Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 47 (1956)

Heft: 24

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: 08.08.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Der Verkauf der Energie auf Grund der Grenzkosten

von *M. Boiteux*, Paris

658.8.03

Ohne auf die Grenzkostentheorie als solche näher einzugehen, erläutert der Verfasser einige Grundzüge davon anhand von Beispielen aus der Elektrizitätswirtschaft. Es sind dies die drei Hauptfragen: Warum zu Selbstkosten verkaufen; warum, präziser gesagt, zu Grenzkosten; um welche Grenzkosten handelt es sich?

Die Anwendung der Grenzkostentheorie auf die Tarifierung der elektrischen Energie verlangt einige Vorsicht. Es zeigt sich aber, dass sie zu Tarifen führt, die den heute gebräuchlichen sehr ähnlich sind.

Sans entrer dans les détails de la théorie marginaliste, l'auteur en fait ressortir quelques principes à l'aide d'exemples tirés de l'industrie électrique. Il pose les trois questions: pourquoi vendre au prix de revient ou, plus précisément, au coût marginal; de quel coût marginal s'agit-il?

L'application de la théorie marginaliste à la tarification de l'énergie électrique exige quelques précautions. Il s'avère cependant qu'elle conduit à une tarification qui s'apparente dans une large mesure aux tarifs traditionnels.

Allgemeines

Der Verkauf der Energie auf Grund der Grenzkosten war in den letzten Jahren Gegenstand zahlreicher Aussprachen, insbesondere an den Zusammenkünften des «Comité d'Etudes de la Tarification» der UNIPEDE. Dieses Jahr, an seiner achten Tagung, widmete das energiewirtschaftliche Institut der Universität Köln einen Teil der Sitzungen diesem Thema.

In Fortsetzung der vor Jahren angebahnten Arbeiten erörterten die Verfasser der vorgelegten Berichte Fragen, die tief in das Wesen der Grenzkosten eindringen, ohne sich indessen erneut mit den Grundlagen der Theorie selbst zu befassen. Dieser Umstand schien bei einigen Teilnehmern, denen die Grundzüge der Grenzkostentheorie nicht geläufig waren, Missverständnisse heraufzubeschwören. Deshalb seien hier diese Grundlagen nochmals so kurz als möglich gestreift.

In ihrer einfachsten und allgemeinsten Form beruht die Grenzkostentheorie auf einigen wenigen klaren und eindeutigen Überlegungen.

Warum verkauft man zu Selbstkosten? Warum, genauer genommen zu Grenzkosten? Um welche Grenzkosten handelt es sich?

Diese drei Fragen sollen im vorliegenden kurzen Aufsatz erörtert werden.

Warum verkauft man zu Selbstkosten?

Vorerst sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Erörterung eines Verkaufes zu Selbstkosten keineswegs als Anspielung auf die *Gewinnmarge* zu deuten ist. Solange sich nämlich eine Gewinnmarge in vernünftigen Grenzen bewegt — niemand wird Ausartungen das Wort reden — entspricht diese dem Entgelt an die leitenden Organe und an das im Unternehmen investierte Kapital. In solchem Sinne stellt sie einen Teil der Selbstkosten dar, genau gleich wie die Besoldung des Personals oder die Schuldentilgung. Über eine «normale» Entschädigung an Kapital und leitende Organe lässt sich zweifellos diskutieren, desgleichen aber auch über die Gehälter der Angestellten oder über den Zinsfuss. Diese Fragen überschreiten jedoch den Rahmen dieses Aufsatzes.

Fasst man die Selbstkosten in diesem weitern Sinne auf, so stellt sich die Frage, ob die Energie an alle Abnehmer zu diesen selben Selbstkosten abgegeben werden muss, oder ob an einzelne Verbraucher zu *höheren Preisen* verkauft werden darf, damit andere durch Gewährung *niedriger Preise* begünstigt werden können.

Der Franzose sagt: *Führen heisst entscheiden*, was sowohl für den Regierungschef als auch für den Leiter eines Unternehmens gilt. Die tägliche Arbeit eines Unternehmungsleiters besteht im Treffen seiner Entscheidungen. Berühren solche Entscheidungen die wirtschaftliche Seite, so werden sie durch die Kostenfrage bestimmt. Unter gleichen Voraussetzungen wird ein Geschäftsleiter meistens die billigste Lösung suchen.

Beruhen die Preise der zu beziehenden Ware, in diesem Falle der elektrischen Energie, auf ihren Selbstkosten, so ist die billigste Lösung, die ein Unternehmer treffen kann, identisch mit der billigsten Lösung für die Allgemeinheit. Andernfalls besteht die Möglichkeit, dass die für den Unternehmer vorteilhafteste Wahl nicht zugleich die geeignetste Lösung für die Allgemeinheit darstellt, und der Unternehmer, ungeachtet seiner Einstellung

zum Gesamtinteresse, eine für die Allgemeinheit unwirtschaftliche Lösung treffen könnte.

Es fehlt nicht an Beispielen solcher *Fehlentscheide.* Die Konkurrenz *Schiene—Strasse* liefert hiezu schlagende Beweise. Auf dem traditionellen Gebrauchswert und gewissen angestammten Bindungen beruhend, weisen die Eisenbahntarife zahlreicher Länder für Fertigprodukte übersetzte Frachtsätze auf, im Vergleich zu denen der Massengüter. Aus diesem Grunde leiten die für den Kunden billiger arbeitenden Strassentransportunternehmungen einen Teil des Transportvolumens ab, welches die Bahn zu günstigeren Bedingungen zu übernehmen in der Lage wäre. Im täglichen Gebrauch werden elektrische Heisswasserspeicher in Städten, in denen die elektrische Energie nicht zu Nachttarifpreisen abgegeben wird, durch Gasbadboiler ersetzt, wodurch zahlreiche Konsumenten unbeabsichtigterweise zum teureren Energieträger übergehen.

Der Verkauf zu Selbstkosten vermag deshalb den Verbrauch in zweckmässige Bahnen zu lenken. Wird die elektrische Energie zu Selbstkostenpreisen abgegeben, so wird der Verbraucher von sich aus die gleiche Entscheidung treffen, die er unter Berücksichtigung des Gesamtinteresses getroffen hätte. Wird die Energie an einzelne Abnehmer zu billig und an andere zu teuer abgegeben, so werden die erstern dazu verführt, Energie zu vergeuden, indem sie diese andern Energieträgern vorziehen oder den Wirkungsgrad der Anwendungen vernachlässigen, während die andere Abnehmerkategorie zu äusserster Sparsamkeit gezwungen wird oder gar andere, in Tat und Wahrheit teurere Energieträger vorzieht.

Aus welchem Grunde soll die Energie zu Grenzkosten verkauft werden

Ein Grossindustrieller beabsichtigt die Einführung von *Elektroöfen.* Führt er die Absicht durch, so wird die Beschaffung einiger Millionen kWh an zusätzlicher Energie notwendig sein. Es sind nun die für die Gemeinschaft entstehenden Kosten dieser zusätzlichen Energie, die den weitern Gang der Dinge bestimmen und nicht die für die betreffende Region gültigen mittleren Produktionskosten.

Diese Frage ist für Frankreich von ganz besonderem Interesse. Infolge der wegen der Geldentwertung zusammengeschrumpften finanziellen Lasten der Elektrizitätswerke ist der *rechnerische Durchschnittspreis* der an den Generatorklemmen hydraulischer Werke abgenommenen Energie ausserordentlich niedrig; er dürfte um 2 fFr. pro kWh betragen. Die Kosten für die in neuen, finanziell voll belasteten Werken erzeugte Energie sind aber wesentlich höher, sagen wir etwa 3,5 fFr. pro kWh.

Wird die Energie in jeder Region zum rechnerischen Durchschnittspreis berechnet, so wird der oben erwähnte Industrielle keinen Augenblick zögern. Ohne Rücksicht auf eventuelle andere höhere Kosten wird er sein Werk in einer Region aufstellen, in der er vom Preis von 2 fFr. pro kWh profitieren kann. Deswegen wird aber der Energielieferant ein neues Wasserkraftwerk erstellen müssen, wobei dem Werk und folglich dem Lande die kWh auf 3,5 fFr. pro kWh zu stehen kommen wird.

Zu diesem Preis hätte der Industrielle vielleicht auf die Verwirklichung seiner Pläne verzichtet. Vielleicht hätte er es auch in einer andern Region versucht, wo er zwar denselben Preis für die Energie bezahlt, aber günstigere Lohnverhältnisse und Transportbedingungen angetroffen hätte. Durch Anwendung des rechnerischen Durchschnittspreises anstelle des für die neuen Werke geltenden Preises, wurde er zu seinem Fehlentscheid veranlasst.

Dieses Beispiel beweist eindrücklich, welche Bedeutung solchen Preisunterschieden beizumessen ist. Die daraus zu ziehenden Folgerungen gelten selbst für kleinste Abweichungen zwischen dem rechnerischen Durchschnittspreis und dem *«Entwicklungs»-Preis.* Bei der hydraulischen Produktion zwingt die fortschreitende Erschöpfung der ausbaufähigen Gefällsstufen zur Erstellung immer teurerer Anlagen. Für die weitere Entwicklung ist der Preis der in diesen *«Marginal- oder Grenzanlagen»* erzeugten Energie massgebend und nicht der rechnerische Durchschnittspreis der gesamten, in sämtlichen in Betrieb stehenden Werken erzeugten Energie. Es ist immer das nächste zu erstellende Werk, das den Preis bestimmt.

Man mag einwenden, dass diese Überlegung zwar für neue Verbraucher oder für den Zuwachs bei bisherigen Abonnenten am Platze sei; sie rechtfertige wohl die Abwälzung der durch neue Werke bedingten Kosten auf die neuen Verbraucher, stehe jedoch der Belieferung der bisherigen Abonnenten zum bisherigen rechnerischen Durchschnittspreis nicht im Wege.

