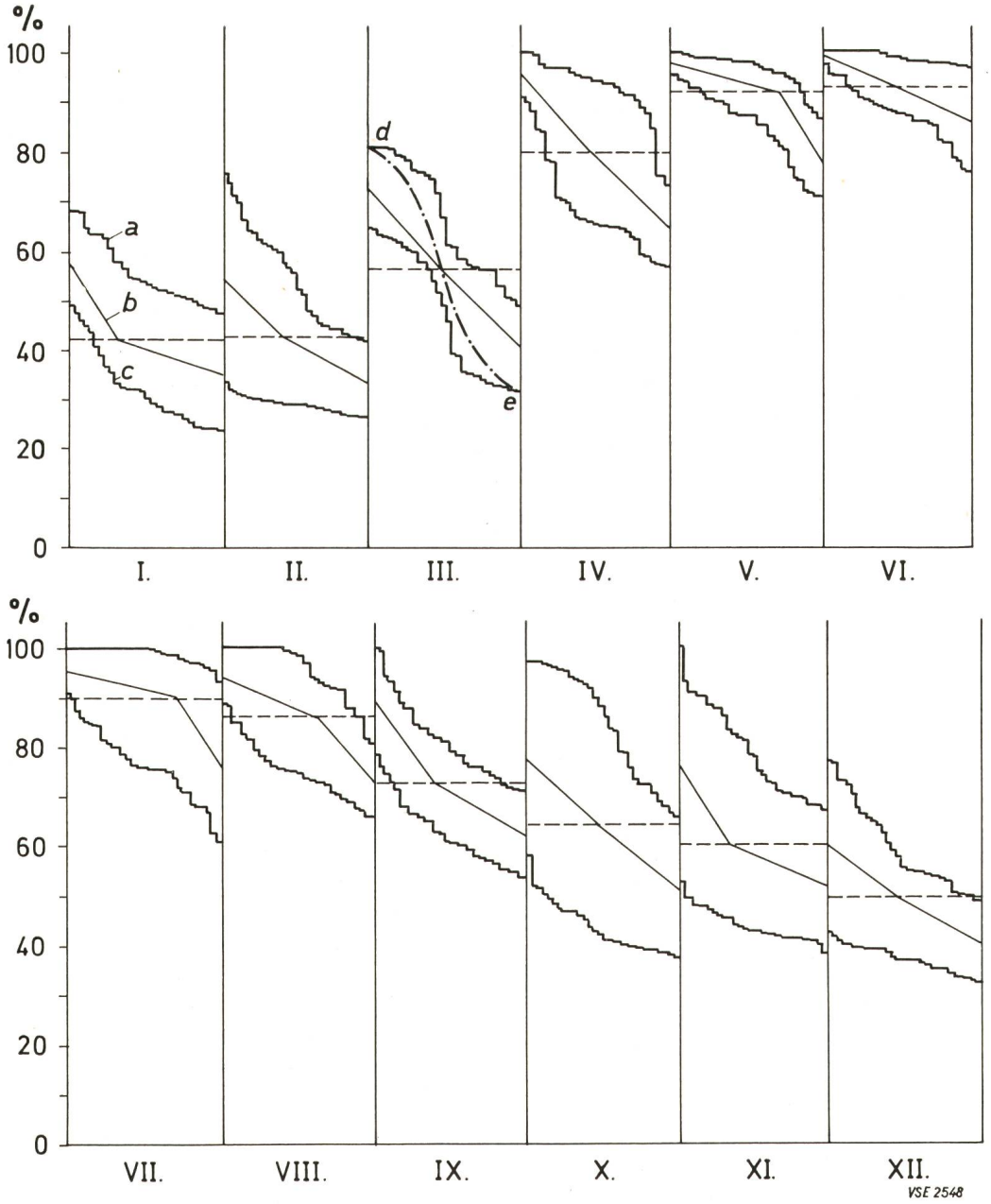

Fig. 6
Geordnetes Laufwasserdargebot (Monatsdauerlinien in % vom Vollwasser
a) max. Dargebot
b) mittl. Dargebot
c) min. Dargebot
— — — — Monatsdurchschnitt (Regeljahr)
— · — · — (de) arbeitsmässiger Monatsdurchschnitt mit extremen Maxima und Minima

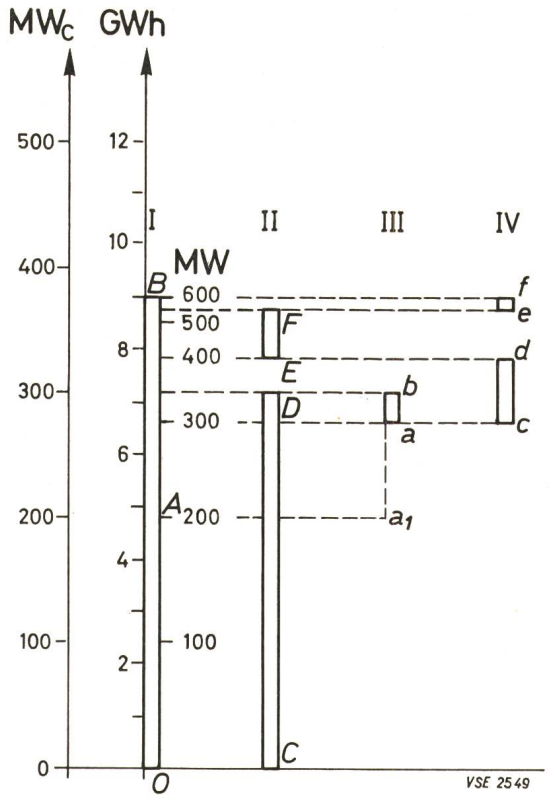

Fig. 7
Ermittlung des Fehlbedarfs bzw. Überschussenergien für einen bestimmten Tag
I Bedarf; II Dargebot; CD Laufenergie; EF Kurzzeitspeicher und Schwellenergie; III Überschuss; IV Fehlenergie

EF:

Dargebot aus Kurzzeitspeicherkraftwerken und aus Schwellwerken (1 GWh / 150 MW).

Diese Energie wird in den Maßstab OB derart eingebaut, dass der Arbeit in der Höhe von 1 GWh eine Leistung von 150 MW am Leistungsmaßstab gegenübersteht. (Im vorliegenden Falle konnte diese Arbeit zwischen den Leistungen 400 und 550 MW untergebracht werden.)

3. Überschuss (ab):

Aus dem Bedarfsmaßstab I) ist zu ersehen, dass der Leistung 300 MW nur eine Arbeit von 6,65 GWh gegenübersteht. Somit ergibt sich ein Überschuss von (7,2 minus 6,65) = 0,55 GWh mit einer Leistung von (300 minus 200) = 100 MW (aa_1).

4. Fehlbedarf:

(cd) zwischen den Leistungen 300 und 400 MW, d.h. 100 MW mit einer Arbeit von etwa 1,1 GWh und (ef) zwischen den Leistungen 550 und 600 MW, d.h. 50 MW mit einer Arbeit von etwa 0,25 GWh.

Die Durchführung einer derartigen Bedarfsanalyse wird anhand eines Beispieles für die Wochentage von Montag bis Freitag und für die Sonn- und Feiertage eines Monats erläutert (Fig. 8) [5].

Gegeben sind:

1. die durchschnittliche Tagesbelastung (On) für 20 Wochentage von Montag bis Freitag mit je 14 GWh / 800 MW und einer Mindestleistung (N_c) von 350 MW und (Figur rechts) für 5 Sonn- und Feiertage mit je 10 GWh / 650 MW und einer Mindestleistung (N_c) von 300 MW;

Fehlenergien und Überschussenergien, und zwar arbeitsmässig und leistungsmässig, innerhalb jeden Monates feststellen lassen. Der künftige Energiebedarf wird nach gleichartigen Tagesbelastungen ermittelt, und zwar für Wochentage von Montag bis Freitag, für Samstage und für Sonn- und Feiertage. Diagramme dieser drei Gruppen entsprechen dem mittleren Tagesbedarf mit der grössten Spitzenleistung und der kleinsten tageskonstanten Grundlast, die dem geordneten Wasserdargebot (Dauerlinie) für den betreffenden Monat gegenübergestellt wird.

