

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band:	49 (1958)
Heft:	15
Rubrik:	Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

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: 20.02.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Bestimmung der Ausbauleistung der Wasserkraftwerke mit Rücksicht auf ihre Eingliederung in den Verbundbetrieb von Netzen mit grossen thermischen Kraftwerken (klassische und Atomkraftwerke)¹⁾

Von F. Aemmer, Liestal

621.311.15 : 621.311.25

Vom heutigen Belastungsdiagramm ausgehend und durch Extrapolation der bisherigen Entwicklung auf die nächsten Jahrzehnte wird versucht, im Rahmen des Möglichen die Verhältnisse zu ermitteln, die eine nähere Zukunft bringen dürfte.

Im besondern Fall der Schweiz besteht der erste Schritt darin, die wirtschaftlich ausnutzbaren Wasserkräfte auszubauen und, wenn diese alle nutzbar gemacht sein werden, zur Ergänzung die Kernkraftwerke einzusetzen, welche dann zum wahrscheinlich das Versuchsstadium überschritten haben werden. Unter Berücksichtigung des Rückganges des Wasserdar gebotes in trockenen Jahren und der notwendigen Leistungs reserve für jede Erzeugungsart und für die Transportwege wird die Anpassung der Erzeugungsmöglichkeiten an das Belastungsdiagramm näher betrachtet. Auf diese Art ist es möglich, den theoretisch optimalen Ausbau zu berechnen, den es zu verwirklichen gilt, wenn man die verfügbaren Wasserkräfte am besten ausnutzen will. Im weiteren orientieren einige Zahlen über die Erhöhung der Baukosten von Wasserkraftwerken bei Vermehrung der installierten Leistung.

En partant du diagramme de charge et en procédant à une extrapolation du développement pour les prochaines décennies, on a cherché à déterminer dans la mesure du possible les conditions auxquelles il faudra faire face dans un avenir plus ou moins éloigné.

Dans le cas particulier de la Suisse le premier pas consiste à mettre en valeur les forces hydrauliques économiquement utilisables puis, lorsque celles-ci seront toutes exploitées, de faire l'appoint avec des centrales nucléaires qui, d'ici là, auront probablement dépassé le stade des essais expérimentaux. L'adaptation des moyens de production au diagramme de charge est considérée de plus près en tenant compte de la réduction de l'hydraulicité en année sèche et des réserves de puissance nécessaires pour chaque mode de production et pour les réseaux de transport. Il est possible ainsi d'estimer l'équipement optimum théorique vers lequel il faut tendre pour pouvoir exploiter au mieux les forces hydrauliques disponibles. D'autre part, quelques chiffres sont donnés au sujet de l'augmentation du coût de construction des usines hydroélectriques en fonction de l'accroissement de la puissance installée.

Einleitung

Anlässlich des Londoner Kongresses im Jahre 1955 hat Herr Ch. Aeschimann im Hinblick auf die zunehmende Erschöpfung der ausbauwürdigen Wasserkräfte die Bedeutung der Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserkraft im zukünftigen Belastungsdiagramm klar umrissen. Aus dieser Studie geht hervor, dass die meisten Länder nicht mehr weit von jenem Zeitpunkt entfernt sind, in dem sie ihre Wasserkräfte vollständig ausnutzen werden. Es gibt nicht mehr viele Gebiete, in denen auf Grund grosser Wasserreserven sorgenfrei in die Zukunft geblickt wird.

Es schien daher angezeigt, das Problem der optimalen Nutzbarmachung der noch verfügbaren Wasserkräfte näher zu prüfen. In der Tat muss man eine Lösung anstreben, die sich nicht nur zur Zeit der Inbetriebnahme der Anlagen als die beste erweist, sondern auch in Zukunft, wenn das Belastungsdiagramm infolge neuer Anwendungen der Elektrizität oder durch den Einsatz zusätzlicher, die Wasserkraft ergänzender Energiequellen — wie zum Beispiel die thermischen Kraftwerke (klassische und Atom-

kraftwerke) mit ihren völlig anders gearteten Produktionsbedingungen — verändert wird.

Da die Speicherwerke während der Spitze Leistung zu einem relativ niedrigen Preis erzeugen können, bleibt die Wahl der Ausbauleistung einer der wichtigsten Faktoren bei der Sicherung einer rationellen Versorgung mit elektrischer Energie. Die Ausbauleistung beeinflusst die Kosten der Anlagen und daher auch die Selbstkosten der Energie, aber auch den Energiewert. Für jeden Entwicklungszeitpunkt ist daher die Gesamtheit der Leistungen zu bestimmen, welche den gesamten Bedarf am wirtschaftlichsten zu decken gestattet, und dies nicht nur für die nächsten Jahrzehnte, sondern auch für eine weiter entfernte Zukunft.

Ausser der in Speicherwerken installierten Leistung gibt es noch andere entscheidende Faktoren. Der Inhalt der Speicher muss sorgfältig berechnet werden; denn bei einem gegebenen Einzugsgebiet ist es sehr wichtig, im Sommer für die Auffüllung des Sees und daneben auch für den Weiterbetrieb der Anlagen genügend Wasser zu haben; die Erzeugung von Spitzenergie sollte ohne die Anzapfung der für den Winter aufgespeicherten Reserven möglich sein. Mit den wachsenden Bezugsmengen elektrischer Energie aus klassischen thermischen Kraftwerken oder Atomkraftwerken, die nur im Dauerbetrieb mit Vorteil arbeiten, werden die zu decken-

¹⁾ Auszug (deutsche Übersetzung) aus dem gleichlautenden Bericht zum 11. Kongress der Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique (UNIPEDE), Lausanne, 1958, veröffentlicht mit Erlaubnis des Sekretariates der UNIPEDE. An der Ausarbeitung dieser Studie waren im weitern die Herren Xerez, Sidonio Paes (Portugal), Marcello (Italien), Aeschimann, Leresche, Stambach und Pouly (Schweiz) beteiligt.

den Spitzen ohne Unterbruch steigen; man muss daher über immer grössere Leistungen verfügen.

In dieser Hinsicht ist den trockenen Jahren besondere Aufmerksamkeit zu schenken, weil die Schwierigkeiten in der Auffüllung der Speicherseen mit einem Produktionsrückgang in den Laufwerken und oft auch mit einem wachsenden Energiebedarf der Speicherpumpen zusammenfallen.

Gegenwärtig erfolgt die Energieerzeugung in der Schweiz zum grössten Teil in Wasserkraftwerken. Die ausbauwürdigen Wasserkräfte entsprechen einer jährlichen Produktion in der Grössenordnung von 33 Milliarden kWh; heute ist etwas mehr als die Hälfte davon ausgebaut. Wenn man mit dem Ausbau im gegenwärtigen Rhythmus weiterfährt, was die Deckung einer jährlichen Verbrauchszunahme von etwa 5% ermöglicht — im Vergleich mit anderen Ländern handelt es sich hierbei um eine bescheidene Zunahme —, werden in etwa 15 bis 20 Jahren alle Wasserkräfte ausgenutzt sein.

Das zeigt, wie aktuell das Problem der optimalen Ausbauleistung ist. Ein Wasserkraftwerk steht während vielen Jahrzehnten ununterbrochen in Betrieb. Da die Kosten des ersten Ausbaues im allgemeinen relativ hoch sind und ein späterer Umbau in den meisten Fällen sehr teuer ist und oft einen längeren Unterbruch des Betriebes zur Folge hat, muss man von Anfang an eine Lösung suchen, die eine möglichst vorteilhafte Ausnutzung der verfügbaren Bruttoenergie ermöglicht.

Zwei Faktoren haben in dieser Hinsicht eine spezielle Bedeutung: die für die Deckung des Energiebedarfs verfügbaren Kraftwerke und die Entwicklung des Belastungsdiagrammes im Laufe der Zeit.

Die verschiedenen Kraftwerktypen

In den Anfängen der Elektrifizierung hat man Kraftwerke möglichst in der Nähe der Konsumzentren gebaut, um die Transportwege auf ein Minimum zu beschränken. So wurden an den Flussläufen des schweizerischen Mittellandes zahlreiche Niederdruk-Laufwerke kleiner und mittlerer Grösse gebaut. Erst später war man gezwungen, auf die Nutzbarmachung neuer Energiequellen im Gebiete der Alpen überzugehen, und zwar überall dort, wo die topographischen und geologischen Verhältnisse für den Bau von Hochdruck-Laufwerken oder Saison-speicherwerken günstig waren.

Während mehr als 50 Jahren haben die Laufwerke eindeutig vorgeherrscht; sie bestreiten heute noch ungefähr 55% der Gesamtproduktion. Da der grösste Teil der Wasserläufe durch ein alpines Regime gekennzeichnet ist — Wassermangel im Winter und grosse Wasserführung im Sommer —, war die Energieerzeugung im Sommer grösser und führte in dieser Jahreszeit sogar zu Überschüssen.

Diese Verhältnisse dürften sich aber immer mehr ändern, denn die noch verfügbaren Wasserkräfte können zum grössten Teil nur durch die vorgängige Aufspeicherung in den Alpen und die entsprechende Nutzbarmachung im Winter rationell ausgenützt werden. Wenn einmal alle wirtschaftlich ausnütz-

baren Wasserkräfte ausgebaut sind, wird die Erzeugung der Laufwerke nur noch ungefähr 40% der Gesamtproduktion ausmachen, während diejenige der Speicherwerke etwa 60% betragen dürfte.