In der Tat ist aber jeder Energiebezug stets ein «neuer», da der Abonnent jederzeit den Beschluss fassen kann, auf diesen Bezug zu verzichten. Die Energiepreise müssen derart beschaffen sein, dass jeder Abnehmer ständig die Auswirkungen vor Augen hat, die eine allfällige Verbrauchszunahme seinerseits auf die Gesamtheit der Abonnenten zur Folge hätte; sie sollen aber auch Aufschluss geben über die Einsparungen, die der Allgemeinheit eine Verminderung seines gegenwärtigen Verbrauchs bringen könnten, sei es durch Dislokation des Werkes, sei es durch Anpassung der Fabrikation oder häufiger noch durch Verbesserung der Arbeitsmethoden oder des Wirkungsgrades. *In einer in Weiterentwicklung begriffenen Wirtschaft,* wie der Elektrizitätswirtschaft, wird aber die Verbrauchsreduktion eines Abonnenten einem andern Verbraucher erlauben, seinen Bezug zu erhöhen, wofür sonst die Erstellung eines neuen Werkes nötig gewesen wäre. Auch hier wiederum sind die durch das neue Werk bedingten Kosten massgebend und nicht der rechnerische Durchschnittspreis für die bisherigen Werke.

Vom Unternehmerstandpunkt aus gesehen sind die Vorteile des Verkaufs zu Grenzkosten hinlänglich bekannt.

Durch den systematischen Verkauf eines Teiles der Energie zu niedrigeren Preisen als zu den Grenzkosten läuft das Werk Gefahr, Verluste zu erleiden, wenn die Nutzniesser dieser Vorzugspreise

an Zahl zunehmen. Der Verkauf zu höheren Preisen als zu den Grenzkosten zwingt indessen diejenigen Verbraucher zur Zurückhaltung, die einen zu hohen Preis als untragbar empfinden, wodurch wiederum der Absatz geschmälert wird. Ausserdem setzt sich das Werk dadurch der vermehrten Konkurrenz der andern Energieträger oder anderer Werke aus, was ebenfalls mit Risiken verbunden ist. Diese verschiedenen Punkte haben schon mehrmals Anlass zu Untersuchungen gegeben.

Um welche Grenzkosten handelt es sich?

Der Begriff der Grenzkosten wurde bereits an früherer Stelle gestreift, indem die Kosten der in einem neuen Werk erzeugten Energie denjenigen der gesamten Produktion aller im Betrieb stehenden Werke gegenübergestellt wurden. Diese Formulierung ist aber sehr summarisch und bedarf einer Präzisierung.

Streng genommen entsprechen die Grenzkosten den *Kosten der zusätzlich zu produzierenden Einheit.*

Dabei denkt man sofort an die der Produktion *proportionalen Kosten* — die festen Lasten ausgenommen — und schliesst daraus sofort auf die Abwegigkeit einer Theorie, die eine Deckung der festen Kosten ausschliesst.

Und da die Befürworter der Grenzkostentheorie zugeben, dass *in gewissen Fällen* die Abgabe zu Grenzkosten dem Werk Verluste bringen kann, so ist man geneigt anzunehmen, dass die Verluste der Grössenordnung der festen Kosten des Werkes entsprechen könnten. Während die Anhänger des «gesunden Menschenverstandes» in dieser Phase der Ableitung sich dagegen auflehnen, zerbrechen sich die «Theoretiker» den Kopf auf der Suche nach einem Modus, der wenigstens ein teilweises Abwälzen des bedeutenden Fehlbetrages erlauben würde.

Es kann nicht eindrücklich genug vor einer derart irrigen Vereinfachung der Grenzkostentheorie gewarnt werden. Wäre dies das Wesen der Grenzkostentheorie, so wäre es allerhöchste Zeit, nicht mehr davon zu sprechen und deren Verfechter in Grund und Boden zu verdammen.

Dagegen genügt es, daran zu erinnern, dass gemäss dieser Theorie, in einer Wirtschaftsordnung mit vollkommener Konkurrenz, der Verkauf zu Grenzkosten einen optimalen Gewinn und das Budgetgleichgewicht des Unternehmens zu garantieren vermag. Wie aber wäre dies möglich, wenn die Grenzkosten mit den proportionalen Kosten identisch wären?

Leider erfordert die Entwirrung des Gedankenkomplexes eine gewisse Abstraktionsfähigkeit, um die Zusammenhänge zwischen Grenzkosten als Kosten der zusätzlichen Einheit und Grenzkosten im Sinne der Durchschnittskosten der Produktion des zusätzlichen Kraftwerkes zu erkennen.

Einige Beispiel mögen, statt einer hier kaum möglichen Beweisführung, das Gesagte erläutern.

Betrachten wir eine *elektrische Übertragungsleitung*, von der wir folgendes voraussetzen:

1. dass sie das ganze Jahr eine konstante Leistung übertrage (dies, um eindeutig in kW argumentieren zu können);
2. dass die Kosten für die Spannungshaltung gegenüber denjenigen für die Verlustdeckung vernachlässigbar seien.

Ist die Leitung schwach belastet, so sind die durch ein das ganze Jahr hindurch *zusätzlich* übertragenes kW verursachten Verluste gering. Die Grenzkosten der Übertragung sind entsprechend den Grenzverlusten sehr gering. Nimmt die betrachtete Belastung zu, so wachsen auch die Verluste und mit ihnen zwangsläufig auch die Grenzkosten. Bei sehr hohen Belastungen fallen die Verluste sehr ins Gewicht, die *Grenzverluste sind ganz beträchtlich* und die Grenzkosten der Übertragung somit sehr hoch.

Energieübertragungen zu Grenzkosten durchzuführen heisst nichts anderes, als *alle* übertragenen kW zu dem Preis zu berechnen, der den durch die Übertragung der Grenzleistung entstandenen Verlustkosten entspricht. Wenn die Leitung stark überdimensioniert ist, die übertragene Leistung und die Grenzverluste gering sind, und die Berechnung zu Grenzkosten erfolgt, so werden die festen Leitungskosten nicht gedeckt, obwohl die Leitungsverluste selbst mehr als ausgeglichen sind (da die mittleren Verluste kleiner sind als die Grenzverluste). Ist die Leitung dagegen knapp dimensioniert, so sind die Grenzverluste beträchtlich und die Grenzkosten sehr hoch, und die Berechnung zu Grenzkosten bringt mehr ein, als zur Deckung der festen und der Verlustkosten erforderlich wäre.

Dieses Beispiel zeigt deutlich — und es handelt sich hierbei um ein allgemeingültiges Ergebnis — *dass sich der Verkauf zu Grenzkosten dann defizitär auswirkt, wenn die Anlagen im Vergleich zur Nachfrage überdimensioniert sind, und dass dieser Verkauf gewinnbringend wird, wenn der Ausbau sehr knapp bemessen ist.*

Das Ergebnis wäre ganz anders ausgefallen, wenn der oft anzutreffende Fehler begangen worden wäre, dass die Übertragungsgrenzkosten den *mittleren* Übertragungskosten je kWh gleichgesetzt worden wären, so dass der Verkauf zu Grenzkosten niemals mehr als die Verlustkosten aufgewogen hätte, während die festen Kosten ungedeckt geblieben wären.

Nach diesem ersten Beispiel sei bemerkt, dass eine Anlage niemals dauernd unterdimensioniert sein kann. Um die Frage der Unstetigkeiten zu umgehen, nehmen wir an, die Unternehmung verfüge über eine Anzahl genau gleicher Leitungen, die alle dieselben Übertragungsmöglichkeiten aufweisen und gleich belastet seien. Wenn diese Leitungen «überlastet» sind, wird eine neue gebaut. Die festen Kosten eines solchen Netzes wachsen um den Betrag für die neue Leitung, dagegen sinken die Verlustkosten, da jede Leitung alsdann schwächer belastet ist. Wenn der durch die Verringerung der Kosten erzielte jährliche Gewinn höher ist als die jährlichen festen Auslagen für die neue Leitung, so waren die Leitungen tatsächlich «überlastet», und man tat gut daran, eine neue zu bauen. Man müsste eine zweite neue Leitung erstellen, wenn die jährliche Bilanz trotzdem noch gewinnbringend bliebe, dann eine dritte usw., bis schliesslich kein Gewinn mehr daraus zu realisieren wäre.

Ist einmal der optimale Ausbaustand erreicht, so entsprechen die Grenzkosten für irgend eine Leitung des Netzes genau den durchschnittlichen Übertragungskosten der zuletzt erstellten Leitung. Dies ist lediglich eine andere Art der Darstellung des Vergleichs zwischen den festen Kosten für die zuletzt ausgeführte Leitung und der dadurch erzielten Verringerung der Verlustkosten.

Hier liegt ein weiteres Ergebnis von allgemeiner Bedeutung vor: *In einer optimal ausgebauten Anlage vermögen die zu Grenzkosten berechneten Dienstleistungen genau die Kosten für den der Grenzleistung entsprechenden Ausbau zu decken; d. h. der Verkauf zu Grenzkosten ist identisch dem Verkauf zu dem dem Grenzausbau entsprechenden Durchschnittspreis.* Dies entspricht wiederum unserem früher definierten Begriffe der Kosten für die zusätzliche Einheit.

Die Annahme, dass alle Leitungen genau gleich ausgeführt seien, erlaubt ferner die Feststellung, dass das Budgetgleichgewicht für alle Leitungen bzw. für den gesamten Betrieb gewährleistet ist, wenn dies für die letzte Leitung zutrifft (diese Feststellung ist nicht unbedingt allgemeingültig, aber sie hat sich in sehr vielen Fällen bewahrheitet).