3.2 Graphische Verfahren

3.2.1 Bedarfsanalyse mit Hilfe der Leistungsschichtlinien

Wie aus Fig. 7 zu ersehen, wurde folgendes angenommen:

1. OB:

Tagesbedarf (9 GWh / 600 MW) mit einer tageskonstanten Leistung (OA) von 200 MW.

2. CD:

Laufwasserdargebot [7,2 GWh / 300 MW (Skala MW_c)]. —

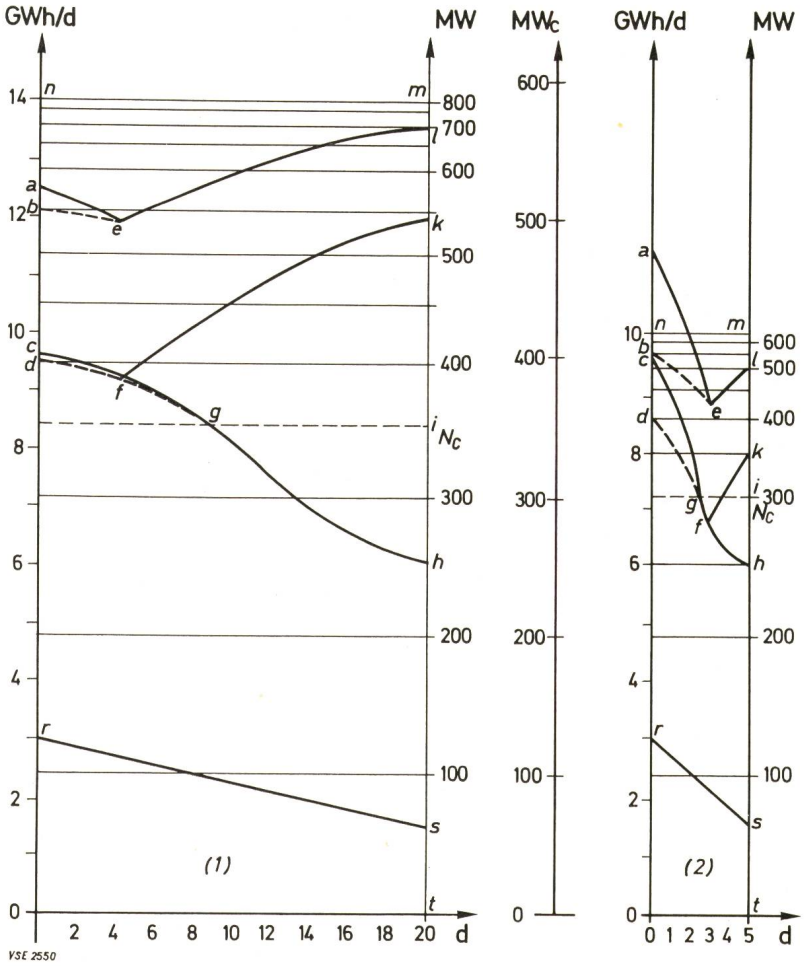

Fig. 8
Graphische Ermittlung der Fehl- und Überschussenergien mit Hilfe der Leistungsschichtenlinien
(1) 20 Arbeitstage von Montag bis Freitag je Monat; (2) 5 Sonn- und Feiertage je Monat

2. das geordnete Laufwasserdargebot (ch) mit Schwankungen zwischen 250 und 400 MW (Skala MW_c);

3. Kurzzeitspeicherkraftwerke mit einem täglichen Arbeitsvermögen, schwankend zwischen 1,5 und 3 GWh (rs) und einer Leistung von 150 MW.

Daraus ergeben sich:

α) für die Wochentage: Überschuss an Laufwasserenergie: mit einer Arbeit gegeben durch die Fläche (cdgc) mit einer Leistung von 400 MW (Laufwasser) minus 350 MW (tageskonstanter Bedarf N_c) = 50 MW.

Überschuss der Kurzzeitspeicherkraftwerke: mit einer Arbeit gegeben durch die Fläche (abea) und ihrer Nennleistung von 150 MW. [An der Ordinatenachse wird das Arbeitsvermögen der Kurzzeitspeicherkraftwerke (Or) dem verwertbaren Laufwasserdargebot (Od) überlagert (ad = Or).] Da nur eine Leistung von 150 MW (db) zur Verfügung steht, verbleibt an diesem Tage ein Überschuss von (ab). In der Folge wird die Speicherenergie in die restliche Bedarfsfläche (ndhmn) derart eingebaut, dass die jeweiligen Energiemengen zwischen den Werten (Or) und (ts) mit der installierten Leistung der Speicherkraftwerke in der Höhe von 150 MW den Arbeitswerten des Belastungsdiagramms entsprechen. Die verwertbare Energie aus den Kurzzeitspeicherkraftwerken ergibt sich somit aus der Fläche (dfklebd).

β) für die Sonn- und Feiertage wird in gleicher Weise verfahren. Der Überschuss aus den Laufwasserkraftwerken ergibt sich durch die Fläche (cdgc) mit einer Leistung von (400 minus 300) = 100 MW. Der Überschuss aus den Kurzzeitspeicherkraftwerken wird durch die Fläche (abea) dargestellt.

Der Fehlbedarf, der durch Einsatz von unabhängigen Kraftwerken zu decken ist, ergibt sich somit aus den Flächen (fhkf) und (nbelmn).

3.2.2 Bedarfsanalyse mit Hilfe der Energieinhaltslinien

Diese Analyse wird für die Wochentage von Montag bis Freitag anhand der Energieinhaltslinie (Fig. 5), die einen durchschnittlichen Tagesbedarf für einen bestimmten Monat darstellt, besprochen [6]. Dieser Bedarf und das voraussichtliche Laufwasserdargebot sind aus Fig. 9 zu erkennen.

Gegeben sind:

1. die Energieinhaltslinie der durchschnittlichen Tagesbelastung (OS);

2. der tageskonstante Bedarf (OB);

3. das geordnete Wasserdargebot für M Tage (ad) mit Schwankungen zwischen (Oa) und (Md). Die Summe der Wasserdargebote im Zeitabschnitt (OM) ist durch die Fläche (OadMO) gegeben.

Daraus ist zu ersehen: das verwertbare Laufwasserdargebot ist gegeben durch die Linie abc′d′, da das tageskonstante Laufwasser nur bis zum Dargebot b, das dem tageskonstanten Bedarf entspricht, voll verwertet werden kann.

Beträgt das Laufwasserdargebot z. B. (c), dann kann es mit seiner Leistung (OC_2) nur bis zum Punkte C der Energieinhaltlinie verwertet werden, so dass sich ein Überschuss ergibt, der mengenmässig durch (C_1C) und leistungsmässig durch (B_2C_2) gegeben ist. Diese Überschussmenge vom Wasserdargebot c abgesetzt, ergibt daher das verwertbare Dargebot c″. Wird für alle Wasserdargebote von b bis d dasselbe Verfahren angewendet, ergibt sich für den Zeitabschnitt (OM) ein Überschuss, dargestellt durch die Fläche (bc″d″dcb).

Nach Abzug der verwertbaren Laufwasserenergie vom Bedarf ergibt sich somit ein Fehlbedarf, der arbeitsmässig durch die Fläche (aS′S″d″a) und leistungsmässig durch (A_2S_2) gegeben ist.

Stehen zur teilweisen Deckung dieses Fehlbedarfes auch Energien aus Kurzzeitspeicherkraftwerken zur Verfügung (Fig. 10), dann kann sie wie folgt eingesetzt werden:

Gegeben sei für diese Kraftwerkstypen die Arbeit (OK) mit einer Leistung (ON).