Von dem in Ausführung begriffenen und projektierten Bauprogramm entfällt daher ein grosser Teil auf Speicherwerke. Da aber die Ausbauleistung dieser Werke zur Zeit ihres Baues relativ leicht den Bedürfnissen des Belastungsdiagrammes der Übertragungsnetze angepasst werden kann, hat man hier nur diese Kraftwerke in Betracht gezogen. Diese haben die regularisierte Energie zu liefern und den Energierückgang der Laufkraftwerke im Winter auszugleichen. Dieser ist von Jahr zu Jahr sehr verschieden; es kommt häufig vor, dass eine starke Kälte während 1 oder 2 Monaten eine solche Abnahme der Abflussmengen und daher auch der Laufwerkerzeugung bewirkt, dass es notwendig wird, in den Speicherwerken kurzfristig grosse Mengen elektrischer Energie zu erzeugen.

In diesem Zusammenhang ist die Grösse der Ausbauleistung wichtig; sie hat eine Konzentration der Winterproduktion auf eine relativ kurze Periode von 1 bis 3 Monaten zu ermöglichen und erfordert deshalb eine Erhöhung der Ausbauleistung. Die Statistik der letzten 10 Jahre beweist, dass eine grosse Anpassungsfähigkeit im Betrieb dieser Kraftwerke kein Luxus ist, sondern einer Notwendigkeit entspricht; es ist zu wiederholten Malen vorgekommen, dass in einem einzigen Wintermonat 25 bis 30% der gesamten Winterproduktion der Saisonspeicherwerke beansprucht wurden, einmal waren es sogar 42%.

Solche Leistungen werden vor allem in kalten und trockenen Wintern verlangt. Es ist eine Tatsache, dass in der Schweiz ein trockenes Jahr den Elektrizitätswerken schwierige Probleme auferlegt. Einerseits füllen sich während eines trockenen Sommers die Speicherseen nur langsam, manchmal sogar unvollständig, und dies zu einem Zeitpunkt, in dem die Erzeugung der Laufwerke zurückgeht und der Bedarf der Speicherpumpen am grössten ist. Während eines kalten Winters andererseits, zu dessen Beginn die Stauseen nicht vollständig gefüllt sind, kann es passieren, dass die Erzeugung der Laufwerke auf ein Minimum zurückgeht, wiederum in einem Moment, in dem der Verbrauch infolge der zusätzlichen Raumheizung wächst. Die Nachfrage nach Energie aus den Speicherwerken wird dann beträchtlich, und man kann sie nur dank einer genügenden Ausbauleistung voll befriedigen.

Bei dieser Gelegenheit ist auf ein Phänomen aufmerksam zu machen, das in Zukunft eine gewisse Bedeutung haben könnte; es handelt sich um den andauernden Rückgang der Gletscher. Zu Anfang des Jahrhunderts war die Gletscherfläche bedeutend grösser als heute; die andauernde Erhöhung der mittleren Temperatur hatte ein beinahe allgemeines Abschmelzen der Gletscher zur Folge. Dadurch wurden die Abflussmengen in trockenen Sommern verbessert und die Auswirkungen der Trockenheit etwas ausgeglichen. Zufolge des Rückganges der Gletscher ist ihre mittlere Höhenlage gestiegen; der Rückgang ist heute nicht mehr sehr gross, so dass

die von den Gletschern abgegebene Wassermenge wiederum kleiner geworden ist. Es scheint daher, dass man im Durchschnitt in den nächsten Jahren nicht mit Abflussmengen rechnen kann, die dem Mittel der vergangenen Jahre entsprechen. Dies wird sich auf die Füllung der Speicherseen und die mögliche Erzeugung in trockenen Sommern auswirken. Diese Tatsache ist bei der Aufstellung von Kraftwerkprojekten zu berücksichtigen, vor allem bei Saisonspeicherwerken in hohen Berglagen.

Wenn einmal alle wirtschaftlich nutzbaren Wasserkräfte ausgebaut sind, wird man zur Deckung des stets wachsenden Bedarfes nach elektrischer Energie neue Energiequellen einsetzen müssen. Da auf Grund des gegenwärtigen Entwicklungsstandes der Wissenschaft in der Industrie noch mit keiner direkten Umwandlung von Kernenergie in elektrische Energie zu rechnen ist, wird es sich bei den Atom-Kraftwerken sehr wahrscheinlich um thermische Kraftwerke handeln, welche vor allem im Dauerbetrieb und bei konstanter Leistung wirtschaftlich arbeiten können. Wenn man dann über genügend Saisonspeicherwerke verfügt, welche die immer grösser werdenden Belastungsspitzen zu decken vermögen, wird man sich ihres Vorteils voll bewusst werden.

Die Entwicklung des Belastungsdiagrammes im Laufe der Zeit

Die grossen Mengen an unkonstanter Energie, über welche die Laufwerke *in der Vergangenheit* verfügten, hatten einen grossen Einfluss auf das Belastungsdiagramm. Zur besseren Ausnutzung der Anlagen musste der Energieverbrauch während den Schwachlaststunden gefördert werden. Entsprechende Tarife erlaubten es, verschiedene Haushaltanwendungen einzuführen: unter anderem die elektrische Küche und die Heisswasserspeicher, die während der Nacht aufgeheizt werden. In der Industrie haben die Elektrometallurgie und die Elektrochemie einen grossen Aufschwung genommen; hier hat die Tarifierung nach der Jahreszeit im Sommer, zur Zeit der Energieüberschüsse, zu einer vermehrten Tätigkeit geführt. Unter dem Einfluss dieser verschiedenen Faktoren hat die Belastungskurve einen relativ ausgeglichenen Verlauf genommen.

Gegenwärtig steigt der Anteil der in Speicherwerken erzeugten elektrischen Energie immer mehr. Der mittlere Wert der Energie wird grösser, denn diese kann zu jenem Zeitpunkt erzeugt werden, in welchem der Bedarf am grössten ist. Im weitern ermöglicht es jede kWh Speicherenergie, einen Teil der Sommerproduktion, der in der Vergangenheit überschüssig war, neu zu bewerten. Das Belastungsdiagramm hat daher die Tendenz, sich zu verändern, denn der Verbrauch von Überschussenergie entwickelt sich viel weniger rasch als der übrige Verbrauch.

In einer *nahen Zukunft*, das heisst ungefähr dann, wenn alle Wasserkraftwerke ausgebaut sind, wird der Anteil der Speicherenergie an der Gesamterzeugung das Maximum erreichen. Die Erzeugung in den Laufwerken, welche die Grundlast deckt,

wird nicht mehr genügend gross sein, um den Verbrauch zu beeinflussen; während den Schwachlaststunden werden keine Energieüberschüsse mehr auftreten, mit Ausnahme vielleicht in relativ beschränktem Ausmass am Wochenende bei sehr günstigen Wasserverhältnissen.

In einer *weiteren Zukunft* endlich, wenn die Erzeugung der Kernenergie-Kraftwerke jene der Wasserkraftwerke ergänzt, wird das tägliche Belastungsdiagramm neuerdings die Tendenz haben, sich zu verflachen, weil die Produktion in den thermischen Kraftwerken zu den Schwachlastzeiten geringe Kosten verursacht — da praktisch zusätzlich nur Brennstoffkosten entstehen — und die Energie daher leichter abgesetzt werden kann. Dagegen wird das Belastungsdiagramm der Speicherwerke immer grössere Schwankungen aufweisen.

Fig. 1 stellt für verschiedene Entwicklungsstadien (10 Milliarden kWh pro Jahr bis 60 Milliarden kWh pro Jahr) das wahrscheinliche Tagesdiagramm der schweizerischen Elektrizitätswerke für einen Werktag im Winter dar. Diese Diagramme, die keinen Anspruch auf Genauigkeit erheben, da es sich um Extrapolationen über eine sehr grosse Zeit handelt, vermitteln immerhin einen Anhaltspunkt über die Aufgabe, welche die Speicherwerke in Zukunft zu erfüllen haben.

Versuch der Bestimmung eines optimalen Ausbaues der Speicherwerke

Beim Versuch, den optimalen Ausbau der mit den Kernenergie-Kraftwerken im Verbundbetrieb stehenden Speicherwerke zu bestimmen, stösst man auf schwierige Probleme nicht nur technischer, sondern vor allem wirtschaftlicher Art. Es kann sich also hier nicht um eine mathematisch exakte Berechnung handeln, weil zu viele Faktoren geschätzt werden müssen und die angenommenen Werte in der Folge bedeutende und unvorhergesehene Änderungen erfahren können. Andererseits ist das zu verwirklichende theoretische Optimum in jedem Entwicklungsstadium verschieden. Man muss sich daher entschliessen, einen Kompromiss zu suchen, der nach menschlichem Ermessen für die Gesamtheit der Entwicklungsstadien eine annehmbare Lösung verspricht.

Zwei Faktoren sind relativ gut bekannt, da auf den beiden Gebieten bereits sorgfältige Studien durchgeführt wurden. Es handelt sich um die Aussagen über die Erzeugung der Lauf- und Speicherwerke, wenn wir am Endausbau der wirtschaftlich nutzbaren Wasserkräfte angelangt sind. Aus Tab. I geht die Erzeugung aller Anlagen hervor, die gegenwärtig in Betrieb stehen, oder deren Verwirklichung auf Grund durchgeföhrter Projekte und Vorprojekte vorgesehen ist.