Aus dem eben Gesagten kann umgekehrt geschlossen werden, dass der Verkauf zu Grenzkosten die gesamten Auslagen eines Unternehmens im selben Masse zu decken vermag, als die Durchschnittskosten für die Produktion der zusätzlichen Einheit von denjenigen der übrigen Einheiten abweichen.

Es gilt nun, einen dritten Punkt festzuhalten. Man stelle sich folgende Situation vor:

1. Die Übertragung erfolge über eine oder einige wenige Leitungen;
2. die Belastung wachse von Jahr zu Jahr, der Verbrauchszunahme entsprechend;
3. die zu übertragende Leistung bleibe im Verlaufe eines Jahres konstant (und die durch den Spannungsabfall verursachten Kosten seien vernachlässigbar klein).

Die Unternehmung kann ihre Anlagen nicht jedes Jahr dem Verbrauchszuwachs entsprechend erweitern. Wenn der Verbrauchszuwachs in acht Jahren die Übertragungsmöglichkeit einer Leitung erreicht, und die Bemessung der Anlage heute eine optimale ist, so wird man in vier Jahren eine neue Leitung erstellen müssen. Während der ersten vier Jahre werden die Anlagen überlastet sein, und die Übertragungsgrenzkosten werden allmählich steigen. Während der folgenden vier Jahre dagegen werden die Anlagen überdimensioniert sein, und die plötzlich rapid gesunkenen Grenzkosten werden sukzessive wieder steigen, um in wiederum acht Jahren die der optimalen Auslastung entsprechende Höhe zu erreichen.

Da die Tarife für Energieübertragungen stabil sein müssen — und es ist nicht einzusehen, warum sie es nicht sein sollten —, besteht keine Möglichkeit, diese alljährlich den Grenzkosten anzupassen. Man muss daher zu einem Mittelwert Zuflucht nehmen, der den Grenzkosten für eine dauernd vollausgelastete Anlage zu entsprechen hat.

Das eben Gesagte führt zu folgender, während einer Periode industrieller Expansion allgemein gültiger Feststellung: *Auf die Grenzkosten basierende Tarife müssen sich auf fortwährend den gegebenen Verhältnissen angepasste Anlagen beziehen und zwar unabhängig von den sich folgenden Perioden zu geringer oder zu starker Auslastung der Anlagen.*

Dies schliesst selbstverständlich die Anwendung eines dem augenblicklichen Auslastungszustand der Anlagen entsprechenden Grenzkostenpreises für vorübergehende Energieübertragungen nicht aus. In diesem Falle handelt es sich aber nicht mehr um einen allgemein gültigen Tarif, auf den die Abonnenten Anspruch erheben können.

Dieser dritte Fall führt zur Begründung eines vierten und letzten Punktes:

Diesmal betrachten wir nicht mehr eine dauernd gleichmässig belastete Leitung, sondern die Übertragung erfolgt auf Grund einer natürlichen *Belastungskurve.*

In Perioden geringer Belastung sind die Grenzkosten ebenfalls gering, und der Tarif soll ein niedriger sein. Wenn die Belastung hoch ist, soll der Tarif ebenfalls hoch sein. Ist der Belastungsverlauf auf einer Leitung, abgesehen von zufälligen Abweichungen, mehr oder weniger bekannt — dies ist z. B. für Versorgungsnetze der Fall —, so ist es möglich, für jede Jahres- oder Tageszeit die Grenzkosten zu ermitteln, woraus sich ein Tarif ableiten lässt, der für die einzelnen Jahres- oder Tageszeiten verschieden ist.

Da die Leitung als optimal ausgebaut vorausgesetzt wurde, wird die Anwendung eines solchen Tarifes, gemäss der Begründung des zweiten Punktes, das Budgetgleichgewicht des Übertragungsnetzes gewährleisten.

Dies führt zum vierten allgemein gültigen Ergebnis:

Weisen die Belastungskurven eine gewisse Regelmässigkeit auf, so kann nach dem Belastungsverlauf ein Tarif auf Grund der nach Jahres- und Tageszeiten differenzierten Grenzkosten aufgestellt werden, der den Kosten der zusätzlichen Einheit in jedem Zeitpunkt entspricht.

Das soeben für Übertragungsleitungen Gesagte gilt ebenso für jedes beliebige andere Produktionsmittel. Die Untersuchung «starrer» Anlagen — d. h. Anlagen, deren Kapazität genau festgelegt ist im Gegensatz zu den Übertragungsleitungen, die man stets mehr oder weniger stark belasten kann — bietet dagegen besondere Schwierigkeiten und kann an dieser Stelle nicht erörtert werden [1]).

Die Absicht der vorliegenden Untersuchung bestand darin, dem Energiewirtschafter, auf Grund ihm geläufiger Beispiele, die hauptsächlichsten Gesichtspunkte der Tarifgestaltung auf Grund der Grenzkosten zu erklären.

Zusammenfassung

Diese allzukurze Einführung in die Grenzkostentheorie wird beim Leser bestimmt Zweifel wachrufen. Immerhin wurde versucht, einige Punkte abzuklären, welche weiterhin zu fruchtbaren Diskussionen Anlass bieten mögen.

Die Grundzüge dieser Theorie beruhen auf folgenden elementaren Überlegungen: Verkauf zu Selbstkosten oder genauer zu Grenzkosten, derart,

dass die durch die Verbraucher getroffenen Entscheidungen bezüglich der verschiedenen Energieträger und Verwendungsarten sich nach den Kosten der Belieferung für die Allgemeinheit richten.

Die Umsetzung dieser Theorie in die Praxis erfordert einige Vorsicht: Proportionalkosten und Grenzkosten sind nicht zu verwechseln; mit einem angepassten Ausbau der Anlagen operieren; vorsichtige Behandlung von Fällen mit «starren Anlagen».

Unter diesen Voraussetzungen erscheint der Verkauf zu Grenzkosten kaum mehr ein ausserordentliches Unterfangen. Er führt im Gegensatz zu einer Tarifgestaltung, die der herkömmlichen nicht unähnlich ist. Daraus erhellt, dass es sich bei der Grenzkostentheorie viel eher um eine Erkenntnis als um eine umwälzende Idee handelt.

Wie jede neue Erkenntnis, lenkt auch diese die Gedanken in feste Bahnen und überführt durch ständige Vervollkommnungen gefühlsmässige Überlegungen in allgemein anerkannte Grundsätze.

In diesem Sinne ist der Grenzkostentheorie die grösste Bedeutung beizumessen, aber sie dürfte kaum zu einer gänzlichen Umgestaltung der bisherigen Ansichten über die Energietarife führen.

D. : Sw

Adresse de l'auteur:
M. Boiteux, Directeur adjoint à la direction générale de l'Electricité de France, Paris.

[1]) Siehe Revue Générale de l'Electricité, August 1949, S. 321: «La tarification des demandes en pointe: application de la théorie de la vente au coût marginal.»

Eine «überflüssige» Störung

621.311.1.004.6

Von *F. Schär*, Olten

Wir sind es gewohnt, dass heutzutage bei einer Störung in Hochspannungsnetzen nur die kranken oder unmittelbar betroffenen Teilstrecken automatisch abgeschaltet werden. Um so mehr fällt es daher auf, wenn dies einmal nicht zutrifft. Nachstehend wird von einem solchen Fall berichtet, der auch einen nützlichen Hinweis für den Betrieb gibt.

Nous sommes habitués aujourd'hui à ce que lors de dérangements dans les réseaux à haute tension seuls les tronçons de ligne directement affectés soient automatiquement déconnectés; nous sommes d'autant plus surpris lorsque survient un dérangement où tel n'est pas le cas. L'auteur décrit ici l'un d'eux et en tire des conclusions utiles pour l'exploitant.

Hergang der Störung

Fig. 1 zeigt das *Prinzipschaltbild der von der Störung betroffenen Strecken.* In der Verteilstation Industriequartier der *Elektrizitätsversorgung Olten (EVO)* trat an einem 16-kV-Kabel ein Defekt auf, der folgerichtig wegen des ebenfalls durch den Defekt betroffenen Feederschalters zur Auslösung des entsprechenden Leitungsschalters im Unterwerk *Rankwage* führte. Da die Abzweige im Unterwerk mit *langsamer automatischer Wiedereinschaltung* ausgerüstet sind, wurde der defekte Abzweig nach 3 m automatisch wieder eingeschaltet. Richtigerweise erfolgte die Auslösung in Rankwage nach der eingestellten Relaiszeit von 1 s wiederum automatisch, da ja die Störung noch bestand. Zusätzlich löste aber auch in *Gösgen* Leitung *1* durch Phasen *R* und *T* aus und zwar mit der Schnellzeit nach 0,1 s. Die Leitung blieb daher vorerst ausgeschaltet. Nach weiteren 3 m erfolgte in Rankwage die zweite automatische Wiedereinschaltung, wobei der kranke Abzweig wiederum folgerichtig auslöste. Zusätzlich fiel diesmal der Schalter von Leitung *2* im Kraftwerk Gösgen. Damit wurden die 16-kV-Sammelschiene im Unterwerk Rankwage und die daran angeschlossenen Abnehmer, inklusive ein Teil der *Stadt Olten*, spannungslos.