Die Koordinaten für die Energie aus den Kurzzeitspeicherkraftwerken (OK) und (ON) werden in das Diagramm derart eingebaut, dass die Punkte N und K gleichzeitig an der Energieinhaltslinie zu liegen kommen. (KN) ist gleich (a_1a_2).

Somit ergibt sich noch ein restlicher Energiebedarf, und zwar die Arbeit (Ca) mit einer Leistung (aa_1) und die Arbeit (a_2l_2) mit einer Leistung (l_2S), die durch unabhängige Kraftwerke gedeckt werden muss.

Eine Analyse des Energiebedarfes nach dem vorbeschriebenen Verfahren ermöglicht, wie aus Fig. 5 zu ersehen ist, auch die Unterteilung des Bedarfes nach «täglichen Ausnützungsstunden».

4. Spezifische Merkmale der Kraftwerkstypen

4.1 Grundsätzliche Erwägungen

Die Aspekte, unter denen eine Klassifizierung der Kraftwerkstypen durchgeführt wird, beschränken sich lediglich auf die wirtschaftliche und bedarfsgerechte Erzeugung elektrischer Energie, und zwar:

1. «unabhängige Kraftwerke», die jederzeit bedarfsgerecht eingesetzt werden können; «abhängige Kraftwerke», die z. B. nur in Abhängigkeit vom Anfall der Rohenergie eingesetzt

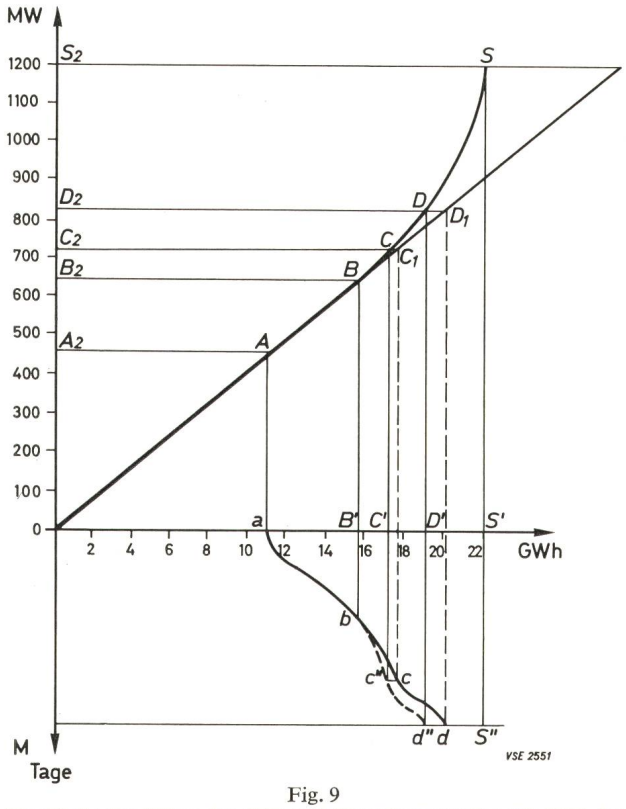

Fig. 9
Graphische Ermittlung der Fehl- und Überschussenergien mit Hilfe der Energieinhaltslinie

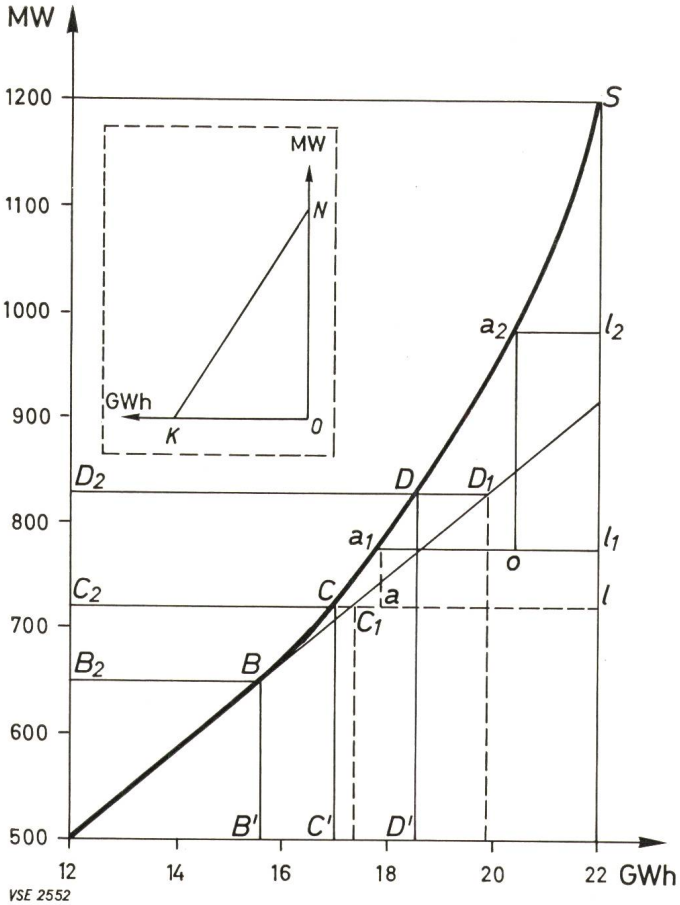

Fig. 10
Abdeckung von Fehlenergie durch Kurzzeitspeicherkraftwerke
KON Energie aus Kurzzeitspeicherkraftwerken; KO Arbeit; NO Leistung

werden können oder wegen Rohenergieüberschuss eingesetzt werden müssen.

Die Bewertung elektrischer Energie aus «abhängigen» Kraftwerken ist daher nach anderen Gesichtspunkten zu beurteilen als Energie aus «unabhängigen» Kraftwerken.

2. Kraftwerke zur Deckung der Tagesgrundlast, der Spitzengrundlast (Trapezlast), der Spitzenenergie und zur Regelung von Frequenz und Leistung.

3. Anfahrzeit der Generatorsätze und ihre Anpassungsfähigkeit an den jeweiligen Leistungsbedarf.

4. Bereitstellung von Reserveleistungen wegen erforderlichen Instandhaltungsarbeiten und Störungsanfälligkeit.

Zu berücksichtigen wäre weiter, dass Abweichungen der Preise gleichartiger Energie der verschiedenen Kraftwerkstypen insbesondere durch den Kapitaldienst beeinflusst werden (feste Jahreskosten je kWh).

4.2 Hydraulische Kraftwerke

4.2.1 Laufwasserkraftwerke ohne Vorspeicher

Mit seinem unabhängigen Ergänzungskraftwerk wird das abhängige Laufwasserkraftwerk zur «unabhängigen Kraftwerkseinheit», die selbst über entsprechende Reserveleistungen verfügt.

4.2.2 Laufwasserkraftwerke mit Vorspeicher (Schwellwerke)

Bei voller Wasserführung ist dieser Kraftwerktyp gleich den abhängigen Laufwasserkraftwerken ohne Vorspeicher zu klassifizieren. Bei geringerer Wasserführung wird es immer mehr zum unabhängigen Kraftwerk.

Dieser Kraftwerktyp stellt einen Übergang zu den Speicherkraftwerken dar.

4.2.3 Speicherkraftwerke

Sie lassen sich zur Lieferung sowohl von Grundlastenergie als auch von Spitzenenergie einsetzen. Unterschiede in der Bewertung dieser Werke zeichnen sich nach Speichergrösse, Wasserzulauf und installierter Leistung ab.

Je nach Grösse der Füllungszahl, d.h. die Relation von Speichergrösse in kWh zur installierten Leistung in kW, werden Tages-, Wochen-, Monats- und Jahresspeicherkraftwerke bzw. Kurzzeit- und Langzeitspeicherkraftwerke unterschieden [7].