Die Zahlen des Sommersemesters (April bis September) enthalten eine Speicherreserve für den vorhergehenden Winter, weil es oft vorkommt, dass im Frühling die Schneeschmelze infolge Schneemangels in den mittleren Höhenlagen lange auf sich warten lässt und die Produktion in den Laufwerken nicht das Normalausmass erreicht; man muss daher

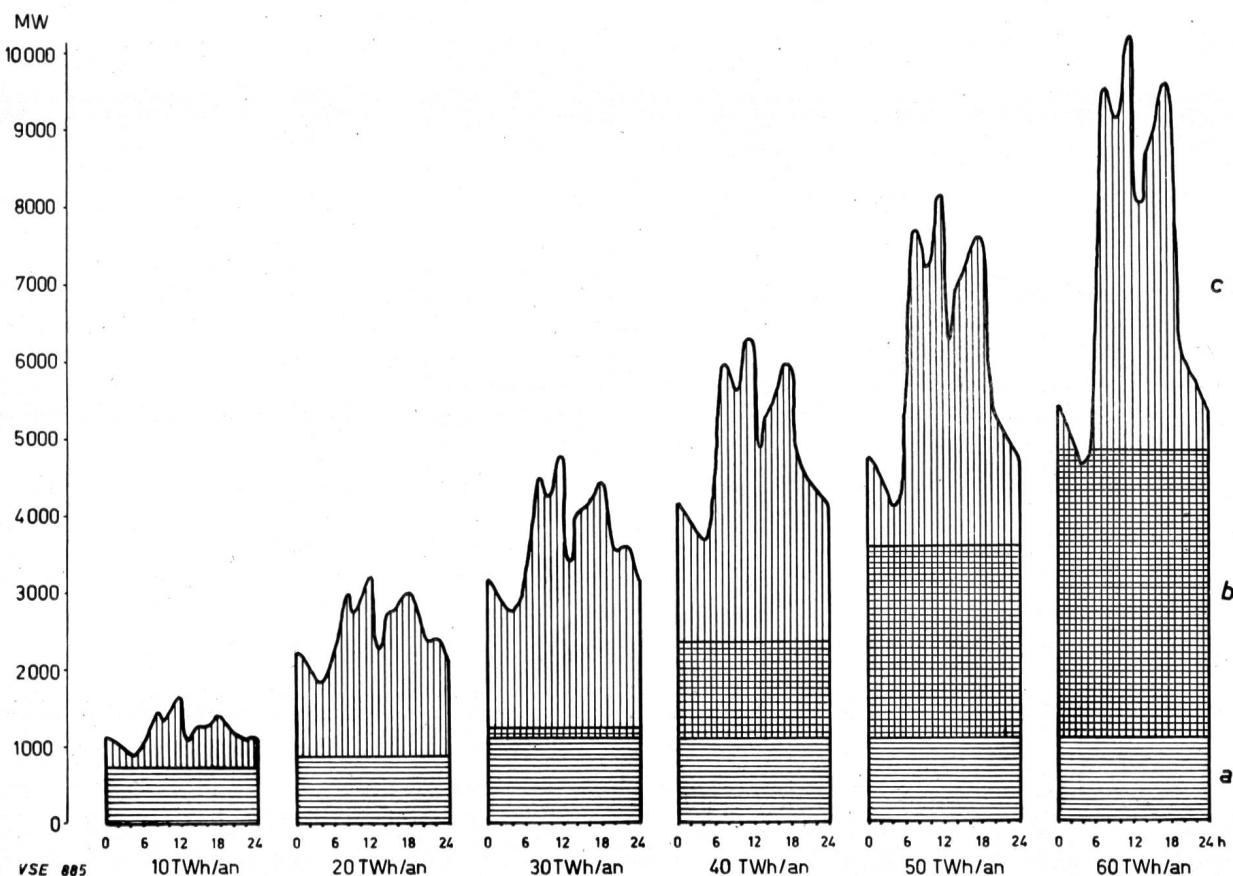


Fig. 1

Wahrscheinliche Tagesdiagramme der schweizerischen Elektrizitätswerke für einen Winterwerktag

Diese Diagramme entsprechen verschiedenen Entwicklungsstadien von 10 bis 60 TWh/Jahr (vergleichsweise sei erwähnt, dass der Gesamtverbrauch in der Schweiz im Jahre 1955/56 ungefähr 14 TWh betrug)

- a Erzeugung der Laufwerke
- b Erzeugung der Kernenergie-Kraftwerke
- c Erzeugung der Speicherwerke

in den Speicherseen eine genügende Reserve zurück behalten — wir haben 0,9 TWh eingesetzt —, um die Nachfrage in dieser Zwischenperiode befriedigen zu können. Bei der Berechnung der Benutzungsdauer der Speicherwerke rechnet man diese Reserve gewöhnlich zur Winterproduktion; letztere erhöht sich dadurch von 10,7 auf 11,6 TWh. Was die Leistung betrifft, wird sie solange genügend sein, als die Speicherwerke über Wassermengen verfügen, welche einerseits die Füllung der Speicherseen und andererseits die Produktion von Spitzenenergie im Sommerhalbjahr ermöglichen.

Tabelle I

	Erzeugungsmöglichkeit in einem mittleren Jahr			Instalierte Leistung TWh MW
	Winterhalbjahr Oktober—März TWh	Sommerhalbjahr April—September TWh	Jahr TWh	
Laufwerke	5,3	8,1	13,4	2360
Saison- speicherwerke	10,7	9,1 ¹⁾	19,8	6340
Total	16,0	17,2 ¹⁾	33,2	8700

¹⁾ hiervon sind 0,9 TWh Speicherenergie zur Deckung des Bedarfes im April bestimmt.

Betreffend die Erzeugung von Ergänzungsenergie in den Kernenergie-Kraftwerken verfügt man noch über keine sicheren Grundlagen. In der Tat ist heute die Entwicklung dieser Kraftwerke noch nicht vorauszusehen. Man muss sich daran erinnern, dass die ersten Kraftwerke dieser Art erst vor kurzem in Betrieb genommen wurden. Ein weites Versuchsfeld bleibt noch zu erforschen, und man kann hoffen, dass die vielen, in zahlreichen Ländern mit verschiedenen Reaktortypen unternommenen Versuche zu neuen Fortschritten führen, welche die künftigen Anlagen stark beeinflussen können (Verwendung von Halbleitern, Reaktoren mit ionisiertem Plasma etc.).

Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass der Typ des Kernenergie-Kraftwerkes, welcher später zur Erzeugung elektrischer Energie dienen soll, noch Veränderungen unterworfen wird und dass eine Änderung seiner grundlegenden Daten auch Auswirkungen auf seinen Einsatz im Belastungsdiagramm hat. Wenn man aber nur die gegenwärtigen Kenntnisse auf diesem Gebiet berücksichtigt, kommt man zur Auffassung, dass das zukünftige Kernenergie-Kraftwerk thermoelektrische Gruppen umfassen wird, die, um wirtschaftlich zu sein, mit konstanter Last im Dauerbetrieb arbeiten müssen. Sein Platz im Belastungsdiagramm befindet sich daher ohne

Tabelle II

jährlicher Verbrauch elektrischer Energie	wahrscheinliche Spitzenbelastung der Netze	Laufwerke			Kernenergielkraftwerke			Speicherwerke					Zusätzliche Reserve für Betriebsstörungen in den Übertragungsanlagen		Totale Reserve für Kernenergielkraftwerke, Speicherwerke und Übertragungsanlagen		theoretisch optimale Ausbauleistung der Speicherwerke		
		Durchschnittliche Leistung im Winter	Leistung im Winter bei minimaler Wasserführung	durch die Speicherwerke zu ergänzende Leistung	total installierte Leistung	Reserve für Betriebsstörungen	mittlere Spitzenleistung im Winter	Ausgleich der minimalen Leistung von Laufwerken	Reserve für Kernenergielkraftwerke	Reserve für Speicherwerke (5 %)	totale Leistung der Speicherwerke	Benutzungsdauer im Winter von 11,6 TWh ¹⁾	in % der Netzbelastung	absoluter Wert	in % der Netzbelastung	absoluter Wert	in % der Netzbelastung	absoluter Wert	Benutzungsdauer im Winter
TWh/Jahr	MW	MW	MW	MW	%	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	h	%	MW	MW	%	MW	h
30	4 700	1 100	600	500	100	50	50	3 500	500	50	180	4 230	2 740	8,5	400	630	13,4	4 630	2 510
40	6 300	1 100	600	500	1 250	30	380	3 950	500	380	200	5 030	2 310	6,4	400	980	15,6	5 430	2 140
50	8 100	1 100	600	500	2 450	25	610	4 550	500	610	230	5 890	1 970	5,0	400	1 240	15,3	6 290	1 850
60	10 100	1 100	600	500	3 700	20	740	5 300	500	740	260	6 800	1 710	4,0	400	1 400	13,8	7 200	1 610

¹⁾ inkl. die 0,9 TWh für den Monat April bestimmte Speicherenergie (siehe Tabelle I).

Zweifel zwischen der Produktion der Laufwerke und jener der Speicherwerke.

Unter dieser Voraussetzung kann man jetzt versuchen, sich über die Grössenordnung der Leistung und ihre Aufteilung auf die drei Kraftwerkskategorien in den verschiedenen Entwicklungsstadien Rechenschaft zu geben.

Aus Tab. II gehen die entsprechenden Zahlen hervor. Man hat sich darauf beschränkt, einen Winterwerktag zu betrachten, denn ein solcher wird aller Wahrscheinlichkeit nach zuerst für den Leistungsbedarf bestimmt sein. Im Fall der Laufwerke ist eine Leistungsreserve zu berücksichtigen, welche es gestattet, den Unterschied zwischen der verfügbaren Leistung in Zeiten minimaler Wasserführung — welche ungefähr einem Viertel der installierten Leistung entspricht — und der mittleren Leistung während des Winters auszugleichen. Bei der Bestimmung der notwendigen Leistungsreserve für die Kernenergielkraftwerke hat man mit einem Ausserbetriebsetzungsfaktor gerechnet. Dieser beträgt anfangs 50 %, da die mit der Neuheit des Betriebes im Zusammenhang stehenden Risiken gross sind; später, wenn die Erfahrung eine grössere Sicherheit in der Betriebsführung gewährleistet, noch 20 %. Für die Speicherwerke hat man eine Leistungsreserve von 5 % einkalkuliert, und zwar von der im Jahresmittel zu deckenden Leistung. Damit sollte Betriebsunterbrechungen Rechnung getragen werden, sowie auch den bedeutenden Unterschieden, die am Ende der Winterperiode in der örtlich verfügbaren Speicherenergie auftreten können und einen Energieaustausch zwischen einzelnen Werken notwendig machen. Endlich wurde auch eine allgemeine, in Prozenten der Totalleistung ausgedrückte Betriebsreserve vorgesehen, um den Betriebsunterbrechungen in den Netzen zu begegnen. Da hier die Sicherheit mit der Vermehrung der Leitungen und dem immer umfangreicherem Verbundbetrieb grösser wird, wurde der relative Wert dieser Reserve degressiv gestaltet, während der absolute Wert unverändert bleibt (400 MW, welche der Ausserbetriebsetzung einer grossen Übertragungsleitung entsprechen).