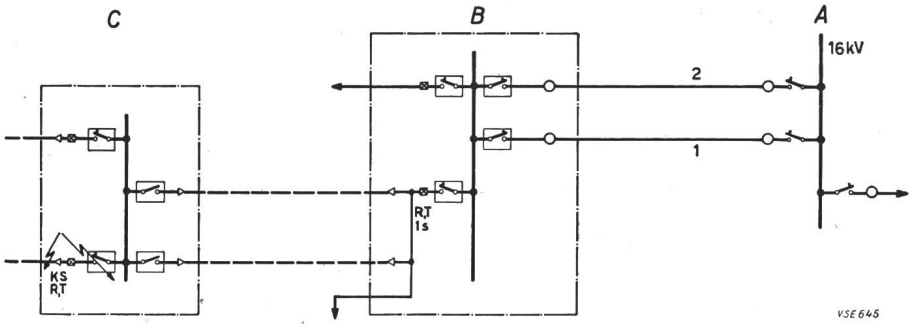


Fig. 1
Prinzipschaltbild der von der Störung betroffenen Strecke

○ Schnelldistanzrelais
⊠ Primäre Maximalstromrelais
KS R,T Kurzschluss zwischen Phasen R und T
A Kraftwerk Gösgen
B Unterwerk Rankwage
C Verteilstation Industrie-Quartier der EVO

Diskussion des Relaisverhaltens

Anhand des Prinzipschemas der Fig. 1 erkennt man sofort, dass das Verhalten des Relais im Unterwerk Rankwage richtig war. Die Auslösung der *Schnelldistanzrelais in Gösgen* — es sind solche des Typs LG von *Brown, Boveri* — ist zunächst unverständlich. Da wir aber auf Grund von langjährigen Erfahrungen wissen, dass diese Relais nicht überflüssigerweise auslösen, wurde die Leitung Gösgen–Rankwage abgesucht. Erst bei der dritten Kontrolle wurde darauf eine Kurzschlußstelle und deren frische Brandspuren dank günstiger Beleuchtung und durch Beobachten von «oben», vom Turm des Kraftwerkes aus, entdeckt. Wie dann weiter festgestellt werden konnte, wurde zur fraglichen Zeit dort tatsächlich eine Feuererscheinung beobachtet. Die Spuren konnten zwar nur auf einer Leitung entdeckt werden, doch ist anzunehmen, dass der Kurzschluss auf der andern Leitung aus gleicher Ursache entstand. Es bestätigt sich auch in

diesem Fall wieder, dass der Störherd bei Grundzeitauslösung mit Schnelldistanzrelais und Druckluftschalter oft nur schwer oder eventuell gar nicht gefunden wird wegen der meist belanglosen Brandspuren, die ja richtigerweise den Betriebsleiter auch nicht zu beunruhigen brauchen.

Wichtiger war in diesem Fall die Frage, warum es denn überhaupt zu der Folgestörung auf den zuspeisenden Leitungen Gösgen—Rankwage gekommen ist. Mit den vorhandenen Leiterdistanzen ist ein Überschlag in offener Spannweite gar nicht denkbar. Die drei Leiter sind durch die horizontale Abspannung am Kraftwerk je 1 m voneinander entfernt. Die Anordnung auf dem ersten Mast zeigt Fig. 2. Dort bestand ebenfalls ein Abstand von ca. 1 m von Leiter zu Leiter. Die Nachrechnung der heute auftretenden Kurzschlußströme ergab aber, dass die Kurzschlusskräfte

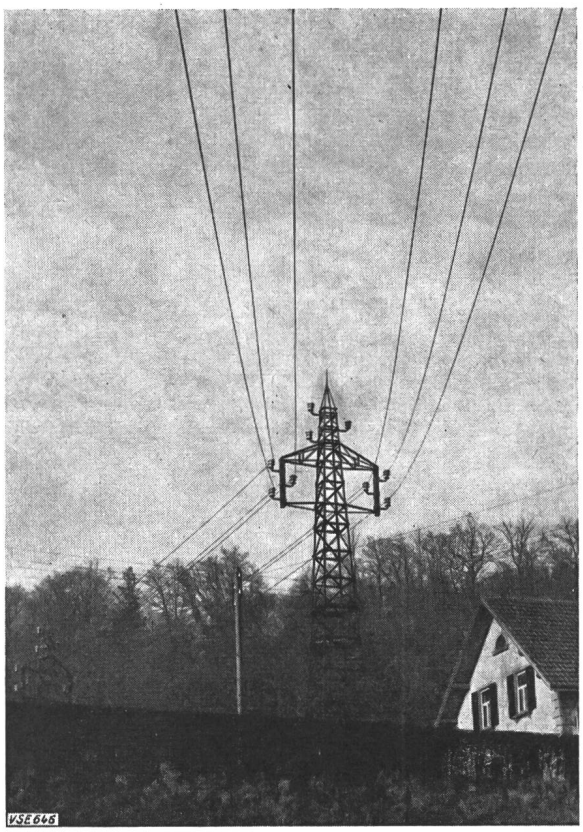


Fig. 2
Erster Mast der 16-kV-Leitung Gösgen—Rankwage

$$P = 2{,}04\ I^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-8} = 2{,}04 \cdot 9200^2 \cdot \frac{100}{100} \cdot 10^{-8} = 1{,}72\ \text{kg/m}$$

(darin bedeuten: P die Kraft in kg pro Meter Leiterseil, I die Stromstärke des Kurzschlußstromes in A, hier 9200 A, l die betrachtete Länge in cm, a den Leiterabstand in cm)

durchaus in der Lage waren, die Leiterseile dieser Spannweite von ca. 73 m, während des Ablaufes der Auslösezeit von 1 s für den kranken Abzweig, derart auseinander zu drängen, dass beim Zurückschwingen *ein wesentliches Überschiessen* und dadurch zu grosse Annäherung der Phasen eintrat, womit Überschlag und Kurzschluss eingeleitet wurden. Begünstigt wurden diese durch den etwas kleineren Leiterzug in der grösseren Spannweite, sowie durch den Übergang von der horizontalen Anordnung der Leiter bei der Endabspannung zur dreieckförmigen am ersten Mast, vor allem aber auch durch die in den letzten Jahren stark gewachsenen Kurzschlussleistungen. Selbstverständlich wurden die Leiterabstände dieser Spannweite kurze Zeit nach der Störung vergrössert und die Seile etwas stärker gespannt.

Schlussfolgerung

Die in den letzten Jahren praktisch überall stark anwachsenden Kurzschlussleistungen können infolge der auftretenden hohen Stromkräfte auf Leitungen sekundär Störungen auslösen, wo bisher scheinbar genügend Sicherheit dagegen bestand. Eine automatische Abschaltung durch moderne, richtig angeschlossene und eingestellte Relais kann deshalb auch in Fällen berechtigt sein, wo sie zunächst unnötig erscheint.

Die gründliche Abklärung der Ursachen vorkommender Störungen kann nützliche Hinweise für die weitere Erhöhung der Betriebssicherheit liefern.

Adresse des Autors:
F. Schär, Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität, Olten.

Fragen des Netzbetriebes und der Betriebsorganisation

Bemerkungen zu den Berichten über die VSE-Diskussionsversammlungen vom 14. Juni 1956 in Zürich und vom 21. Juni 1956 in Lausanne

[Siehe Bull. SEV Bd. 47(1956), Nr. 16, 17, 18, 20 u. 21, Seiten des VSE] 621.316.1

Im Berichte über die Diskussionsversammlung des VSE über «*Fragen des Netzbetriebes und der Betriebsorganisation*» heisst es [1]):

«In verschiedenen Kommissionen ist neulich über die *Brandgefährlichkeit der Dachständer und über Mittel und Wege zu deren Behebung* gesprochen worden. *Es scheint, als ob heute noch nicht mit Sicherheit Konstruktionen und Materialien angegeben werden können, die auf unbeschränkte Zeit befriedigen.* Es wurde daher die Frage zur Diskussion gestellt, ob nicht auch die *Dachständer*, wie die Hausinstallationen, periodisch mindestens etwa alle 20 Jahre, *kontrolliert werden sollten.*»

Dazu ist festzustellen, dass eine solche sichere Konstruktion auf dem Markte ist. Die *Bernischen Kraftwerke A.-G. (BKW)* in Bern haben nach jahrelangen, gründlichen Untersuchungen, in Verbindung mit der *Brandversicherungsanstalt des Kantons Bern*, bereits im Jahre 1953 dem *Eidg.*

[1]) Bull. SEV Bd. 47(1956), Nr. 20, S. 929

Starkstrominspektorat und der *Materialprüfungsanstalt des SEV* eine neue Dachständerkonstruktion samt dem dazu notwendigen Material vorgelegt. Diese neue Dachständereinführung wurde dann von der *Forschungskommission für Hochspannungsfragen (FKH)* eingehend geprüft. Die Resultate dieser Prüfungen sind in einem umfassenden Bericht an die *«Vereinigung Kantonal-Schweizerischer Brandversicherungsanstalten»*, vom 10. Oktober 1953, festgelegt worden. Die Untersuchungen der FKH umfassten das ganze Problem *«Wechselstrom-Lichtbogen in Niederspannungsnetzen als Folge von Stossentladungen»* und als spezielle Aufgabe *«Versuche an Dachständern»*. Für die letztern lieferten die BKW ihre neu entwickelte Konstruktion und das Material.