Bei wertgerechtem Einsatz sind die Jahresspeicherkraftwerke als «unabhängige» Kraftwerke zu werten. Bei verfehlten Dispositionen kann es aber auch zum «abhängigen» Kraftwerk werden, wenn die Energie unter ihrem Wert abgesetzt werden muss. Um Vergleiche über die «Unabhängigkeit» zwischen den einzelnen Arten der Speicherkraftwerke anzustellen, wird ein Abhängigkeitsfaktor (η) eingeführt.

$$\eta\,\% = \left(1 - \frac{J_v\ (\text{Speicherraum})}{Z\ (\text{Zulauf})}\right) \cdot 100$$

J_v gleich 0 gesetzt, ergibt $\eta = 100\,\%$, d.h. voll abhängig (Laufwasserkraftwerk ohne Vorspeicher), und ist $J_v = Z$, so wird $\eta = 0\,\%$, somit «unabhängig» in der Entleerungszeit (k) bei der installierten Leistung (N) [3].

4.2.4 Pumpspeicherkraftwerke

Die Pumpspeicherkraftwerke sind zweifellos «unabhängig». Sie veredeln freie bzw. überschüssige Energie der abhängigen Werke, sie stellen höherwertige Energie bereit, die sich jederzeit auch bei unvorhergesehenem Energiebedarf wertgerecht einsetzen lässt. Sie sind demnach Ergänzungskraftwerke der abhängigen Laufwasserkraftwerke zur Erzeugung tagesinkonstanter Energie mit bedarfsgerechter Leistungsausnützung.

4.3 Kalorische Kraftwerke

4.3.1 Kraftwerke für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe

Diese Kraftwerke sind ebenfalls als «unabhängig» zu werten. Sie dienen zur Deckung der tageskonstanten und soweit wirtschaftlich vertretbar auch der tagesinkonstanten Grundlast. Bei unzweckmässiger Brennstofflieferung (Mangel oder Überschüsse) können die kalorischen Werke «abhängig» werden.

Die Wirtschaftlichkeit ihres Einsatzes entscheiden:

1. die Anfahrzeit der Kraftwerksanlage;
2. die zulässigen Leistungsschwankungen;
3. die Häufigkeit des Kraftwerkseinsatzes in einem bestimmten Zeitraum;
4. die Betriebssicherheit der Kraftwerksanlagen.

Beim Abweichen vom optimalen Betrieb sind nicht die erhöhten Arbeitskosten, sondern die Zuwachskosten massgebend. Sie ergeben sich aus dem Quotienten der Änderung der Kosten (ΔK) und Änderung der Arbeit (ΔA) zu

$$pz = \frac{\Delta K}{\Delta A}$$

also bei jeder Abweichung vom optimalen Kraftwerkseinsatz sowie bei allen Leistungsänderungen [8 — 11].

In Zusammenarbeit mit den abhängigen Laufwasserkraftwerken können kalorische Kraftwerke nicht nur die kurzfristigen Schwankungen der Wasserdarbietungen, sondern auch die «nassen» und «trockenen» Jahre ausgleichen.

4.3.2 Kernkraftwerke

Diese sind im allgemeinen den «unabhängigen» Kraftwerken zuzuordnen; nicht bedingungslos, da noch keine ausreichenden Erfahrungen, insbesondere mit der Betriebssicherheit, gewonnen werden konnten. Die Technik der Kernkraftwerke verzeichnet in den letzten Jahren Fortschritte, so dass sich unter bestimmten Voraussetzungen wirtschaftliche Vorteile gegenüber den herkömmlichen kalorischen Kraftwerken erwarten lassen.

Für ein verhältnismässig kleines Versorgungsgebiet kann der Ausfall eines so grossen Blockes zum Netzzusammenbruch führen, da hier die erforderlichen Reserveleistungen nicht zur Verfügung stehen.

Schliesslich sei darauf hingewiesen, dass ein Vergleich der Kosten je kW oder je kWh allein noch keine Schlüsse auf die Wirtschaftlichkeit eines Kraftwerkes zulassen [12], da die bedarfsgerechte Ausnützung der Leistungen für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Kraftwerksbetriebes entscheidend ist.

4.4 Abschliessende Bemerkungen

Wie in Kapitel 2.3 erläutert, setzen sich die Kosten der kWh aus dem Arbeitspreis je kWh (p_A) und dem Anteil an den festen Kosten je kWh (p_F) zusammen. Es werden somit Vergleiche der Arbeitskosten oder der festen Kostenanteile je kWh der Kraftwerkstypen nie ein richtiges Bild ergeben, solange die jährlichen Ausnützungsstunden der Leistungen unberücksichtigt bleiben.

Für die Wahl der Kraftwerkstype sollten in erster Linie volkswirtschaftliche Überlegungen massgebend sein, da es sonst möglich wäre, volkswirtschaftlich begründete Kraftwerksbauten durch betriebsfremde Einflüsse zu verhindern.

5. Zusammenarbeit abhängiger Kraftwerke mit unabhängigen Ergänzungskraftwerken

5.1 Grundsätzliche Überlegungen

Für wirtschaftliche Untersuchungen ist das abhängige Kraftwerk mit seinem Ergänzungskraftwerk zur Erzeugung von Grundlast- oder Spitzenenergie als «Einheit» zu betrachten, die jederzeit bedarfsgerecht eingesetzt werden kann [5].

Nachstehend werden die verwendeten Kurzbezeichnungen und Indizes angeführt:

N	Nennleistung
A	Jahresarbeit bzw. Index die Arbeitskosten oder Arbeitspreise betreffend
K	Jahreskosten
t	Jahresstunden
h	Index hydraulischer Kraftwerke betreffend
k	Index kalorische Kraftwerke betreffend
F	Index feste Kosten oder feste Preise betreffend
p	Preis je kWh
a	abhängig
u	unabhängig
W	Jahreswert der elektrischen Energie
w	Jahreswert der elektrischen Energie bezogen auf die kWh
c	Index Konstantenergie betreffend
i	Index Inkonstantenergie betreffend
ι	Jahreswertigkeit bzw. bezogen auf das Jahr
α	Ausnützungsstunden (Ausnützung) bezogen auf die Nennleistung
Σ	Summe

5.2 Abhängige Kraftwerke in Zusammenarbeit mit unabhängigen Ergänzungskraftwerken zur Erzeugung tageskonstanter Energie

$$A_a + A_u = A_\Sigma; \quad A_{ac} + A_{ai} = A_{a\Sigma}$$

$$K_A + K_F = K_\Sigma; \quad p_A + p_F = p_\Sigma$$

$$\alpha_{\iota a} \cdot t = t_{\iota a}$$

d.h. die jährlichen Ausnützungsstunden des abhängigen Kraftwerkes

$$\alpha_{\iota u} \cdot t = t_{\iota u}$$

d.h. die jährlichen Ausnützungsstunden des unabhängigen Kraftwerkes

$$\alpha_{\iota a} + \alpha_{\iota u} = 1 \quad t_{\iota a} + t_{\iota u} = t$$

$$p_{Fu} = \frac{p_{Fu\iota}}{\alpha_u},$$

$p_{Fu\iota}$ ist der Preis je kWh bezogen auf die festen Jahreskosten für die erzeugbare Jahresenergie; in diesem Falle demnach bezogen auf die jahreskonstante Energie, und
p_{Fu} ist der Anteil an den festen Kosten entsprechend den jährlichen Ausnützungsstunden ($t_{\iota u}$);

$$K_{Au} + K_{Fu} = K_{\Sigma u}; \quad K_{Au} = A_u \cdot p_{Au}$$

$$K_{Fu} = A_u \cdot p_{Fu} = A_u \cdot \frac{p_{Fu\iota}}{\alpha_u}$$

$$K_{\Sigma u} = A_u \cdot p_{\Sigma u}; \quad W_a =: A_a \cdot w_a$$

Daraus ergibt sich:

$$A_u \cdot p_{\Sigma u} = A_u \cdot p_{Au} + A_u \cdot \frac{p_{Fu\iota}}{\alpha_u} \text{ bzw. } p_{\Sigma u} = p_{Au} + \frac{p_{Fu\iota}}{\alpha_u}$$

Für $\alpha_u = 1$, also für die jahreskonstante Energie, ist $p_{\Sigma u} = p_{Au} + p_{F\iota}$ und wird in der Folge mit $p_{\Sigma u\iota}$ bezeichnet. $\varrho_u = \frac{p_{Au}}{p_{Fu\iota}}$ ist die Relation des Arbeitspreises zum festen Preis, bezogen auf die festen Kosten der jahreskonstanten Energie des unabhängigen Kraftwerkes.