Gegenwärtig verfügen die Speicherwerke über genügend Leistungsreserven. Das wird auch in der

nahen Zukunft der Fall sein, solange die Wasserkraftwerke allein die Nachfrage nach elektrischer Energie befriedigen können. Aber in einer weiteren Zukunft, wenn die Bedeutung der Kernenergielkraftwerke grösser wird, hat die Leistungsreserve der Speicherwerke die Tendenz zu sinken und sogar vollständig zu verschwinden.

Der einfachste und wirtschaftlichste Weg, die verfügbare Leistung zu vergrössern, besteht in einer Erhöhung der Ausbauleistung der Speicherwerke, weil hier nur ein Teil der Anlagen zu erweitern ist. Diese Lösung ist billiger als der Bau zusätzlicher Leistung in neuen, thermischen Kraftwerken. Im weiteren steht eine solche Leistungsreserve praktisch augenblicklich zur Verfügung und verursacht nur kleine Jahreskosten (Kapitalkosten der Erweiterungsanlagen).

Es wird daher richtig sein, den Speicherwerken die Aufgabe zu übertragen, den auf die geringere Wasserführung der Laufwerke zurückzuführenden Produktionsausfall auszugleichen und die Reservehaltung für sich selbst und für Kernenergielkraftwerke und Übertragungsnetze zu übernehmen. Für jeden Entwicklungsstand lässt sich also die Totalleistung (Eigenproduktion, Ausgleich des Erzeugungsrückgangs bei den Laufwerken, besonders in trockenen Jahren, und Betriebsreserven) bestimmen, welche die Speicherwerke decken sollten, und die man ihre *theoretisch optimale Ausbauleistung* nennen könnte. Wenn diese Ausbauleistung überschritten wird, so besteht ein Leistungsüberschuss; wenn sie nicht erreicht wird, ist es für die Erhaltung der gleichen Betriebssicherheit notwendig, teure Reservegruppen in klassisch thermischen Kraftwerken oder Kernenergielkraftwerken zu errichten.

Diese Überlegungen führen zu den in Fig. 2 dargestellten Kurven der Benutzungsdauer im Winter, wobei die Berechnung auf der Grundlage einer Winterproduktion von $10,7 + 0,9 = 11,6$ TWh (Tab. I) durchgeführt wurde. Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass es in der Tat richtig ist, für die Berechnung der Benutzungsdauer der Speicherwerke im Winter auch die für den Monat April re-

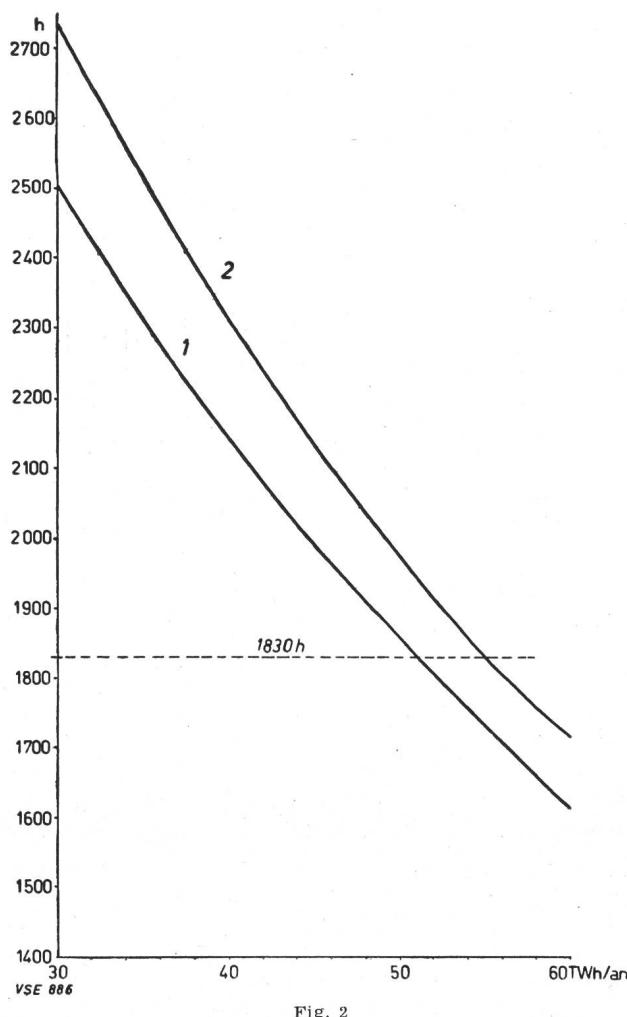


Fig. 2

Theoretisch-optimale Benutzungsdauer der Speicherwerke im Winter als Funktion der Totalerzeugung elektrischer Energie

- 1 Unter Berücksichtigung einer Betriebsreserve für die Störungen in den Übertragungsanlagen
- 2 Ohne Berücksichtigung einer Betriebsreserve für die Störungen in den Übertragungsanlagen

servierte Speicherenergie (0,9 TWh) zu berücksichtigen, weil diese Energie ganz den Charakter einer Winterenergie besitzt und unter Umständen schon Ende März verwertet werden muss, sofern ein Bedarf besteht. Die Kurve 1 entspricht dem theoretischen Optimum, während in Kurve 2 die Betriebsreserve für Störungen in den Übertragungsanlagen nicht berücksichtigt wird. Letztere kann als ein Grenzfall betrachtet werden, der bei Betriebsunterbrechungen bereits Entlastungen notwendig macht.

Gemäss Tab. I beträgt die im Winter vorgesehene Benutzungsdauer für alle im Betrieb und Bau befindlichen Speicherwerke 1830 Stunden. Wenn man diese Benutzungsdauer auf Fig. 2 überträgt, ist ersichtlich, dass die vorgesehene Leistung der Speicherwerke für die Deckung des Bedarfs bis zu jenem Zeitpunkt genügend gross ist, in welchem die Gesamtproduktion ungefähr 50 TWh pro Jahr erreicht. Bei noch grösserer Erzeugung ist ein Leistungsdefizit zu erwarten, das, unter Berücksichtigung der ziemlich steil verlaufenden Kurven, rasch anzusteigen droht. Von diesem Moment an wird

man daher für die Erzeugung der notwendigen Leistung andere Lösungen suchen müssen.

Heute weisen die Speicherwerke im Winter eine Benutzungsdauer von 1770 Stunden auf. Für die zu erstellenden Kraftwerke wurde bei der Projektierung eine solche von 1860 Stunden vorgesehen. Gerade für die in den nächsten Jahrzehnten zu erstellenden Kraftwerke stellt sich das dringende Problem, ihre Ausbauleistung zu vergrössern, damit der zukünftige Leistungsbedarf gedeckt werden kann.

Man kann natürlich einwenden, dass wir noch weit von einer Gesamtproduktion von 50 TWh pro Jahr entfernt sind. Aber unter Berücksichtigung der jährlichen Zuwachsquote kann diese Erzeugung schon in 30 Jahren erreicht werden, zu einer Zeit also, in der die gegenwärtig im Bau befindlichen Anlagen nur einen kleinen Teil ihrer normalen Lebensdauer hinter sich haben. Überall, wo es sich wirtschaftlich verantworten lässt, ist es daher sicher empfehlenswert, schon jetzt eine genügende Ausbauleistung vorzusehen.

Einige Betrachtungen über die Kosten der Erhöhung der Ausbauleistung bei Speicherwerken

Um die installierte Leistung eines Speicherwerkes zu erhöhen, ist die Ausbau-Wassermenge zu vergrössern — was umfangreiche Arbeiten für den baulichen Teil (Stollen, Druckschächte, Druckleitungen) notwendig macht — und auch die Leistung der Maschinengruppen zu erhöhen. Am eigentlichen Speicherbecken ist nichts zu ändern. Damit bleibt ein bedeutender Teil der Anlagekosten unverändert. Da die Erhöhung der Kosten für den baulichen Teil bei weitem nicht proportional mit der Vergrösserung der Ausbauleistung verläuft, ist es vielfach möglich, in den Speicherwerken relativ billig eine Leistungsreserve zu schaffen. Man muss hier darauf hinweisen, dass im allgemeinen bei einer Erhöhung der Ausbauleistung die Erzeugungsmöglichkeit nicht vergrössert wird, wenigstens nicht im Winter. Das bedeutet, dass eine erhöhte Leistung nur eine Konzentration der Speicherenergie auf eine kürzere Benutzungsdauer im Winter ermöglicht.

Wenn die zusätzlichen Leistungsbedürfnisse in der Schweiz nicht unmittelbar, sondern erst in 2 oder 3 Jahrzehnten erwartet werden, ist es wünschenswert, anfangs die zusätzlichen Baukosten auf einem Minimum zu halten, indem man sich auf die Erweiterung jener Anlagen beschränkt, die später nur unter schwierigeren und kostspieligeren Umständen vergrössert werden können. Dies bedeutet, dass vorerst nur für den baulichen Teil der Anlagen ein stärkerer Ausbau geplant wird. Wenn dann später Ergänzungsleistungen erforderlich werden, kann man leicht eine Erweiterung der maschinellen und elektrischen Anlagen des Kraftwerkes vornehmen.