Die FKH vertrat die Auffassung, dass es aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich sei, für Dachständereinführungen eine genügend hohe Isolationsfestigkeit der Leiter gegen alle auftretenden Überspannungen zu erreichen. Die Konstruktion musste somit, um eine dauernde Sicherheit zu bieten, so beschaffen sein, dass im Falle eines Überschlages zwischen den Leitern im Dachständer, oder zwischen einem Leiter und dem Dachständerrohr, der Lichtbogen sofort gelöscht würde. Dies führte zur Empfehlung, dass *zwischen die einzelnen Leiter sowie zwischen die Leiter und das Dachständerrohr noch ein fester, gegen Feuchtigkeit und Wärme unempfindlicher Isolierstoff gelegt werden sollte.*

Das wesentlich Neue des Materials, welches die BKW zur Prüfung vorlegten, bestand aus einem aus *Hart-Polyvinylchlorid (PVC)* hergestellten Mehrkanalrohr *(Isodur-MK*-Rohr, hergestellt von den *Schweiz. Isolawerken in Breitenbach)*. Dieses hat bei einem Durchmesser von 37 mm 4 geschlossene Kanäle, in welchen die Dachständerleiter bis zu einem Querschnitt von 35 mm² voneinander getrennt und hochwertig isoliert durch das Dachständerrohr geführt werden. Diese Anordnung hält die Leiter frei von Kondenswasser und die freie Verlegung in den Kanälen gewährt eine leichte Auswechslung der Leiter bei allfälliger Verstärkung des Querschnittes. Die schwächste Stelle der Konstruktion lag zweifellos bei der Stoßstelle der Rohre im Dachständer. Durch eine Klemm-Verbindungsmuffe wurde diese gesichert. Eine solche Konstruktion erfüllt in idealer Weise die von der FKH aufgestellte Anforderung.

«Das erstrebte Ziel, dass anschliessend an einen Stossüberschlag kein langdauernder Lichtbogen entsteht, wird mit der neuen Dachständerkonstruktion BKW erreicht, sofern der Spalt an den Stoßstellen der Mehrkanal-Rohre kleiner als 1,5 mm bleibt.»

Diese maximale Distanz wird sichergestellt durch die oben erwähnte Klemm-Muffe aus Hart-PVC.

Über diese Versuche des FKH an Dachständereinführungen mit Isodur-MK-Rohr wurde bereits berichtet [1]). An acht verschieden installierten Dachständern mit Isodur-MK-Rohr wurden bei 380 Volt Betriebsspannung zwischen den Leitern oder zwischen Leiter und Dachständerrohr Stossüberschläge erzeugt. Die schwersten Anforderungen lagen bei der Anordnung, bei welcher in das Isodur-MK-Rohr «blanke Leiter» eingezogen wurden. Der Untersuchungsbericht stellt fest:

«Bei allen Stössen wurde der Nachstrom beim ersten Nulldurchgang gelöscht.»

Eine periodische Kontrolle der Dachständer bedeutet für die Elektrizitätswerke eine grosse finanzielle Belastung. Sie sollte deshalb auf diejenigen Dachständerkonstruktionen beschränkt bleiben, deren Isolationsfestigkeit mit den Jahren abnimmt. Bei Verwendung von Isodur-MK-Rohr ist dies, auch mit normalen Leitern (Isolation T), nicht zu erwarten. Die Versuche haben gezeigt, dass selbst mit blanken Leitern noch volle Sicherheit vorhanden ist.

Bei der Verlegung der Dachständer-Leiter in ein Isodur-MK-Rohr, wobei jeder Leiter sowohl von den andern Leitern als auch vom Dachständerrohr durch einen festen, dauernd hochwertigen Isolierstoff getrennt ist, kann mit grosser Wahrscheinlichkeit erwartet werden, dass bei einem Überschlag der elektrische Lichtbogen sofort gelöscht wird. Es erfolgt also kein Nachfliessen des Betriebsstromes, der Stehlichtbogen bleibt aus und dadurch auch der gefürchtete Dachständerbrand.

Unter der selbstverständlichen Voraussetzung einer fachgemässen und sorgfältigen Montage wird somit die gewünschte dauernde Sicherheit der Dachständereinführung bei wirtschaftlich tragbarem Aufwand erreicht. Die Elektrizitätswerke müssen nicht mit einer periodischen Kontrolle der Dachständereinführungen, mit all ihren unangenehmen Konsequenzen für das Werk und die Abonnenten, zusätzlich belastet werden.

A. Bernardsgrütter

[1]) Bull. SEV Bd. 45(1954), Nr. 12, S. 465...471.

Aus dem Kraftwerkbau

Der zweimillionste Kubikmeter Beton bei der Staumauer der Grande Dixence eingebracht

Am 30. Oktober 1956 wurde auf der im Bau befindlichen Staumauer der Grande Dixence der zweimillionste Kubikmeter Beton eingebracht. Dieser Anlass bot der *Grande Dixence S. A.* eine willkommene Gelegenheit, im Rahmen einer schlichten Feier den Ingenieuren, Technikern und Arbeitern, die an diesem grossen Werk arbeiten, den Dank für ihren unermüdlichen Einsatz auszusprechen. Gleichzeitig konnte den zur Feier geladenen Gästen und der Presse ein Bild über den Fortschritt der Arbeiten im Val des Dix vermittelt werden.

Die *Betonierungsarbeiten*, mit denen 1953 begonnen wurde, haben nun ihren Höhepunkt erreicht. Tag und Nacht, Woche um Woche, Monat um Monat wiederholt sich das gleiche Schauspiel: an den 900 m langen Kabeln gleiten die vollen Betonkübel hoch hinaus über die Baustelle, fahren in die Tiefe bis zur Stelle, an der gearbeitet wird, und entleeren ihre Last von 6,25 Tonnen Beton.

Dank Anwendung rationellster Transport- und Arbeitsmethoden und dank der guten Einarbeitung der Arbeiterschaft konnten im Laufe der diesjährigen Betoniersaison rund 850 000 m³ Beton verarbeitet werden, was einen Tagesdurchschnitt von rund 5600 m³ ergibt. Mit ihren 284 Metern wird die Staumauer bekanntlich die höchste der Welt werden. Bis zu ihrer Fertig-

stellung, die etwa 1960 zu erwarten ist, werden nochmals weitere 3,89 Millionen m³ erforderlich sein. Der nutzbare Wasserinhalt des Stausees wird rund 400 Millionen m³ betragen.

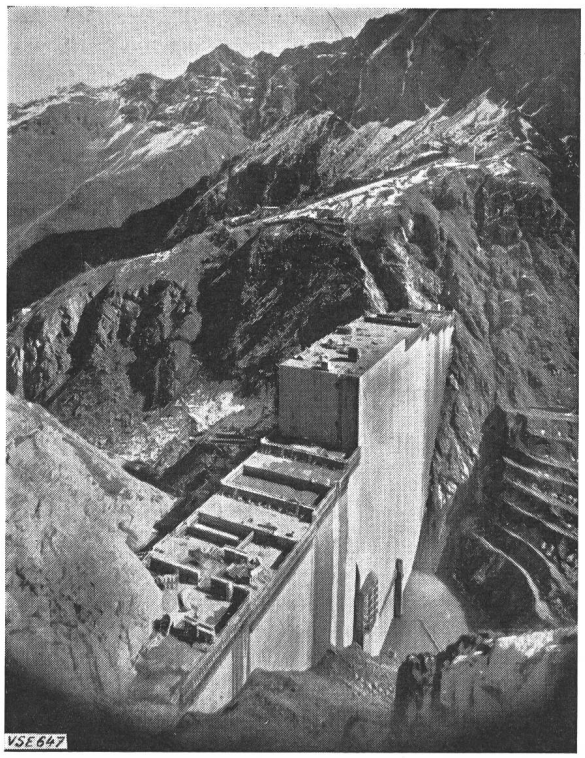


Fig. 1
Gegenwärtiger Stand der Arbeiten an der Staumauer der Grande Dixence
Ansicht von der Oberwasserseite

Über den Stand der Arbeiten lässt sich folgendes berichten: Von den insgesamt 110 km *Zuleitungsstollen*, die erstellt werden müssen, sind 22 km oder 20 % ausgebaut. Der Zuleitungsstollen von *Arolla* ist bereits seit dem Sommer 1955 fertiggestellt und dient heute bereits der Zuleitung von Wasser in den bestehenden Stausee im Val des Dix. Gegenwärtig wird an den Stollen von Zermatt nach Arolla und nach Vouasson gearbeitet.

Der Zuleitungs- und der Druckstollen nach der *Zentrale Fionnay* sind fertiggestellt; in der Zentrale selbst schreitet die Montage der Maschinen programmgemäss voran, so dass die ersten beiden Maschinengruppen bereits im Juli 1957 in Betrieb genommen werden können. Der Stollen von der Zentrale Fionnay nach der zweiten Zentrale in *Nendaz* und diese selbst sind im Bau; in der unterirdischen Zentrale Nendaz sollen die ersten drei Gruppen Ende 1959 dem Betrieb übergeben werden.

Im Anschluss an die Feier auf der Baustelle offerierte die Grande Dixence S. A. im *«Ritz-Hotel»*, auf *Le Chargeur*, ein Essen. In seiner Begrüssungsansprache skizzierte *E. Choisy*, Präsident des Verwaltungsrates der Grande Dixence S. A. die Bedeutung des Werkes für die schweizerische Volkswirtschaft und die Elektrizitätswirtschaft im besonderen. Anhand einiger Zahlen beleuchtete der Referent alsdann unsere heutige und zukünftige Versorgungslage mit elektrischer Energie: die starke immer noch anhaltende Bedarfszunahme erfordert den raschen Weiterausbau unserer Wasserkräfte. Daran ändert auch die Atomenergie nichts, ist doch mit ihrem Einsatz nicht vor 10...15 Jahren zu rechnen; bis dahin muss die benötigte Energie aus Wasserkraftwerken beschafft werden.