Die Jahreswertigkeit (ι_u) der elektrischen Energie aus unabhängigen Kraftwerken ergibt sich aus Formel (5) wie folgt:

$$\iota_u = \frac{1}{\varrho_u + 1} \cdot \left(\varrho_u + \frac{t}{t_{\iota u}}\right)$$

Aus $\frac{t}{t_{\iota u}} = \frac{1}{\alpha_{\iota u}}$ folgt, dass bei gegebenen Preisen des unabhängigen Ergänzungskraftwerkes, also bei einem bestimmten Faktor ϱ_u, die Jahreswertigkeit der elektrischen Energie der unabhängigen Kraftwerke nur vom Ausnützungsfaktor α_u abhängt.

Die Wertigkeit der Energie aus dem abhängigen Laufwasserkraftwerk (ι_a) ergibt sich aus der Formel (ÖZE 16(1963)7, S. 397 wie folgt:

$$\iota_a = \frac{\varrho_u}{\varrho_u + 1} \text{ bzw. für } \varrho_u = \frac{p_{Au}}{p_{Fu\iota}} \text{ gesetzt, aus}$$

$$\iota_a = \frac{p_{Au}}{p_{\Sigma u\iota}} \tag{6}$$

Der Wert je kWh (w_a) der Energie aus dem abhängigen Laufwasserkraftwerk entspricht demnach — unabhängig von den Ausnützungsstunden jedes der beiden Kraftwerke — dem Arbeitspreis (p_{Au}) für das unabhängige Ergänzungskraftwerk.

Zur Kontrolle dieser Schlussfolgerung:

$$A_a + A_u = A_\Sigma; \quad A_a = A_\Sigma \cdot \alpha_a; \quad A_u = A_\Sigma \cdot \alpha_u$$

$$W_a = A_a \cdot w_a; \quad K_u = A_u \cdot p_{\Sigma u}; \quad K_\Sigma = A_\Sigma \cdot p_{\Sigma u\iota}$$

da A_Σ jahreskonstant ist. Für das abhängige Laufwasserkraftwerk wurden nicht die Produktionskosten K_a in die vorstehenden Formeln eingebaut, sondern der Wert W_a der Energie des abhängigen Kraftwerkes in Zusammenarbeit mit einem unabhängigen.

Daraus ergibt sich:

$$W_a + K_u = K_\Sigma \text{ bzw. } W_a = K_\Sigma - K_u$$

demnach:

$$A_\Sigma \cdot \alpha_a \cdot w_a = A_\Sigma \cdot p_{\Sigma u\iota} - A_\Sigma \cdot \alpha_u \cdot p_{\Sigma u}$$

bzw.

$$\alpha_a \cdot w_a = p_{\Sigma u\iota} - \alpha_u \cdot \left(p_{Au} + \frac{p_{Fu\iota}}{\alpha_u}\right)$$

$$\alpha_a \cdot w_a = p_{\Sigma u\iota} - \alpha_u \cdot p_{Au} - p_{Fu\iota}$$

da $p_{\Sigma u\iota} = p_{Au} + p_{Fu\iota}$, ist $\alpha_a \cdot w_a = p_{Au} - \alpha_u \cdot p_{Au} =$

$$= p_{Au} \cdot (1 - \alpha_u)$$

da $\alpha_a + \alpha_u = 1$, ist $w_a = p_{Au}$

Dieses Ergebnis bestätigt die Richtigkeit vorstehender Schlussfolgerung.

Diese Schlussfolgerungen ergeben sich auch aus der Überlegung, dass die festen Kosten des Ergänzungskraftwerkes auf alle Fälle gegeben sind, gleich ob das Kraftwerk eingesetzt oder nicht eingesetzt wird.

Steht man aber vor der Frage, welcher Kraftwerkstyp eines zu errichtenden Ergänzungskraftwerkes am wirtschaftlichsten ist, dann ist nicht der Arbeitspreis, sondern der Summenpreis, also der Produktionspreis je kWh massgebend, wobei vorausgesetzt wird, dass ein entprechender Bedarf an elektrischer Energie vorliegt.

Gleichartige Untersuchungen für tagesinkonstante Grundlastenergie abhängiger Kraftwerke werden zu gleichen Ergebnissen führen, da sich lediglich die Ausnützungsstunden beider Kraftwerke nicht auf 24 Stunden je Tag beziehen, sondern auf die Tagesausnützungsstunden des zu erwartenden Bedarfes.

Tageskonstante Energie, die sich bedarfsgerecht, also gemäss der Wertigkeit des Verbrauches unterbringen lässt, kann als Energie «unabhängiger» Kraftwerke qualifiziert werden.

Die oben angeführten Zusammenhänge der Faktoren eines abhängigen Laufwasserkraftwerkes in Zusammenarbeit mit einem kalorischen Ergänzungskraftwerk werden an Hand eines Beispiels näher erläutert. Vorerst eine symbolische Gegenüberstellung des geordneten tageskonstanten Bedarfes und der Erzeugung tageskonstanter Energie in abhängigen Laufwasserkraftwerken.

Aus Fig. 11 ergeben sich folgende Arbeitsmengen:

abfka	Jahreserzeugung der Laufwasserkraftwerke
abcka	davon jahreskonstant
kcfk	und jahresinkonstant
abdha	Jahresverbrauch
abdia	davon jahreskonstant
idhi	und jahresinkonstant
kghk	Jahreserzeugung der kalorischen Ergänzungskraftwerke
gefg	Überschussenergie

Annahme:

$$p_{Ak} = 2 \text{ Rp./kWh}; \quad p_{Fk\iota} = 1 \text{ Rp./kWh}; \quad p_{\Sigma k\iota} = 3 \text{ Rp./kWh}$$

$$t_{hi} = \frac{5}{8}t; \quad t_k = \frac{3}{8}t; \quad \alpha_{hi} = \frac{5}{8}; \quad \alpha_k = \frac{3}{8}$$

$$A_h = A_{hi} + A_{hc}; \quad \varrho = \frac{p_{Ak}}{p_{Fk\iota}} = \frac{2}{1} = 2$$

Daraus:

$$p_{\Sigma k} = p_{Ak} + \frac{p_{Fk\iota}}{\alpha_k} = 2 + \frac{1}{\frac{3}{8}} = 4\frac{2}{3} \text{ Rp./kWh}$$

$$\iota_k = \frac{1}{\varrho + 1} \cdot \left(\varrho + \frac{1}{\alpha_k}\right) = \frac{14}{9} \text{ WE/AE}$$

Weiter ergibt sich:

$$A_\Sigma = A_{hi} + A_k; \quad A_{hi} = A_\Sigma \cdot \alpha_{hi}; \quad A_k = A_\Sigma \cdot \alpha_k;$$

$$W_{hi} = K_\Sigma - K_k$$

Für $K_\Sigma = A_\Sigma \cdot p_{\Sigma k\iota}$, $K_k = A_k \cdot p_{\Sigma k}$ und $W_{hi} = K_\Sigma - K_k$

gesetzt, ergibt:

$$A_\Sigma \cdot \alpha_{hi} \cdot w_{hi} = A_\Sigma \cdot p_{\Sigma k\iota} - A_\Sigma \cdot \alpha_k \cdot p_{\Sigma k}$$

$$\text{bzw. } \alpha_{hi} \cdot w_{hi} = p_{\Sigma k\iota} - \alpha_k p_{\Sigma k}$$

Es bedeuten:

W_{hi}	Wert der abhängigen inkonstanten hydraulischen Energie
w_{hi}	Wert der abhängigen inkonstanten hydraulischen Energie je kWh
K	Kosten der jahreskonstanten Energie aus dem Kraftwerksblock (inkonstante hydraulische Energie plus kalorische Energie)

Demnach:

$\frac{5}{8} \cdot w_{hi} = 3 - \frac{3}{8} \cdot \frac{14}{3} = \frac{5}{4}$ und w_{hi}, der Wert der inkonstanten hydraulischen Energie je kWh ist gleich $\frac{5}{4} \cdot \frac{8}{5} = 2$ Rp./kWh, d.h. der Arbeitspreis für die kalorische Energie.