Die folgenden Zahlen sollen die relative Bedeutung der in Frage stehenden Faktoren erläutern. Sie beziehen sich auf ein grösseres, mehrere Stufen umfassendes, gegenwärtig in den Alpen im Bau befindliches Kraftwerk.

	A Ursprünglich vorgesehene Anlage mit einer Be- nutzungs- dauer von 1800 h im Winter	B In Ausfüh- rung begrif- fene Anlage mit einer Benutzungs- dauer von 1200 h	Unterschied	
			absoluter Wert	in % von A
Installierte Leistung in MW	420	630	+ 210	+ 50
Erstellungskosten in Millionen Schweizer Fr.	525	590	+ 65	+ 12

Diese Zahlen zeigen, dass eine Erhöhung der installierten Leistung um 50 % eine Vergrösserung der Kosten von 12 % zur Folge hat. Die zusätzliche Leistung kostet also nur 310 Franken pro kW, was ungefähr einem Viertel der ursprünglich pro kW vorgesehenen Kosten entspricht.

Die Erhöhung der Kosten liesse sich noch vermindern, wenn man vorerst nur den für eine erhöhte installierte Leistung notwendigen baulichen Teil ausführt und die Montage der zusätzlichen Maschinengruppen zeitlich hinausschiebt.

In diesem Fall steigen die ursprünglichen Kosten nur um ungefähr 5 %, d. h. mehr als die Hälfte der zusätzlichen Kosten könnte vorübergehend erspart werden. Was die Selbstkosten der Energie betrifft, würden diese relativ noch weniger steigen, weil die Druckverluste in den Zulaufstollen bei kleinen Wassermengen geringer sind und auf diese Weise die Produktion etwas erhöht werden kann. Zudem sind auch die Betriebs-, Unterhalts- und Erneuerungskosten für den baulichen Teil geringer als für die maschinellen und elektrischen Anlagen.

Bei dieser Gelegenheit ist es auch interessant, die in den letzten 20 Jahren eingetretene Erhöhung der Kosten beim Bau von Wasserkraftwerken näher zu betrachten. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die in den Jahren 1939 bis 1957 eingetretene relative Erhöhung der Baukosten für die verschiedenen Teile eines Kraftwerkes:

Strassen und Zufahrtswege	80 bis 90 %
Stollen	30 bis 35 %
Staumauer	70 bis 80 %
Wohnhäuser für das Personal	100 bis 110 %
Werkbauten (Fundament und Bau)	90 bis 100 %
Maschinelle und elektrische Anlagen	150 %
Hochspannungsleitungen	80 bis 100 %

Die Erhöhung der Kosten beträgt für ein Hochdrucklaufwerk mit Wochenspeicher 70 bis 80 %, für ein grosses Saisonspeicherwerk mit 3 Stufen ungefähr 65 bis 70 %.

Bei den Stollen ist die relative Kostenerhöhung am geringsten. Dies ist auf die neuzeitlichen, stark mechanisierten Arbeitsmethoden zurückzuführen. Die elektrischen und maschinellen Anlagen haben dagegen die stärkste Verteuerung erfahren. Die ganz verschiedene Entwicklung der einzelnen Kosten vergrössert die durch die sofortige Inangriffnahme einer Erweiterung des baulichen Teiles (besonders der Stollen) und die Zurückstellung der Erweite-

rung der entsprechenden elektrischen und maschinellen Anlagen erreichbaren Vorteile.

Aus diesen Überlegungen geht hervor, dass die vorbereitenden Arbeiten, auf Grund derer im gegebenen Moment über eine genügende Leistungsreserve verfügt wird, nicht übertriebene Investitionen verlangen. Man kann also mit relativ kleinen Kosten für die Zukunft sorgen.

Im weiteren lässt sich die verfügbare Leistung auch durch die Erstellung von Tages- und Wochen speichern erhöhen, wenigstens überall dort, wo es die topographischen und geologischen Verhältnisse gestatten. Diese Ausgleichsbecken ermöglichen einen elastischen Betrieb, der den Schwankungen der verlangten Leistung vermehrt Rechnung tragen kann und den Nutzeffekt der Speicherwerke weiter erhöht.

Der Verbundbetrieb mit unseren Nachbarstaaten

Die vorangehenden Ausführungen zeigen, dass die schweizerischen Elektrizitätswerke in trockenen Wintern einen notorischen Energiemangel aufweisen; hingegen verfügen sie heutzutage über eine genügend grosse Ausbauleistung. Das in Ausführung begriffene und vor allem Speicherwerke umfassende Bauprogramm wird die verfügbare Leistung noch erhöhen. Erst wenn die Kernenergie-Kraftwerke eine gewisse Bedeutung erlangen werden, wird dieser Leistungsüberschuss geringer und schlussendlich vollständig verschwinden.

Es scheint auf der Hand zu liegen, dass man versucht, diesen Leistungsüberschuss auf europäischer Ebene durch eine Förderung des Energieaustausches zu verwerten, indem die Schweiz hochwertige Energie zur Zeit der Belastungsspitze exportiert und von den Nachbarstaaten Energie in Zeiten weniger starker Belastung bezieht. Der Verbundbetrieb zwischen benachbarten Staaten hat sich gut entwickelt, und die UCPE hat in dieser Richtung eine erfreuliche Tätigkeit entfaltet. Die Erhöhung der verfügbaren Leistung in der Schweiz sollte es ermöglichen, den Nutzeffekt dieses Energieaustausches noch zu verbessern; die von thermischen Zentralen gespeisten grossen Netze würden dann in die Lage versetzt, ihre thermisch erzeugte Spitzenleistung und jene ihrer Betriebsreserven zu reduzieren.

Um ein günstiges Ergebnis zu erzielen, wird es wahrscheinlich notwendig sein, die Leistung der Verbundnetze etwas zu vergrössern. Immerhin darf man nicht vergessen, dass die Leistungsüberschüsse nur während einer relativ kurzen Zeit zur Verfügung stehen. Es kann sich daher nur um einen Austausch handeln, der nach 2 bis 3 Jahrzehnten progressiv zurückgeht. Auf alle Fälle wird das Ausmass der Tauschgeschäfte relativ immer bescheiden bleiben und nie einige Prozente des Bedarfes der einzelnen Länder überschreiten.

Schlussfolgerungen

Gegenwärtig hat man keine Schwierigkeiten, die für die Deckung des Belastungsdiagrammes notwendige Leistung zu erzeugen. Das wird sich auch

in der nahen Zukunft nicht ändern, solange die hydro-elektrische Produktion allein oder praktisch allein den Bedarf deckt.

Wenn man dagegen eine weiter entfernte Zukunft ins Auge fasst, wird es infolge der Erschöpfung der ausbauwürdigen Wasserkräfte notwendig sein, auf andere Energiequellen, d. h. auf die Kernenergie, zu greifen. Wenn keine neue Erfindung den Lauf der Dinge verändert, wird diese Energie in thermischen Anlagen erzeugt, die nur bei grosser Benutzungsdauer wirtschaftlich arbeiten können. Deshalb wird der Leistungsbedarf aus Speicherwerken immer grösser, entsprechend dem wachsenden Anteil der Erzeugung in Kernenergie-Kraftwerken an der Gesamterzeugung elektrischer Energie. Es ist daher damit zu rechnen, dass die normalerweise verfügbare Leistung einmal nicht mehr genügen wird, die Belastungsspitze zu decken. Man wird dann gezwungen sein, in teuren, eigens für diesen Zweck erstellten Anlagen eine zusätzliche Leistung zu erzeugen. Für eine rationelle Nutzbarmachung der schweizerischen Wasserkräfte wäre es sehr wünschenswert, die Ausbauleistung der noch zu erstellenden Speicherwerke im Rahmen des Möglichen und innerhalb der Grenzen einer gesunden Geschäftspolitik zu vergrössern. Im Zusammenhang damit wird zu

zeigen versucht, dass die Bereitstellung einer in Zukunft unerlässlichen Leistung oft mit relativ beschränkten Mitteln möglich ist. Der Nachteil besteht darin, dass die im Hinblick auf dieses Ziel auszuführenden Arbeiten, zum Teil wenigstens, zur Zeit der Erstellung des Kraftwerkes erfolgen müssen, was die Werke zwingt, lange im voraus Kapitalien zu investieren. Der Vorteil ist daher nicht augenblicklich, aber für den Ingenieur, der die Gewohnheit hat, langfristig zu denken, sollte er genügend gross sein, um bei allen Projekten, soweit es sich wirtschaftlich verantworten lässt, die Ausbauleistung zu vergrössern.

Das Problem wurde nicht nur für die Schweiz studiert, sondern auch für andere europäische Länder mit hydraulischer Produktion. Es ist interessant festzustellen, dass ein ausführlicher Bericht über die Verhältnisse in Portugal zu ähnlichen Ergebnissen gelangt.

Über diese Fragen wurde anlässlich des Lauanner Kongresses der UNIPEDE auf europäischer Ebene diskutiert. Die Vertreter der Länder mit hydraulischer Produktion teilen die in diesem Bericht zum Ausdruck gekommenen Ansichten.

D.: Fl.

Adresse des Autors:

F. Aemmer, Direktor der Elektra Baselland, Liestal.

Elektroindustrielle Tagung in Marseille

von R. Golay, Lausanne

061.3(449.1) : 374.6 : 62.007.2 : 338.45

Die «Direction Nationale de la Distribution de l'Electricité de France» hat im vergangenen März in Marseille zum vierten Mal eine dreitägige elektroindustrielle Tagung durchgeführt.