In einer weiteren Ansprache beglückwünschte der Präsident der Walliser Regierung, Herr Staatsrat *Schnyder*, die Grande Dixence und die an ihr beteiligten Partner zu ihrer grossen Leistung, wobei er namentlich auch die soziale Aufgeschlossenheit und die Bemühungen der Unternehmung um das Wohl der Arbeiterschaft würdigte. Besonders herzlich beglückwünschte der Redner die am Bau beteiligten Arbeiter. Als Vertreter der Bauunternehmungen beleuchtete hierauf *M. Marti* mit einigen interessanten Zahlen die Bedeutung

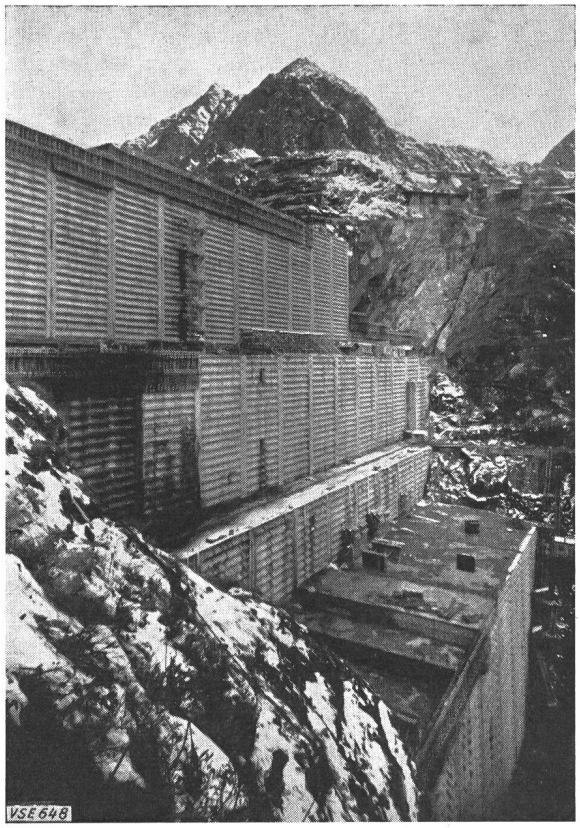


Fig. 2
Gegenwärtiger Stand der Arbeiten an der Staumauer der Grande Dixence
Ansicht von der Talseite

des Werkes: seit Baubeginn haben die auf der Baustelle eingesetzten Camions zusammen einen Weg von rund 500 000 km zurückgelegt.

Auch Herr *Camillo Sierro*, Gemeindepräsident von Hérémence, beglückwünschte die Unternehmung und das gesamte Personal für das bisher Erreichte. Als Vertreter einer Berggemeinde unterstrich er vor allem die Bedeutung des Kraftwerkbaues als aktive Berghilfe. *Wi*

Inbetriebnahme der Zentrale Riddes der Kraftwerke Mauvoisin A.-G.

In der Zentrale Riddes wurden am 1. November 1956 drei Maschinengruppen, bestehend aus je einem mit einer Zwillings-Pelton-Turbine gekuppelten 67 000-kVA-Generator, in Betrieb genommen; die zwei verbleibenden Maschinengruppen werden im Verlaufe des Monats November folgen. In der Zentrale Fionnay sind bereits Ende August zwei von den drei Gruppen mit je 60 000 kVA dem Betrieb übergeben worden.

Die maximal mögliche Leistung der beiden Zentralen wird im Endausbau 352,5 MW erreichen, ihre mittlere jährliche Erzeugungsmöglichkeit 761 Millionen kWh, wovon 604 Millionen kWh im Winter- und 157 Millionen kWh im Sommerhalbjahr.

Entsprechend dem Baufortschritt am Staudamm Mauvoisin konnten auf diesen Winter hin bereits 30 Millionen m³ Wasser gespeichert werden, was einer Nettoenergiemenge von 90 Millionen kWh entspricht. Beim Vollstau wird sich der Energieinhalt des Speicherbeckens auf 540 Millionen kWh erhöhen.

Literatur

Jahresbulletin der Energiestatistik der CEE

Die *Europäische Wirtschaftskommission (CEE)* hat soeben ihr erstes *Jahresbulletin der Energiestatistik für Europa* herausgegeben. Das Bulletin wurde auf Wunsch der *Arbeitsgruppe für Statistiken* des *Elektrizitätskomitees der CEE* aufgestellt.

Das erste Bulletin enthält definitive Angaben für die Jahre 1938 und 1950...1954, sowie provisorische Zahlen für 1955. Die Angaben betreffen folgende Länder: Westdeutschland, Ostdeutschland, Österreich, Belgien, Bulgarien, Dänemark, Vereinigte Staaten, Finnland, Frankreich, Griechenland, Ungarn, Irland, Italien, Luxemburg, Norwegen, Niederlande, Polen, Rumänien, England, Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei, Türkei, Russland und Jugoslawien.

Die Tabellen enthalten Zahlen über die maximale Nettoleistung im Dauerbetrieb (Stand auf 31. Dezember des betreffenden Jahres); den Brennstoffverbrauch für die Erzeugung elektrischer Energie; den internationalen Energieaustausch im Jahre 1955; die Energieimporte in den Jahren 1938 und 1951...1955; die Energieexporte in den Jahren 1938 und 1951...1955; die Erzeugung, den internationalen Austausch und den Bruttoverbrauch elektrischer Energie; den mittleren Wirkungsgrad der thermischen Kraftwerke; den Verbrauch elektrischer Energie.

Bei der Vorbereitung dieses Bulletins wurde versucht, einerseits die bereits vorhandenen, auf einige Länder beschränkten, regelmässig herausgegebenen Statistiken auf *alle europäischen Staaten* auszudehnen und, anderseits, den Rahmen der veröffentlichten Zahlen auszuweiten. Die von der Arbeitsgruppe festgehaltenen und für diese Publikation verwendeten Definitionen lehnen sich wo immer möglich an die gebräuchlichen Begriffe an, namentlich an die von der *Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique (UNIPEDE)* herausgegebene Nomenklatur.

Alle im Bulletin veröffentlichten Angaben wurden direkt von den Regierungen, bzw. von ihren Amtsstellen dem Sekretariat der CEE zur Verfügung gestellt.

Als Ergänzung zum Jahresbulletin dient ein *Quartalsbulletin,* das jeweils 5 Wochen nach Quartalsende erscheint, und das Angaben über Erzeugung, Export/Import und Bruttoverbrauch enthält. Band I, Nr. 1/2 erschien im Juli 1956 und Band I, Nr. 3, wird im Laufe des Monats November 1956 herauskommen.

Die erwähnten Publikationen sind bei der *Section des ventes, Office européen des Nations Unies, Genève,* erhältlich.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Stand der Arbeiten der Reaktor A.-G.

621.039.42(494)

1. Swimming-Pool-Reaktor

Der anlässlich der *Genfer Konferenz über die friedliche Verwertung der Atomenergie* gezeigte amerikanische Kernreaktor wurde bekanntlich am Ende der Ausstellung durch Vermittlung der eidgenössischen Behörden von der *Reaktor A.-G.* käuflich erworben. Er stellt, unter den richtigen Voraussetzungen, ein ausgezeichnetes Experimentier- und Ausbildungsgerät dar. Da in Genf nichts anderes gezeigt werden sollte als ein Reaktor in tatsächlichem Betrieb, konnte auf verhältnismässig komplizierte und teure Einrichtungen verzichtet werden. Im Aufgabenkreis der Reaktor A.-G. soll dieser Reaktor jedoch einer bedeutend weiteren Zweckbestimmung zugeführt werden. Deshalb waren ausgedehnte zusätzliche Planungs- und Konstruktionsarbeiten für ein neues Gebäude, das den Reaktor beherbergen soll, notwendig.

Im wesentlichen wurde das Bassin vergrössert und in zwei voneinander trennbare Abteile ausgebaut. Der Reaktor selbst wird an einer fahrbaren Brücke aufgehängt. Es wird damit möglich sein, vorbereitende Arbeiten in einem Abteil des Bassins auszuführen und den Reaktor nachher dorthin zu verschieben. Dies ist im Hinblick auf Untersuchungen über Abschirmungs-Materialien und deren Zusammenbau im grossen wünschenswert. Ferner wurde in der neuen Anordnung dafür Sorge getragen, dass die aus dem Reaktorkern austretende intensive Neutronenstrahlung mit Hilfe von sogenannten horizontalen Bestrahlungskanälen für physikalische Untersuchungen und Experimente verwendet werden kann. Es sind im ganzen 6 Bestrahlungskanäle vorgesehen, die unter verschiedenen Winkeln vom Reaktorkern nach aussen führen.

Schliesslich wiesen Berechnungen über den Neutronenhaushalt im Reaktorkern darauf hin, dass es wahrscheinlich möglich sein wird, die Wärmeleistung über die 1-Megawatt-Grenze zu steigern. Dies erfordert jedoch ein künstliches Kühlsystem mit Pumpen und Wärmeaustauschern. Das Kühlwasser wird der Aare entnommen und wieder dorthin zurückgeleitet.

Es ist deshalb verständlich, dass die Konstruktions- und Vorbereitungsarbeiten das ganze letzte Winterhalbjahr in Anspruch nahmen und mit dem Bau erst im Frühling 1956 begonnen werden konnte. Dafür wird die Reaktor A.-G. ein Gerät erhalten, das erlaubt, bereits im nächsten Jahre mit einer Anzahl von Versuchen im Hinblick auf *die technische Entwicklung von Kernreaktoren durch die schweizerische Industrie* zu beginnen, und zwar bereits zwei Jahre früher als dies ursprünglich mit dem Schwerwasser-Reaktor geplant war.

Es kann erwähnt werden, dass diese neue Anordnung und die dazu gehörigen Baupläne, die im Rahmen der Reaktor A.-G. und zweier Firmen der Ingenieur-Gemeinschaft, *Elektro-Watt und Motor-Columbus,* entstanden, in der Zwischenzeit durch Unterlagen, die uns aus den USA über ähnliche Anlagen zugänglich gemacht wurden, ihre Bestätigung fanden. Auf Grund der Terminpläne ist vorgesehen, die Bauten im Herbst dieses Jahres zu beenden und den *Reaktor selbst auf Anfang 1957 offiziell dem Betrieb zu übergeben.* Am 31. August 1956 konnte das Aufrichtefest in Würenlingen gefeiert werden.