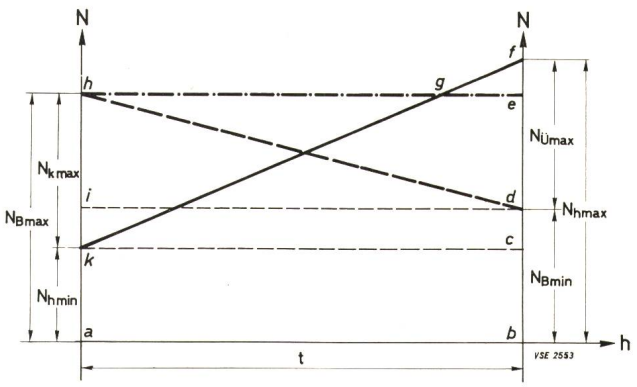

Fig. 11

Gegenüberstellung der tageskonstanten Grundlast des Bedarfes und der Erzeugung tageskonstanter elektrischer Energie aus abhängigen Laufwasserkraftwerken

N_{Bmin} Mindestleistung des tageskonstanten Bedarfes; N_{Bmax} Höchstleistung des tageskonstanten Bedarfes; N_{hmin} Mindestleistung der tageskonstanten Energie aus einem Laufwasserkraftwerk; N_{hmax} Höchstleistung der tageskonstanten Energie aus einem Laufwasserkraftwerk; N_{kmax} Installierte Leistung eines kalorischen Ergänzungskraftwerkes; $N_{Ümax}$ Höchstleistung des tageskonstanten Überschusses; t Jahresstunden

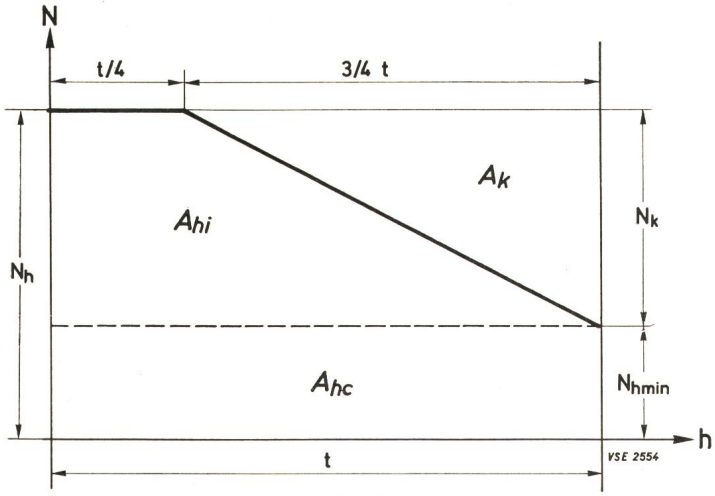

Fig. 12

Graphische Darstellung der Laufwasserenergie und der Energie aus einem kalorischen Ergänzungskraftwerk zur Erzeugung tageskonstanter Energie

N_h Nennleistung des Laufwasserkraftwerkes; N_k Nennleistung des kalorischen Ergänzungskraftwerkes; A_k Jahresarbeit des kalorischen Kraftwerkes; A_{hi} inkonstante Jahresenergie des Laufwasserkraftwerkes; A_{hc} jahreskonstante Energie des Laufwasserkraftwerkes; t Jahresstunden

Wird die jahresdurchgängige Leistung für das Laufwasserkraftwerk mit 1/3 ihrer Nennleistung angenommen, dann ergibt sich der Wert je kWh für die jahreskonstante Energie des Laufwasserkraftwerkes wie folgt:

$$K_{hc} = K_{\Sigma h} - K_{hi} = A_{\Sigma h} \cdot p_{\Sigma h} - A_{hi} \cdot w_{hi},$$

wobei $K_{hc} = A_{hc} \cdot p_{hc}$ ist.

$$\text{Für } A_{hc} = \frac{1}{3} \cdot N \cdot t,\ A_{\Sigma h} = \frac{3}{4} \cdot N \cdot t \text{ und } A_{hi} = \frac{5}{12} \cdot N \cdot t$$

gesetzt, ergibt:

$$\frac{1}{3} \cdot N \cdot t \cdot p_{hc} = \frac{3}{4} \cdot N \cdot t\, p_{\Sigma h} - \frac{5}{12} \cdot N \cdot t \cdot w_{hi};$$

für $p_{hi} = 2$ Rp./kWh:

$$\frac{1}{3} \cdot p_{hc} = \frac{3}{4} \cdot p_{\Sigma h} - \frac{5}{12} \cdot 2 \text{ bzw. } 4 \cdot p_{hc} = 9 \cdot p_{\Sigma h} - 10$$

Für $p_{\Sigma h}$ (Preis je kWh des Laufwasserkraftwerkes) angenommen zu 2,8 Rp./kWh, ergibt sich für die jahreskonstante Energie des Laufwasserkraftwerkes der kWh-Preis

$$p_{hc} = \frac{9 \cdot 2{,}8 - 10}{4} = \frac{15}{4} = 3{,}8 \text{ Rp./kWh.}$$

5.3 Abhängige Kraftwerke in Zusammenarbeit mit unabhängigen Ergänzungskraftwerken zur Erzeugung tagesinkonstanter Energie

Fig. 13 stellt die Jahresdauerlinie eines abhängigen Laufwasserkraftwerkes dar. Ihr lässt sich entnehmen:

$$A_1 + A_2 = A_\Sigma;\quad N_c + N_i = N_\Sigma;\quad t_{A1c} + t_{A2c} = t$$

Die Ausnützung:

$$\alpha_{A1c} = \frac{t_{A1c}}{t} \text{ und } \alpha_{A2c} = \frac{t_{A2c}}{t}$$

$$\alpha_{A1c} + \alpha_{A2c} = 1$$

Es wurde angenommen:

$$N_\Sigma = 50 \text{ MW};\quad N_c = 16 \text{ MW};\quad N_i = 34 \text{ MW}$$

$$t_{A1c} = \frac{t}{3};\quad t_{A2c} = \frac{2}{3}t;\quad t_x = \frac{t}{4}$$

Daraus ergeben sich:

$A_1 = 108{,}77$ GWh	$t_{A1} = 2175{,}4$ Std.
$A_2 = 217{,}54$ GWh	$t_{A2} = 4350{,}8$ Std.
$A_3 = 326{,}31$ GWh	$t_A = 6526{,}2$ Std.
	$t_x = 2190$ Std.