Obwohl diese Tagungen jeweils vor allem für die Ingenieure der EDF bestimmt sind und nicht internationalen Charakter haben, hatte die EDF die Freundlichkeit, einige ausländische Gäste aus Grossbritannien, Belgien, Holland, Deutschland, Oesterreich, Jugoslawien, Italien und der Schweiz einzuladen. Der Zweck der «Journées d'informations électro-industrielles de Marseille» bestand in der weiteren Ausbildung jener Ingenieure, die sich bei der EDF mit den industriellen Anwendungen der Elektrizität beschäftigen.

Die Tagung in Marseille wurde abwechselnd von den folgenden Herren präsidiert:

Félix, Generalinspektor bei der EDF;
Bardon, Direktionsdelegierter, Leiter des «Service commercial et des mouvements d'énergie d'EDF»;
Pages, Direktionsadjunkt bei der «Distribution d'EDF».

Herr *Gautheret*, Ingenieur bei der «Direction de la Distribution d'EDF», hat die Tagung in Zusammenarbeit mit der «Direction régionale de Marseille» vorbildlich organisiert.

Das Programm umfasste die folgenden sehr interessanten und lehrreichen Vorträge:

«Die Entwicklung und die Lage der Elektroindustrie und der elektroindustriellen Anwendungen in Südost-Frankreich»

von Herrn *Desfour*, Ingenieur bei der «Direction régionale de Marseille d'EDF».

«Das Studium des Marktes der Dienstleistungen und der industriellen Produkte»

von Herrn *de Félice*, Direktor bei der «Union pour l'étude du marché de l'électricité».

«Die grossen elektrischen Widerstände»

von Herrn *Henrion*, Delegierter des «Comité français d'Electrothermie».

«Die Durchlaufgalvanisierungsöfen»

von Herrn *Guingand*, Delegierter des «Comité français d'Electrothermie».

«Die tägliche Arbeit eines Ingenieurs der EDF, der sich mit den industriellen Anwendungen befasst»

von Herrn *Gasnault*, Regional-Direktor der «Distribution d'EDF à Lille».

«Die Umwandlungsverfahren bei den Kunststoffen»

von Herrn *Drapier*, Delegierter des «Comité français d'Electrothermie».

«Die elektrische Heizung in der Kunststoffindustrie»

von Herrn *Chatain*, Dienstchef beim «Centre d'Etudes des matières plastiques».

«Die elektronischen Steuerungen in der Industrie; Entwicklung des verwendeten Materials»

von Herrn Prof. Lehmann, Direktor einer Fabrik für elektronische Geräte.

«Betrachtungen über die Automation in der Industrie»

von Herrn Wilfart, Mitarbeiter am «Conservatoire National des Arts et Métiers».

Die Tagung in Marseille war mit einer Exkursion nach Aix-en-Provence und in das Tal der Durance verbunden, wo das Werk St. Auban der «Compagnie de Produits chimiques et électrométallurgiques, Péchiney S. A.» besucht wurde. Nach einem Vortrag von Herrn Delmas, Direktor dieses sehr bedeutenden Betriebes, wurden vor allem die Elektrolyseanlagen und die Fabrikation von Kalziumkarbid besichtigt.

Das Tagungsprogramm war sehr reichhaltig; es ist nicht unsere Absicht, ausführlich über die einzelnen Vorträge zu berichten. Dies würde zu weit führen und nicht in den Rahmen dieser Berichterstattung fallen. Immerhin dürften einige Bemerkungen Interesse und spezielle Aufmerksamkeit verdienen.

Der Südosten von Frankreich — die von den Dichtern verherrlichte Provence, die Côte d'Azur mit ihrem ewig blauen Himmel, Marseille mit seinen «galéieurs» — ist für uns meist das Symbol des Landes der Sonne, der Träume und eines sorgenlosen Lebens, wo es nur fröhliche Leute gibt, die gerne «pétanque» spielen und möglichst wenig arbeiten. Dieses Bild kann aber einen falschen Eindruck erwecken und ist sehr unvollständig. Der Vortrag von Herrn Desfour hat uns davon überzeugt, dass diese Region sehr industrireich ist und von einer arbeitsfreudigen Bevölkerung bewohnt wird.

Die EDF schenkt der Ausbildung von Industrie-Ingenieuren oder Ingenieur-Kaufleuten, welche die Berater der Industriellen, ja sogar ihre Freunde werden sollten, eine besondere Aufmerksamkeit. Sie versucht, die Beziehungen mit den Abonnenten zu pflegen und zu fördern. Allerdings gibt es keine Lehranstalt, wo der Ingenieur solche Kenntnisse erwerben kann. Das vielseitige Wissen kann nur durch fleissige Dokumentationsarbeit, Werkbesuche, Gespräche mit Fachleuten, Vorträge und an Schulungskursen der EDF erarbeitet werden.

Die Vorstellung, die sich die EDF von ihren Beziehungen mit den industriellen Abnehmern macht, ist also weit umfassender als dies im allgemeinen auf diesem Gebiet der Fall ist. Die EDF will sich nicht mit einer Aufklärung der Abonnenten über die Probleme der Tarifierung, der Versorgungsmöglichkeiten und der Anschluss- oder Verstärkungskosten begnügen, sondern sie wünscht, dass der Ingenieur-Kaufmann die Bedürfnisse der Industrie, ihre Eigenheiten, kennt, damit er in der Lage ist, ihre Probleme zu studieren und die beste Lösung vorzuschlagen. Man kann sich vorstellen, dass ein umfassendes Wissen notwendig ist, um eine solch schwierige aber fesselnde Aufgabe zu lösen.

In diesem Zusammenhang dürfte es aufschlussreich sein, ein Zitat aus einem Vortrag von Herrn Etienne über die elektrische Heizung wiederzugeben, das Herr Gasnault ebenfalls in seinen Vortrag aufgenommen hat:

«Wenn man in einem Netz Elektroöfen installieren will, stellen sich sehr verschiedenartige Probleme, deren Beurteilung vom Ingenieur zum Teil spezielle Kenntnisse und entsprechende Fähigkeiten verlangt.

Zuerst ist auf die Probleme im Zusammenhang mit der Speisung der Anlage einzutreten und auch auf die Auswirkungen, welche der Anschluss einer elektrothermischen Anlage in einem Netz zur Folge haben kann: Störungen, die auf Belastungsstöße oder auf die unsymmetrische Belastung zurückzuführen sind, ferner auf Flickererscheinungen, auf den Ausgleich der Blindenergie, auf die Erzeugung von Harmonischen, auf plötzliche Kurzschlüsse, auf Schaltüberspannungen bei hohen Leistungen usw. Wir begnügen uns hier mit einer Aufzählung, da die auf diesem Gebiet anzutreffenden Schwierigkeiten in Verbindung mit dem technischen Dienst der Verteilunternehmungen behandelt werden.

Sodann sind die mit der eigentlichen Heizungstechnik im Zusammenhang stehenden Probleme zu erwähnen. Es ist notwendig, dass der Ingenieur, welcher die Förderung der thermischen Anwendungen der elektrischen Energie zur Aufgabe hat, mit der Praxis der industriellen Heizung vertraut ist und auf diesem Gebiet über ein grosses Wissen verfügt. Vor allem muss er über die Technik der verschiedenen mit Brennstoff betriebenen Anlagen Bescheid wissen, wenn es sich auch nur darum handelt, die Konkurrenzlage im Vergleich zu den elektrischen Öfen festzulegen und über einige Daten in bezug auf den Wirkungsgrad der Apparate, die möglichen Temperaturen, die Produktionskapazität, die Qualität der behandelten Produkte, den Ausschuss, die notwendigen Unterhaltskosten, die Lohnkosten usw. orientiert zu sein. Um diese Angaben den charakteristischen Daten der elektrischen Anlagen gegenüberstellen zu können, drängt sich eine vertiefte Kenntnis der verschiedenen Apparate-Kategorien auf dem Gebiet der Elektroöfen, ihrer Arbeitsbedingungen und ihrer Leistung auf. Es ist daher von Vorteil, wenn bereits solche Anlagen in Betrieb stehen und ein detailliertes Register der bestehenden Apparate samt einer Beschreibung ihrer Arbeitsweise geführt wird. Ferner muss man so schnell wie möglich in der Lage sein, die Möglichkeit der Ersetzung einer bestehenden Anlage durch einen Elektroofen zu prüfen. Die Kenntnis der allgemeinen Angaben genügt dann nicht, wenn man einem Abonnenten einen Vorschlag machen muss. Es ist wichtig, sich in jedem einzelnen Fall zuerst mit dem Problem vertraut zu machen, indem man mit Aufmerksamkeit die Bedingungen prüft, unter denen in der bestehenden Anlage die Produkte hergestellt werden, und unter denen sich der Arbeitsprozess vollzieht.