2. Schwerwasser-Reaktor

Nachdem das neue und erweiterte Projekt soweit bearbeitet war, dass die Unterlagen für die Baupläne bereinigt werden konnten, wurde um eine Baubewilligung im Mai 1956 nachgesucht. Im wesentlichen umfasst diese Anlage folgende Gebäude:

Reaktorhalle mit den dazugehörigen Betriebsräumen und unterirdischen Gängen für das Verschieben der ausgewechselten Uranelemente;
Kesselhaus;
Labortrakt für physikalische, elektronische, chemische und metallurgische Untersuchungen mit den dazugehörigen Werkstätten;
Laboratorium für Isotopenforschung;
Laboratorium für die Behandlung der bestrahlten und radioaktiven Uranelemente.

Die sich im einzelnen stellenden Fragen, für deren Bearbeitung und Lösung noch *ca. zwei Jahre zur Verfügung stehen,* betreffen zur Hauptsache:

Das elektrische Regulierungs- und Kontrollsystem;
Konstruktion und Ausführung der Spaltstoffelemente;
Einrichtung für das Auswechseln von Spaltstoffelementen im Reaktor;
Eine grosse Zahl von Einzelfragen im Zusammenhang mit dem Schwerwasser-Zirkulationssystem.

Eine grosse Anzahl von Untersuchungen und Versuchen sind bei der Privatindustrie im Gange. Sie sind notwendig, um über das Verhalten von Baumaterialien und Konstruktionselementen für den Reaktor selbst Aufschluss zu erhalten. Alle diese Versuche tragen jedoch dem Einfluss der *Neutronenbestrahlung* keine Rechnung. Nach Inbetriebnahme des Swimming-Pool-Reaktors wird sich in gewissen Fällen diese Lücke schliessen lassen. Erst nach Fertigstellung des Schwerwasser-Reaktors wird es möglich sein, die Bestrahlung von Reaktorbauteilen *auch bei örtlich höheren Temperaturen und Druckkräften* durchzuführen, was eine wichtige Voraussetzung für den Bau von *Energiereaktoren* ist. Der Schwerwasser-Reaktor selbst wird jedoch nicht für die Erzeugung von Energie eingerichtet sein und auch im eigentlichen Betrieb bei normalem Druck und relativ tiefer Temperatur arbeiten (ca. 50 °C). *(Reaktor-Bulletin)*

Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie durch die schweizerischen Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung

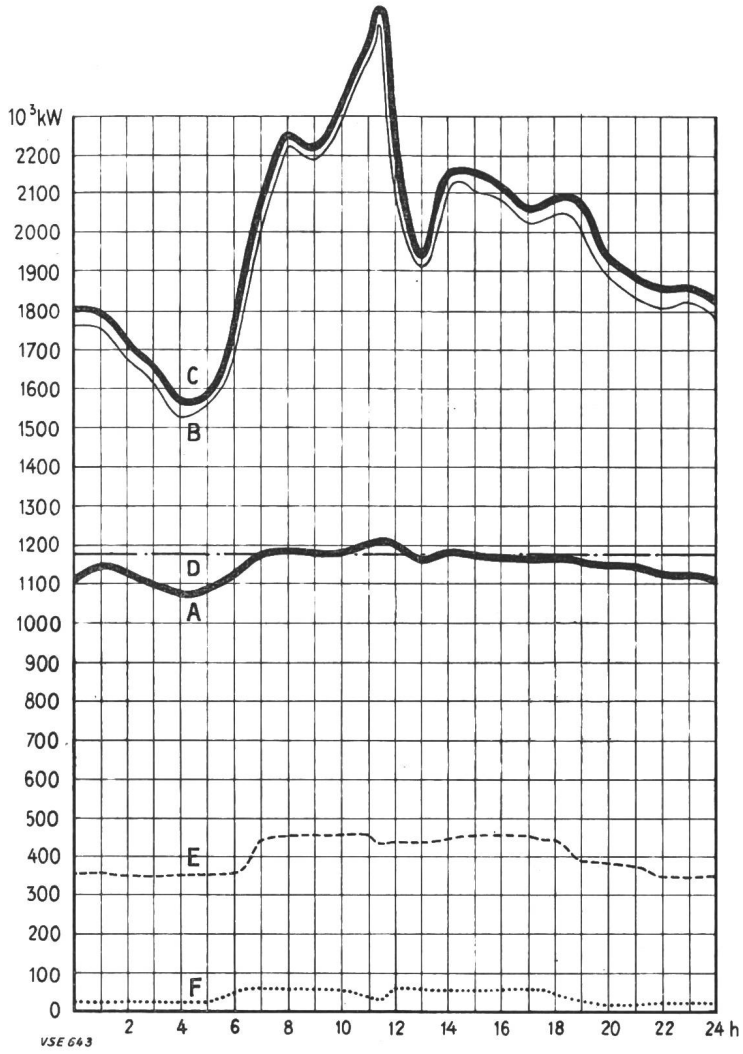
Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

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

Monat	Energieerzeugung und Bezug											Speicherung				Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung			
	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56		1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56
	in Millionen kWh										%	in Millionen kWh					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	940	966	3	20	51	28	62	101	1056	1115	+ 5,6	1533	1553	— 6	— 197	135	107
November ..	829	865	14	26	26	21	120	197	989	1109	+12,1	1360	1206	—173	— 347	73	76
Dezember ..	901	812	8	32	19	20	131	243	1059	1107	+ 4,5	1210	970	—150	— 236	86	81
Januar	924	801	3	14	25	22	99	249	1051	1086	+ 3,3	1049	793	—161	— 177	91	70
Februar ...	949	857	1	30	20	20	55	216	1025	1123	+ 9,6	766	376	—283	— 417	124	62
März	1067	714	3	28	21	24	67	188	1158	954	—17,6	398	241	—368	— 135	144	45
April	1019	858	1	15	28	21	10	98	1058	992	— 6,2	294	171	—104	— 70	151	52
Mai	1141	1083	1	6	56	37	19	44	1217	1170	— 3,9	518	502	+224	+ 331	214	162
Juni	1172	1209	1	0	76	39	19	25	1268	1273	+ 0,4	1036	882	+518	+ 380	235	206
Juli	1236	1272	1	1	78	40	18	21	1333	1334	+ 0,1	1539	1493	+503	+ 611	283	252
August	1188	1342	1	1	83	38	18	7	1290	1388	+ 7,6	1696	1952	+157	+ 459	263	268
September ..	1117	1270	1	2	70	37	7	7	1195	1316	+10,1	1750	1989[4]	+ 54	+ 37	210	260
Jahr	12483	12049	38	175	553	347	625	1396	13699	13967	+ 2,0					2009	1641
Oktober-März	5610	5015	32	150	162	135	534	1194	6338	6494	+ 2,5					653	441
April-Sept. ..	6873	7034	6	25	391	212	91	202	7361	7473	+ 1,2					1356	1200

Monat	Verwendung der Energie im Inland																
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel [1])		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicherpumpen[2])		Inlandverbrauch inkl. Verluste				
													ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr[3]) %	mit Elektrokessel und Speicherpump.	
	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56		1954/55	1955/56
	in Millionen kWh																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	413	457	168	190	118	146	30	26	55	5	137	1 32	881	978	+11,0	921	1008
November ..	431	487	178	199	111	137	9	9	59	68	128	133	903	1020	+13,0	916	1033
Dezember ..	459	500	174	189	119	116	9	5	75	75	137	141	958	1011	+ 5,5	973	1026
Januar	465	492	170	186	114	115	12	5	69	72	130	146	944	997	+ 5,6	960	1016
Februar ...	417	534	162	193	111	115	26	5	66	73	119	141	874	1052	+20,4	901	1061
März	456	445	181	160	143	113	34	3	67	66	133	122	978	896	— 8,4	1014	909
April	396	426	158	170	138	159	46	7	48	62	121	116	853	926	+ 8,6	907	940
Mai	399	433	162	172	149	159	105	42	44	57	144	145	880	939	+ 6,7	1003	1008
Juni	378	423	163	178	138	157	146	90	49	54	159	165	863	939	+ 8,8	1033	1067
Juli	380	419	160	169	147	160	154	104	51	58	158	172	871	940	+ 7,9	1050	1082
August	396	433	164	172	146	160	121	128	51	62	149	165	888	964	+ 8,6	1027	1120
September ..	411	434	175	177	144	158	68	84	52	59	135 (10)	144 (12)	907	960	+ 5,8	985	1056
Jahr	5001	5483	2015	2155	1578	1695	760	508	686	763	1650 (130)	1722 (196)	10800	11622	+ 7,6	11690	12326
Oktober-März	2641	2915	1033	1117	716	742	120	53	391	411	784 (27)	815 (46)	5538	5954	+ 7,5	5685	6053
April-Sept. ..	2360	2568	982	1038	862	953	640	455	295	352	866 (103)	907 (150)	5262	5668	+ 7,7	6005	6273

[1]) D. h. Kessel mit Elektrodenheizung.
[2]) Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.
[3]) Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.
[4]) Energieinhalt bei vollem Speicherbecken, Sept. 1956 = $2049 \cdot 10^6$ kWh.