$\alpha_{A1} = 0{,}2483$	Annahme:	$p_A = 0{,}5$ Rp./kWh
$\alpha_{A2} = 0{,}4966$		$p_{Fi} = 2{,}5$ Rp./kWh
$\alpha_{A\Sigma} = 0{,}745$		$p_\Sigma = 3$ Rp./kWh

$$\text{daher: } = \frac{p_A}{p_{Fi}} = 0{,}2$$

Mit Rücksicht auf den beabsichtigten Einsatz dieses abhängigen Laufwasserkraftwerkes als unabhängiges Kraftwerk ergeben sich für die Energien A_1, A_2 und A_Σ nach Formel (5) $\left[\iota = \frac{1}{\varrho + 1} \cdot \left(\varrho + \frac{t}{t_x}\right)\right]$ folgende Wertigkeiten:

Für A_1: $\iota_1 = 3{,}52$ WE/AE
A_2: $\iota_2 = 1{,}845$ WE/AE
A : $\iota_\Sigma = 1{,}285$ WE/AE

Die Produktionskosten (Produktionswerte) für A_1, A_2 und A_Σ betragen:

$W_1 = A_1 \cdot p_\Sigma = 108\,770 \cdot 30 =$ Fr. 3 263 100.–
$W_2 = A_2 \cdot p_\Sigma = 217\,540 \cdot 30 =$ Fr. 6 526 200.–
$W_\Sigma = A_\Sigma \cdot p_\Sigma = 326\,310 \cdot 30 =$ Fr. 9 789 300.–

Es sei ferner angenommen:

a) Arbeit A_1 bedarfsgerecht eingesetzt
Arbeit A_2 über ein Pumpspeicherkraftwerk veredelt

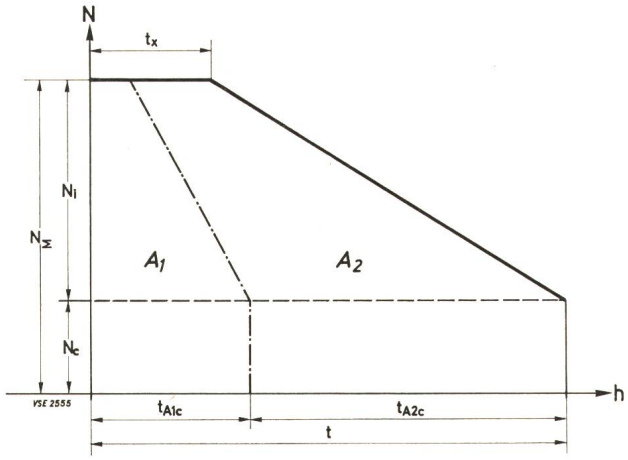

Fig. 13

Jahresdauerlinien für ein abhängiges Laufwasserkraftwerk

N_Σ Installierte Nennleistung; N_c Nennleistung der jahreskonstanten Energie; N_i Nennleistung der jahresinkonstanten Energie; t Jahresstunden; t_{A1c} jährliche Ausnützungsstunden für den jahreskonstanten Teil der Energie (A_1); t_{A2c} jährliche Ausnützungsstunden für den jahreskonstanten Teil der Energie (A_2); t_x jährliche Betriebsstunden mit der vollen installierten Nennleistung (N_Σ)

b) Arbeit A_1 über ein Pumpspeicherkraftwerk veredelt
Arbeit A_2 bedarfsgerecht eingesetzt

c) Arbeit A über ein Pumpspeicherkraftwerk veredelt

Für die über ein Pumpspeicherkraftwerk veredelten Energien a), b) und c) werden vergleichshalber einheitlich durchschnittlich 2920 jährliche Ausnützungsstunden angenommen. Das entspricht einer Wertigkeit von

$$\iota_{Sp} = \frac{1}{\varrho + 1} \cdot \left(\varrho + \frac{8760}{2920}\right) = \frac{1}{0{,}2 + 1} \cdot (0{,}2 + 3) = \frac{8}{3} \text{ WE/AE}$$

Der Wirkungsgrad (η) der Pumpenaggregate wird mit 60% angenommen.

ad a)

Wert der Arbeit A_1:	Fr.
$W_{Sp1} = A_1 \cdot p_\Sigma \cdot \iota_1 = 108\,770 \cdot 30 \cdot 3{,}52 =$	11 486 100.—
abzgl. Produktionswert (W_Σ) für die Arbeit A_Σ	9 789 300.—
ergibt somit für die Arbeit A_2 einen wertmässigen Überschuss von	1 696 800.—
und eine gespeicherte Arbeit	
$A_2 \cdot \eta_8 = A_{Sp2} = 130\,524$ MWh	
$W_{Sp2} = A_{Sp2} \cdot p_\Sigma \cdot \iota_{Sp} = 130\,524 \cdot 30 \cdot \frac{8}{3} =$	10 441 920.—
zuzüglich wertmässiger Überschuss von A_2	1 696 800.—
ergibt zulässige Jahreskosten von	12 138 720.—

Die erforderliche Nennleistung beträgt

$$\frac{130\,524}{2920} = \text{zirka } 45 \text{ MW}$$

ad b)

Wert der Arbeit A_2:	Fr.
$W_{Sp2} = A_2 \cdot p_\Sigma \cdot \iota_2 = 217\,540 \cdot 30 \cdot 1{,}845 =$	12 040 839.—
abzgl. Produktionswert (W_Σ) für die Arbeit A_Σ	9 789 300.—
ergibt somit für die Arbeit A_1 einen wertmässigen Überschuss von	2 251 539.—
und eine gespeicherte Arbeit	
$A_1 \cdot \eta = A_{Sp1} = 65\,262$ MWh	Fr.
$W_{Sp1} = A_{Sp1} \cdot p_\Sigma \cdot \iota_{Sp} = 65\,262 \cdot 30 \cdot \frac{8}{3} =$	5 220 960.—
zuzüglich wertmässiger Überschuss von A_1	2 251 539.—
ergibt zulässige Jahreskosten von	7 472 499.—

Die erforderliche Nennleistung beträgt

$$\frac{65\,262}{2920} = \text{zirka } 22{,}5 \text{ MW}$$

ad c)

Für die Arbeit A_Σ ergibt sich eine gespeicherte Arbeit von	
$A_\Sigma \cdot \eta = A_{Sp\Sigma} = 195\,786$ MWh	Fr.
bei einem Produktionswert von	9 789 300.—
$W_{Sp\Sigma} = A_{Sp\Sigma} \cdot p_\Sigma \cdot \iota_{Sp} = 195\,786 \cdot 30 \cdot \frac{8}{3}$	15 662 880.—
ergibt zulässige Jahreskosten von	5 873 580.—

Die erforderliche Leistung beträgt

$$\frac{195\,786}{2920} = 67 \text{ MW}$$

Unter den getroffenen Annahmen ergibt die Annahme a) — ein Drittel der jeweiligen tageskonstanten Energie wird bedarfsgerecht direkt eingesetzt und die restlichen zwei Drittel über ein Pumpspeicherkraftwerk gespeichert — das günstigste Resultat. Die derart errechneten wirtschaftlich vertretbaren Jahreskosten von Fr. 12 138 720.— sowie die Amortisation und die Höhe der Zinsen für das erforderliche Kapital bestimmen die Grenze der Baukosten für die Errichtung eines Pumpspeicherkraftwerkes, gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit einem Speicherkraftwerk.

Gleichartige Überlegungen können auch für thermische Kraftwerke und für Kernkraftwerke in Zusammenarbeit mit Pumpspeicherkraftwerken zur Erzeugung von Spitzenenergie angestellt werden.

5.4 Abschliessende Bemerkungen

Bei allen vorangeführten Überlegungen blieb die Betriebssicherheit der Kraftwerksanlagen ausgeklammert. Kraftwerksausfälle und unvorhergesehene Reparaturarbeiten müssen bei einer gesicherten Elektrizitätsversorgung zweifellos mit einer möglichst hohen Wahrscheinlichkeit durch eine entsprechende Leistungsreserve überbrückt werden können. Sie beeinflussen nicht die Wertigkeit der elektrischen Energie, sondern bestimmen lediglich die Wirtschaftlichkeit, also die Strompreise.

Leistungsreserven in unabhängigen hydraulischen Kraftwerken werden es ermöglichen, innerhalb kürzester Zeit einen Kraftwerksausfall zu kompensieren. Wenn es sich um den Ausfall eines Grundlastkraftwerkes handelt, kann in der Folge der Leistungsausfall durch die in Betrieb befindlichen Grundlastwerke oder gegebenenfalls durch Inbetriebnahme von Grundlastwerken ausgeglichen werden.

Die Höhe der Reserveleistung ist nicht nur eine Funktion der Zahl der Generatoren, sondern auch eine Funktion der Generatorleistungen. Die Errichtung grosser Kraftwerksblöcke in relativ kleinen Versorgungsgebieten, also auch der Bau von Kernkraftwerken, beeinflussen die erforderlichen Reserveleistungen nicht unwesentlich, ein Umstand, der bei Überprüfungen der Wirtschaftlichkeit von Kernkraftwerken nicht immer entsprechend berücksichtigt wird [12].