Damit gelangt man zur Prüfung der spezifischen Probleme des in Frage stehenden Industriebetriebes. Diese sollten Gegenstand einer detaillierten Überprüfung sein. Die folgenden Faktoren haben eine derart grosse Bedeutung, dass man sie auf keinen Fall übersehen darf: die Schnelligkeit der Heizung, die kritischen Punkte bei der Erhitzung gewisser Materialien, die Veränderung der spezifischen Wärme in Funktion der Temperatur, die Bedeutung der latenten Schmelzwärme, die Schnelligkeit der zulässigen Abkühlung bei den bearbeiteten Produkten, die Art der im Elektroofen herrschenden Atmosphäre, die Entfernung der Dämpfe und Abfallprodukte, die Verteilung der Heizzonen, die in der Regulierung der Temperatur zu erreichende Genauigkeit, die Dauer und Gestaltung der einzelnen Operationen, die Hilfsmittel, welche die Verschiebung der sich in Bearbeitung befindlichen Stücke ermöglichen, besonders in den Zonen mit hohen Temperaturen usw. So wird zum Beispiel ein Heizproblem bei einer bestimmten Temperatur in der keramischen Industrie eine ganz andere praktische Verwirklichung als in der metallurgischen Industrie verlangen, und wenn wir unseren Abonnenten den Elektroöfen empfehlen, haben wir offenbar auch die Absicht, ihre Produktionsmittel zu modernisieren; man darf dabei nicht auf halbem Wege stehen bleiben; es ist die Möglichkeit zu prüfen, ob sich der Fabrikations-Prozess durch das Weglassen einiger Operationen und durch die Einsparung von Arbeit nicht vereinfachen lässt. Betrachten wir zum Beispiel

die Galvanisierung von Stahlblechen in einer Anlage, deren Behälter durch irgend einen Brennstoff (Koks, Heizöl usw.) geheizt wird. Bevor man die Bleche im Zinkbad untertaucht, müssen sie mit einer Säure gereinigt werden; das ist eine sehr ungesunde Beschäftigung, die mit einigen Hilfsarbeiten verbunden ist. In einem solchen Fall müssen wir dem in Frage stehenden Industriellen vorschlagen, nicht nur die elektrische Heizung seines Galvanisierungs-Behälters zu überprüfen, sondern auch die Möglichkeit, die Säurereinigung durch einen Reinigungsofen mit reduzierender Atmosphäre zu ersetzen, so dass für die Behandlung der Bleche keine manuelle Arbeit mehr notwendig ist. Bei dieser Gelegenheit hat man auch zu untersuchen, ob es die Inbetriebnahme des elektrischen Ofens nicht gestattet, die Produktion zu erhöhen.»

Dieses Zitat trifft im grossen und ganzen auf alle industriellen Anwendungen der Elektrizität zu. Es ist darauf hinzuweisen, dass der erweiterte Aufgabenbereich des Verteilers der elektrischen Energie einem Bedürfnis, den Erfordernissen einer klar umschriebenen, nationalen Energiepolitik entspricht. Die Produktions- und Verteilverhältnisse sind sehr verschieden von denjenigen in der Schweiz. EDF ist eine grosse verstaatlichte Unter-

nehmung, welche die Richtlinien von der Regierung erhält. Sie will den Energieabsatz in der Industrie vergrössern, wacht aber auch darüber, dass die Verwendung der Energie eine rationelle ist und jede Vergeudung, schlechte Rendite und falsche Anwendung der Elektrizität vermieden wird. Sie befasst sich daher eingehend mit der Frage, wie die Energie in den verschiedenen Industrien verwendet wird. Diese Politik ist verständlich, da die Elektrifizierung in Frankreich viel weniger weit fortgeschritten ist als in der Schweiz und viele Industrien — selbst für die motorische Kraft — Kohle, Heizöl und Gas verwenden. Man muss aber anerkennen, dass unsere französischen Freunde zwar einmal mehr einen etwas kühnen ja sogar revolutionären Weg eingeschlagen, der aber zu einer logischen und rationellen Lösung führt, die wir nur bewundern können.

D. : FL.

Adresse des Autors:

R. Golay, ing. en chef CVE, Av. des Alpes 1, Lausanne.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Elektrizität aus Wasserkraft und Atomenergie

Nach dem Erfolg der im Herbst des letzten Jahres in den Räumen des Warenhauses Jelmoli in Zürich vom VSE durchgeföhrten Ausstellung «Die Erzeugung elektrischer Energie — eine nationale Schicksalsfrage» wurde der Wunsch geäussert, diese interessante Schau auch in anderen Städten zu

aufklärenden Charakter. Sie war geeignet, das Verständnis für unsere Energieversorgung zu vertiefen und hatte den Zweck, mittels grossformatigen Bildern, Graphiken, Modellen von Kraftwerken und Staumauern, leicht fassbaren Texten und Tabellen möglichst weite Kreise auf das Erfordernis eines beschleunigten Ausbaues der schweizerischen Wasserkräfte aufmerksam zu machen. Über das im Warenhaus Jelmoli ge-



BEA 1958

Sonderschau BKW / EWB

Eingang zur Sonderschau

zeigen. Die Bernischen Kraftwerke A.-G. und das Elektrizitätswerk der Stadt Bern benützten die Gelegenheit, in Zusammenarbeit mit dem VSE die Ausstellung in erweitertem Rahmen anlässlich der BEA 1958 (Bernische Ausstellung für Industrie, Handel, Landwirtschaft und Gewerbe) — welche vom 3. bis 13. Mai 1958 auf der Allmend in Bern stattfand — zu zeigen, und zwar als Sonderschau in der Halle «Bauen».

Die Ausstellung, welche eine Fläche von rund 600 m² beanspruchte und thematisch aufgebaut war, hatte vor allem

zeigte Ausstellungsmaterial wurde in den Seiten des VSE bereits berichtet¹⁾. Daneben zeigten an der BEA die Bernischen Kraftwerke A.-G., das Elektrizitätswerk der Stadt Bern und die Kraftwerke Oberhasli A.-G. die spezifischen Verhältnisse ihrer Unternehmungen. Der letzte Teil der Ausstellung war der Atomenergie gewidmet. Es handelte sich um das Ausstellungsmaterial der «Elektrowirtschaft», das auch an der Muba 1958 zu sehen war.

¹⁾ siehe Bull. SEV Bd. 48(1957), Nr. 25, S. 306 f.

In der Abteilung des *Elektrizitätswerkes der Stadt Bern* war ein grosser Stadtplan ausgestellt, in welchem schematisch die Erzeugung und Zuleitung, sowie die Verteilung der elektrischen Energie im Stadtgebiet dargestellt wurde. Graphische Darstellungen zeigten die Entwicklung der Pflicht-Energieabgabe, der Reingewinnablieferung an die Stadtkasse, des Durchschnittserlöses pro kWh und der Einwohnerzahl in den letzten 30 Jahren.

Die *Bernischen Kraftwerke A.-G.* gaben eine Übersicht über ihre eigenen Kraftwerke sowie über ihre Beteiligungen. Im weiteren wurde der Besucher anhand verschiedener Tabellen über den Energieabsatz orientiert, die Abgabe an die einzelnen Abnehmerkategorien, die Bedarfsdeckung, sowie über den Energieaustausch mit dem Ausland. Besonders instruktiv wirkte das Holzmodell über die Energieabgabe der BKW während den letzten 20 Jahren, aus welchem die gewaltige Steigerung im Stromverbrauch sehr eindrücklich hervorging.

Die *Kraftwerke Oberhasli A.-G.* waren an der Ausstellung mit verschiedenen Objekten vertreten, wobei das grosse Modell der Zentrale Innertkirchen, sowie die vom Naturhistorischen Museum Bern zur Verfügung gestellten Mineralienfunde aus dem Grimselgebiet besonders erwähnt seien.

In dem für die Atomenergie reservierten Teil der Ausstellung wurde zu erklären versucht, wie in unserem Lande die Probleme der friedlichen Verwendung der Kernenergie und des Strahlenschutzes gelöst werden. Ein grosser Modellstand zeigte das Wesen der Atomenergie und den Bau und Betrieb eines Atomkraftwerkes. Die Reaktor A.-G. in Würenlingen war ebenfalls mit verschiedenen Ausstellungsobjekten vertreten. Der Besucher hatte ferner Gelegenheit, in Bern zum ersten Male fünf Uranstäbe zu sehen. Wie erwartet, stiess die Atomenergenschau auf besonders reges Interesse, konnte man sie doch mit einem Fenster vergleichen, das dem Besucher einen Blick in eine kaum allzu ferne, doch völlig neue Zukunft öffnete.

Die BEA 1958 wurde von rund 100 000 Personen besucht. Mit Genugtuung darf man feststellen, dass die Ausstellung über die schweizerische Elektrizitätswirtschaft von den zahlreichen Besuchern stark beachtet wurde und dass auch die Berichterstattung in der bernischen Presse sehr erfreulich war.

Dr. A. Meichle

Die Elektrizitätserzeugung im OEEC-Raum

Im Wirtschaftsraum der OEEC hat die Gesamterzeugung elektrischer Energie im Jahr 1957 einen neuen Höchststand von 396,5 Milliarden kWh erreicht und damit das Produktionsergebnis des Jahres 1956 in der Höhe von 373,8 Milliarden kWh um 22,7 Milliarden kWh (6 %) übertroffen. Seit dem Jahr 1950 hat sich die Gesamterzeugung elektrischer Energie im OEEC-Raum wie folgt entwickelt:

1950: 228,0 Milliarden kWh	1954: 315,6 Milliarden kWh
1951: 254,7 Milliarden kWh	1955: 344,1 Milliarden kWh
1952: 271,5 Milliarden kWh	1956: 373,8 Milliarden kWh
1953: 286,8 Milliarden kWh	1957: 396,5 Milliarden kWh

Unter den Mitgliedstaaten des Europäischen Wirtschaftsrates (OEEC) sind für die Gesamterzeugung an Elektrizität Grossbritannien, die Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Italien, Schweden, Norwegen, die Schweiz, die Niederlande, Belgien und Österreich von besonderer Bedeutung. Im Jahr 1957 haben sie 97 % der Gesamterzeugung des OEEC-Raumes im Umfang von 382,54 Milliarden kWh auf sich vereinigt. Davon entfielen auf

Grossbritannien	90,97 Milliarden kWh
Bundesrepublik Deutschland	90,91 Milliarden kWh
Frankreich	53,96 Milliarden kWh
Italien	41,98 Milliarden kWh
Schweden	29,12 Milliarden kWh
Norwegen	25,46 Milliarden kWh
die Schweiz	15,64 Milliarden kWh
die Niederlande	12,65 Milliarden kWh
Belgien	12,61 Milliarden kWh
Österreich	9,24 Milliarden kWh

Die Elektrizitätserzeugung der übrigen Mitgliedstaaten der OEEC stellte sich 1957 folgendermassen:

Dänemark	3,35 Milliarden kWh
Portugal	2,16 Milliarden kWh
Irland	1,72 Milliarden kWh
Saarland	1,67 Milliarden kWh
Türkei (1956)	1,54 Milliarden kWh
Luxemburg	1,21 Milliarden kWh