Tagesdiagramme der beanspruchten Leistungen (Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung)

Mittwoch, den 12. September 1956

Legende:

1. Mögliche Leistungen: 10^3 kW

Laufwerke auf Grund der Zuflüsse (0—D) . .	1179
Saisonspeicherwerke bei voller Leistungsabgabe (bei maximaler Seehöhe)	1600
Total mögliche hydraulische Leistungen . . .	2779
Reserve in thermischen Anlagen	155

2. Wirklich aufgetretene Leistungen

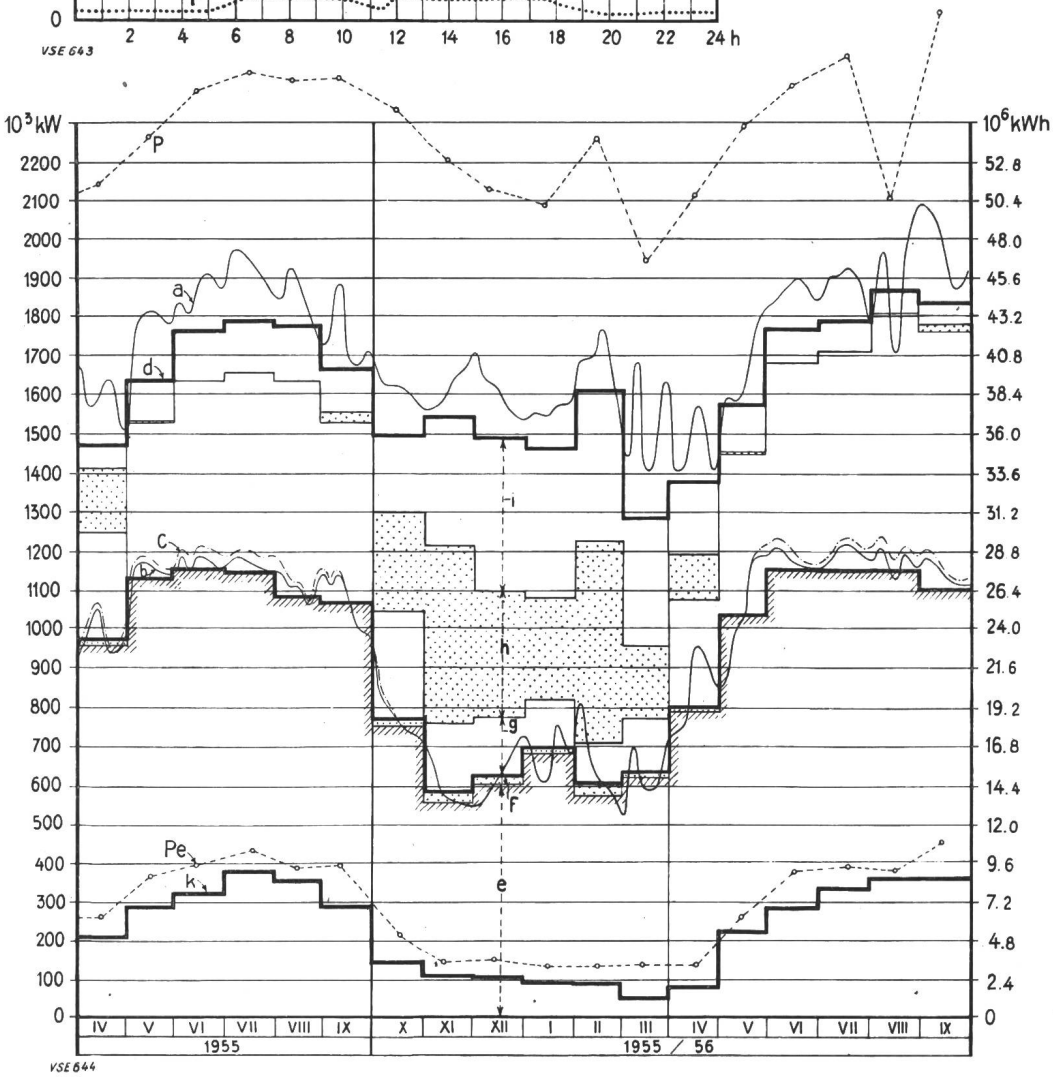
0—A Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher).
A—B Saisonspeicherwerke.
B—C Thermische Werke, Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken und Einfuhr.
0—E Energieausfuhr.
0—F Energieeinfuhr.

3. Energieerzeugung 10^6 kWh

Laufwerke	27,7
Saisonspeicherwerke	19,7
Thermische Werke	0
Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken	1,1
Einfuhr	0,1
Total, Mittwoch, 12. September 1956	48,6
Total, Samstag, 15. September 1956	43,2
Total, Sonntag, 16. September 1956	32,7

4. Energieabgabe

Inlandverbrauch	39,0
Energieverbrauch	9,6



Mittwoch- und Monatserzeugung der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung

Légende:

1. Höchstleistungen:
(je am mittleren Mittwoch jedes Monates)
P des Gesamtbetriebes
P_e der Energieausfuhr.

2. Mittwocherzeugung:
(Durchschnittl. Leistung bzw. Energiemenge)
a insgesamt;
b in Laufwerken wirklich;
c in Laufwerken möglich gewesen.

3. Monatserzeugung:
(Durchschnittl. Monatsleistung bzw. durchschnittl. tägliche Energiemenge)
d insgesamt;
e in Laufwerken aus natürl. Zuflüssen;
f in Laufwerken aus Speicherwasser;
g in Speicherwerken aus Zuflüssen;
h in Speicherwerken aus Speicherwasser;
i in thermischen Kraftwerken und Bezug aus Bahn- und Industriewerken und Einfuhr;
k Energieausfuhr;
d-k Inlandverbrauch

Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft

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

Monat	Energieerzeugung und Einfuhr									Speicherung				Energie-Ausfuhr		Gesamter Landesverbrauch	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Einfuhr		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung					
	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56		1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56
	in Millionen kWh								%	in Millionen kWh							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	1202	1188	5	25	62	101	1269	1314	+ 3,5	1726	1746	— 3	—225	135	107	1134	1207
November ..	1018	1019	17	33	120	197	1155	1249	+ 8,1	1537	1368	—189	—378	73	76	1082	1173
Dezember ..	1062	949	12	41	131	244	1205	1234	+ 2,4	1368	1101	—169	—267	86	81	1119	1153
Januar	1091	928	6	22	99	250	1196	1200	+ 0,3	1186	897	—182	—204	91	70	1105	1130
Februar ...	1097	974	5	38	55	217	1157	1229	+ 6,2	874	437	—312	—460	124	62	1033	1167
März	1225	841	7	39	67	188	1299	1068	—17,7	465	268	—409	—169	144	45	1155	1023
April	1242	1014	3	20	10	98	1255	1132	— 9,8	341	177	—124	— 91	151	52	1104	1080
Mai	1441	1353	3	8	19	44	1463	1405	— 4,0	597	545	+256	+368	214	175	1249	1230
Juni	1494	1530	2	2	19	25	1515	1557	+ 2,8	1188	962	+591	+417	235	242	1280	1315
Juli	1563	1605	2	2	18	21	1583	1628	+ 2,8	1746	1637	+558	+675	283	290	1300	1338
August	1521	1674	2	2	18	7	1541	1683	+ 9,2	1916	2153	+170	+516	263	304	1278	1379
September ..	1425	1585	3	3	7	7	1435	1595	+11,2	1971	2212[2]	+ 55	+ 59	210	293	1225	1302
Jahr	15381	14660	67	235	625	1399	16073	16294	+ 1,4					2009	1797	14064	14497
Oktober-März	6695	5899	52	198	534	1197	7281	7294	+ 0,2					653	441	6628	6853
April-Sept. ..	8686	8761	15	37	91	202	8792	9000	+ 2,4					1356	1356	7436	7644

Monat	Verteilung des gesamten Landesverbrauches														Landesverbrauch ohne Elektrokessel und Speicherpumpen		Veränderung gegen Vorjahr
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel [1]		Bahnen		Verluste		Verbrauch der Speicherpumpen				
	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	
	in Millionen kWh																%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	421	467	188	209	232	247	37	30	100	105	146	144	10	5	1087	1172	+ 7,8
November ..	439	497	196	215	192	196	14	11	98	105	138	144	5	5	1063	1157	+ 8,8
Dezember ..	467	514	194	209	183	159	13	7	109	109	146	145	7	10	1099	1136	+ 3,4
Januar	473	502	189	207	171	152	17	7	108	103	142	145	5	14	1083	1109	+ 2,4
Februar ...	426	544	180	210	160	140	31	6	101	110	133	152	2	5	1000	1156	+15,6
März	465	454	200	181	194	143	38	5	108	103	147	127	3	10	1114	1008	— 9,5
April	404	434	176	191	235	213	55	11	96	100	130	123	8	8	1041	1061	+ 1,9
Mai	407	442	180	193	287	284	115	49	95	98	146	134	19	30	1115	1151	+ 3,2
Juni	386	432	182	200	279	300	156	98	97	100	154	145	26	40	1098	1177	+ 7,2
Juli	388	429	178	190	290	306	163	112	101	107	153	154	27	40	1110	1186	+ 6,8
August	405	444	181	193	288	308	131	136	102	109	151	157	20	32	1127	1211	+ 7,5
September ..	420	444	194	201	279	298	77	90	100	103	144	150	11	16	1137	1196	+ 5,2
Jahr	5101	5603	2238	2399	2790	2746	847	562	1215	1252	1730	1720	143	215	13074	13720	+ 4,9
Oktober-März	2691	2978	1147	1231	1132	1037	150	66	624	635	852	857	32	49	6446	6738	+ 4,5
April-Sept. ..	2410	2625	1091	1168	1658	1709	697	496	591	617	878	863	111	166	6628	6982	+ 5,3

[1]) d. h. Kessel mit Elektrodenheizung.
[2]) Energieinhalt bei vollen Speicherbecken: Sept. 1956 = $2292 \cdot 10^6$ kWh.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion Zürich.
Redaktor: *Ch. Morel*, Ingenieur.
Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.