In diesem Zusammenhange wird auch auf Kapitel 4.2.1 hingewiesen, wonach Laufwasserkraftwerke mit Rücksicht auf die Schwankungen der Wasserdargebote selbst über Reserveleistungen verfügen. Auch die Zusammenarbeit von Laufwasserkraftwerken mit thermische Ergänzungskraftwerken begünstigt die Reservehaltung.

Für die Festlegung der Typen (Grundlast- oder Spitzenkraftwerke) muss die voraussichtliche jährliche Ausnützung massgebend sein. Den volkswirtschaftlichen Aspekten gegenüber den finanzwirtschaftlichen ist der Vorrang einzuräumen [13].

Die Wasserkraft wird laufend von der Natur erneuert. Dieser Tatsache kommt wesentliche Bedeutung zu. Die nationalen Wasserwirtschaftsverbände sollten sich berufen fühlen, dahingehend aufklärend zu wirken.

Das Streben nach optimaler Wirtschaftlichkeit begründet nicht ein bedingungsloses Zusammenlegen regionaler Versorgungsunternehmen in eine Gesellschaft, da ein Monopolbetrieb allein noch nicht den gesamtwirtschaftlichen Erfolg garantiert.

Wichtig erscheint, dass innerhalb einer geschlossenen Wirtschaft eine übergeordnete Lastverteilerstelle den Einsatz der Kraftwerke unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten steuern kann, so dass sich für alle daran beteiligten Versorgungsunternehmen Vorteile ergeben.

Daraus kann abgeleitet werden, dass die Verrechnung der elektrischen Energie nach Hoch- und Niedertarif praktisch nur für Lieferungen an den Letztverbraucher und für Exporte — soweit der betreffende Staat nicht am Bau eines Kraftwerkes beteiligt ist — ihre Begründung findet. Auch ein Energieaustausch zwischen zwei oder mehreren Partnern wird nur dann allen daran beteiligten Unternehmen Vorteile bringen, wenn er de facto wertgerecht durchgeführt wird.

Literatur

[1] *H. Stephenson:* Ermittlung von Fehlbedarfs- und Überschussenergie. ÖZE 3. Jhg., Heft 6/1950, Seite 161...164.

[2] *H. Stephenson:* Analyse des Energieverbrauches. ÖZE 8. Jhg., Heft 12/1955, Seite 452...457.

[3] *H. Stephenson:* Wertigkeit elektrischer Energie. ÖZE 16. Jhg., Heft 7/1963, S. 389...402.

[4] *L. Bauer* und *Partl:* Die «Hydraulizität» ein neuer Begriff zur Beurteilung des Wasserdargebotes. ÖZE 9. Jhg., Heft 1/1956, S. 14...18.

[5] *F. Hintermayer* und *Melan:* Eignung thermischer Anlagen verschiedener Typen zur Ergänzung hydraulischer Erzeugung. ÖZE 7. Jhg., Heft 11/1954, Seite 409...415.

[6] *H. Stephenson:* Bedarfsanalyse für die Ermittlung der geeigneten Ergänzungskraftwerke zu Laufkraftwerken. ÖZE 13. Jhg., Heft 5/1960, Seite 215...223.

[7] Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband 1949: Beurteilung der relativen Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftvorprojekten.

[8] *A. Kroms:* Das Zusammenwirken der Kraftwerke. Die Technik 8. Jhg., Heft 6/1953, Seite 395...406.

[9] *A. Kroms:* Struktur der Verbundsysteme. Die Technik 8. Jhg., Heft 11/1953, Seite 725...733.

[10] *A. Kroms:* Kennwerte der Wärmeerzeugung. Die Technik 10. Jhg., Heft 11/1955, Seite 649...658.

[11] *A. Kroms:* Kennwerte des industriellen Energieverbrauches. Energie 7. Jhg., Heft 11 vom 15. 11. 1955, Seite 399...408.

[12] *P. V. Gilli:* Wirtschaftlichkeit des Kernkraftwerkes im Wasserkraftland. E. u. M. 84. Jhg., Heft 6.

[13] *H. Stephenson:* Entwicklung der Wirtschaft, Verlag Duncker & Humblot, Berlin. Volkswirtschaftliche Schriften 114, 1967, S. 30.

Adresse des Autors:

Hans Stephenson, Ing., HbV und Chef des Hauptlastverteilers der Verbundgesellschaft i. R., Neulerchenfeldstrasse 27/19, 1160 Wien.

Aus dem Kraftwerkbau

Das Verhalten unserer Gewässer im Jahre 1969

Wie sich aus den Beobachtungen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft betreffend den Abfluss der Oberflächengewässer ergibt, war im gesamten gesehen das Jahr 1969 ein trockenes Jahr. Es bildet somit den Abschluss einer Periode von vier nassen Jahren. Trotzdem war die im Jahr 1969 registrierte Trokkenheit keine Ausnahme im Vergleich mit dem Durchschnitt der letzten Jahrzehnte. In der Tat kann einer vom genannten Amt durchgeführten Studie entnommen werden, dass auf die letzten 35 Jahre 19 nasse und 16 trockene Jahre entfallen und dass unter letzteren das Jahr 1969 nur den zehnten Rang einnimmt.

Das verflossene Jahr wurde besonders durch zwei Trockenperioden charakterisiert, die eine, im ersten Quartal auftretend, berührte das ganze Land mit Ausnahme der Einzugsgebiete der Rhone und des Tessins, die andere in das letzte Quartal fallende, umfasste hingegen alle schweizerischen Flussgebiete. Wenn auch die Niederwassermengen der zweiten Periode kleiner als diejenigen der ersten waren, so erreichten sie doch nicht ausserordentlich kleine Werte verglichen mit den kleinsten Abflussmengen, welche in der Zeit seit 1935 aufgetreten sind. So hat man während dieser Beobachtungsperiode bei den meisten Stationen des Landes in 5 Jahren, nämlich 1947, 1949, 1959, 1961 und 1962 einen mittleren Monatsabfluss im Oktober festgestellt, der unter demjenigen von 1969 liegt. Bei letzterem handelt es sich also um einen Wert, der durchschnittlich alle 7 Jahre einmal auftritt. Für den November wurde im Vergleich zu 1969 durchschnittlich alle 3–4 Jahre ein kleinerer mittlerer Monatsabfluss und für den Dezember alle 2–3 Jahre festgestellt.

Die im letzten Quartal des Jahres 1969 aufgetretene Trokkenheit ist also mehr infolge ihrer Dauer als ihrer Intensität bemerkenswert. Diese Trockenheit hat sich übrigens im Monat Januar 1970 fortgesetzt und ist erst infolge der anfangs Februar 1970 erfolgten starken Niederschläge unterbrochen worden. Die Trockenheit des Wintersemesters 1969/70 reicht deshalb nicht an diejenige des Wintersemesters 1962/63 heran, welche sich über aufeinanderfolgende 5 Monate hinzog und die unter die ausgeprägteste des Jahrhunderts einzureihen ist.

Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement.

Verbandsmitteilungen

57. Kontrolleurprüfung

Vom 10. bis 12. Februar 1970 fand die 57. Prüfung von Kontrolleuren für elektrische Hausinstallationen statt. Von den insgesamt 12 Kandidaten haben 10 die Prüfung bestanden.

Es sind dies:

Ackermann Werner, Neukirch-Egnach
Galletti Rino, Näfels
Janssen Hans, Zell
Frei Ulrich, Buchs
Hügli Samuel, Ecublens
Meyer Heinz, Wettingen
Kaufmann Franz, Recherswil
Sprecher Johannes, Sils i. D.
Strüby Rudolf, Affoltern am Albis
Wittwer Hans, Luterbach

Zürich, den 17. Februar 1970.

Eidg. Starkstrominspektorat

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: Dr. *E. Bucher*

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