Gegenüber 1950, als der Europäische Wirtschaftsrat zum erstenmal solche Erhebungen durchführte, hat sich die Elektrizitätserzeugung des gesamten Wirtschaftsraumes im Jahre 1957 um 74,2 % erhöht. Die Zunahme ist aber in den einzelnen Mitgliedstaaten sehr verschieden. So erhöhte sich die Elektrizitätserzeugung im Jahre 1957 gegenüber dem Jahr 1950 wie folgt:

Grossbritannien	67 %	Belgien	49 %
Bundesrepublik		Österreich	90 %
Deutschland	107 %	Dänemark	85 %
Frankreich	71 %	Portugal	128 %
Italien	70 %	Irland	91 %
Schweden	60 %	Saarland	11 %
Norwegen	47 %	Türkei (1956)	94 %
Schweiz	50 %	Luxemburg	74 %
Niederlande	71 %		

Die Erhebungen des Europäischen Wirtschaftsrates haben auch die Entwicklung der Elektrizitätserzeugung in den Vereinigten Staaten und in Kanada einbezogen. In den USA betrug die Elektrizitätserzeugung im Jahr 1957 715,64 Milliarden kWh gegenüber 682,49 Milliarden kWh im Jahr 1956. Die Zunahme gegenüber 1956 beträgt damit 5 %. Im Vergleich zum Jahre 1950 ist die Produktion um 84 % gestiegen.

In Kanada wurde im Jahr 1957 eine Elektrizitätserzeugung von 90,69 Milliarden kWh ausgewiesen — sie entspricht damit etwa dem Umfang der Elektrizitätserzeugung in Grossbritannien bzw. in der Bundesrepublik Deutschland — gegenüber 81,70 Milliarden kWk im Jahr 1956. Die Zunahme gegenüber 1956 beträgt 11 %, gegenüber 1950 78 %.

Dr. O. Siegel

Die Kraftwerkanleihen im Jahre 1957

Gemäss einem vom Eidg. Statistischen Amt verfassten und in Nr. 1 (1958) der «Volkswirtschaft» erschienenen Artikel stand die Emissionstätigkeit im vergangenen Jahr im Zeichen eines aussergewöhnlichen Geldbedarfes der Wirtschaft. Gegenüber der vorangegangenen Berichtsperiode stieg die Zahl der Anleihen von 94 auf 106 und ihr Nominalwert von 1497 Millionen auf 1643 Millionen Franken. Von den schweizerischen Emissionen im Betrage von 1638 Millionen Franken (im Berichtsjahr war eine einzige ausländische Anleihe im Betrage von 5 Millionen Franken zu verzeichnen) entfielen 360 Millionen Franken oder 21,8 % der inländischen Anleihensemissionen auf die Elektrizitätsunternehmungen. Damit wurde der vorjährige Rekordbetrag um 23 Millionen Franken überschritten. Bei den 16 Kraftwerkanleihen handelt es sich ausnahmslos um Neubedarf. Über zwei Fünftel der Mittel entfielen auf Walliser Kraftwerke, nämlich auf die Kraftwerke Mauvoisin A.-G. (50 Millionen), die Grande Dixence S. A. (40 Millionen), die Electricité de la Lienne S. A. (12 Millionen), die Kraftwerke Gougra A.-G. (30 Millionen) und die Energie Electrique du Simplon S. A. (15 Millionen). Weitere bedeutende neue Emissionen waren auch jene der Kraftwerke Zervreila A.-G. (35 Millionen), der Kraftwerke Hinterrhein A.-G. (30 Millionen), der Blenio Kraftwerke A.-G. (30 Millionen), der Centralschweizerischen Kraftwerke (25 Millionen), der Bernischen Kraftwerke (25 Millionen), der Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität (22 Millionen) und der Elektrizitätswerk Rheinau A.-G. (22 Millionen).

Die Anspannung auf dem Emissionsmarkt, die 1957 einen Höhepunkt erreichte, führte zu einer wesentlichen Zinsversteuerung. Während im ersten Vierteljahr die Anleihen von Elektrizitätsunternehmungen noch zu 3 1/4 % emittiert wurden, stieg dieser Satz im Herbst durchwegs auf 4,5 %. Die Rendite sämtlicher Kraftwerkobligationen erhöhte sich von 3,48 % im Jahre 1956 auf 4,16 % im Jahre 1957.

Aus den Geschäftsberichten schweizerischer Elektrizitätswerke

(Diese Zusammenstellungen erfolgen zwanglos in Gruppen zu vieren und sollen nicht zu Vergleichen dienen)

Man kann auf Separatabzüge dieser Seite abonnieren

	Elektrizitätswerk der Stadt St. Gallen		Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen Schaffhausen		Elektrizitätswerk der Gemeinde Frauenfeld		Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG.	
	1956	1955	1956/57	1955/56	1956	1955	1956/57	1955/56
1. Energieproduktion . . . kWh	4 358 799	4 391 005	—	—	—	—	1 370 360	2 365 950
2. Energiebezug . . . kWh	115 332 957	108 280 636	160 478 815	140 193 160	24 556 621	21 180 356	20 473 500	17 627 300
3. Energieabgabe . . . kWh	113 065 902 ¹⁾	108 603 021 ¹⁾	151 484 325	132 831 625	23 195 292	19 784 421	21 843 860	18 425 305
4. Gegenüber Vorjahr . . . %	+4,11	+7,3	+14	+13,9	+7,69	+9	+9,3	+10,4
5. Davon Energie zu Abfallpreisen . . . kWh	7 525 953	10 791 329	—	—	—	—	—	—
11. Maximalbelastung . . . kW	22 800	22 030	37 376	31 900	4 767	3 922	5 400	4 620
12. Gesamtanschlusswert . . . kW	179 455	165 770	—	—	43 193	41 110	29 100	28 583
13. Lampen { Zahl	378 960	366 500	—	—	71 484	69 030	54 291	53 188
kW	16 087	15 354	—	—	3 540	3 425	2 100	2 075
14. Kochherde { Zahl	8 460	7 694	—	—	1 729	1 717	1 266	1 180
kW	54 780	49 539	—	—	8 667	8 060	8 433	7 923
15. Heisswasserspeicher . . . { Zahl	11 140	10 202	—	—	2 110	1 946	1 735	1 605
kW	18 590	16 730	—	—	4 307	3 905	2 573	2 349
16. Motoren { Zahl	22 552	21 326	—	—	3 715	3 404	2 824	2 672
kW	25 957	24 589	—	—	11 348	10 385	7 447	7 039
21. Zahl der Abonnemente . . .	45 579	43 957	14 526	14 282	4 592	4 393	3 632	3 506
22. Mittl. Erlös p. kWh Rp./kWh	8,60	8,63	5,13	5,21	8,05	8,157	7,2	7,8
<i>Aus der Bilanz:</i>								
31. Aktienkapital Fr.	—	—	—	—	—	—	800 000	800 000
32. Obligationenkapital . . . »	—	—	—	—	—	—	1 000 000	1 000 000
33. Genossenschaftsvermögen . »	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Dotationskapital »	22 614 031	21 901 442	—	—	405 000	350 000	—	—
35. Buchwert Anlagen, Leitg. »	13 504 445	12 479 944	620 009	470 010	1 195 900	1 216 000	2 034 740	1 937 528
36. Wertschriften, Beteiligung »	7 200 000	7 200 000	1 756 880	2 018 580	5 000	5 000	—	—
37. Erneuerungsfonds . . . »	580 000	580 000	540 000	540 000	214 000	174 000	126 000	116 000
<i>Aus Gewinn- und Verlustrechnung:</i>								
41. Betriebseinnahmen . . . Fr.	9 718 475	9 377 741	7 773 100	6 926 000	1 901 800	1 647 900	1 587 886	1 567 612
42. Ertrag Wertschriften, Beteiligungen . . . »	273 600	273 600	62 650	69 040	120	—	—	—
43. Sonstige Einnahmen . . . »	23 224	22 764	131 750	125 690	5 200	5 200	762 168	557 986
44. Passivzinsen . . . »	1 055 128	1 027 888	—	—	30 200	28 500	30 190	25 335
45. Fiskalische Lasten . . . »	—	—	—	—	—	—	19 435	20 734
46. Verwaltungsspesen . . . »	532 657	523 419	503 620	497 580	—	—	244 435²⁾	223 542 ²⁾
47. Betriebsspesen . . . »	767 842	713 643	947 380	890 970	—	—	—	—
48. Energieankauf »	4 337 705	4 019 632	5 289 520	4 586 510	979 700	843 250	1 718 980	1 568 618
49. Abschreibg., Rückstell'gen »	1 234 874	1 208 333	600 170	510 980	188 100	182 600	311 160	303 676
50. Dividende »	—	—	—	—	—	—	52 000	52 000
51. In %	—	—	—	—	—	—	6,5	6,5
52. Abgabe an öffentliche Kassen »	2 150 000	2 250 000	625 000	625 000	152 100	158 700	—	—
<i>Übersicht über Baukosten und Amortisationen</i>								
61. Baukosten bis Ende Berichtsjahr Fr.	27 163 350	25 858 716	14 570 185	13 820 013	4 104 300	3 830 000	5 638 000	5 315 588
62. Amortisationen Ende Berichtsjahr »	13 658 905	13 378 771	13 950 176	13 350 003	2 908 400	2 614 000	3 604 000	3 378 059
63. Buchwert »	13 504 445	12 479 945	620 009	470 010	1 195 900	1 216 000	2 034 000	1 937 529
64. Buchwert in % der Baukosten	49,72	48,26	4	3	29,1	31,5	36,2	36,4

¹⁾ Inkl. Energielieferung an GWW Riet.

²⁾ Generalunkosten.

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.