

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 37 (1946)

Heft: 23

Artikel: Schweizerische Energiewirtschaft

Autor: Niesz, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061138>

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: 14.01.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Zürich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephon 23 77 44
Postcheckkonto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

37. Jahrgang

Nr. 23

Samstag, 16. November 1946

Schweizerische Energiewirtschaft

Vortrag, gekürzt gehalten an den Generalversammlungen des SEV und VSE vom 14. September 1946 in Solothurn,

von H. Niesz, Baden

620.9(494)

Dieser Vortrag gibt einen Ueberblick über die heutige Lage der schweizerischen Elektrizitätsversorgung. Er zeigt besonders die ausserordentlich lebhafte Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs in den letzten 4 Jahren. Der Energiebedarf von Haushalt und Gewerbe, Industrie, Bahnen, der als «Normalenergie» bezeichnet wird, muss durch die Elektrizitätswerke, ungeachtet der Schwankungen der Wasserführung, jederzeit voll befriedigt werden. Für Elektrokessel und Ausfuhr kann dagegen «unkonstante Energie» geliefert werden. Da die Entwicklung der Produktion der unerwartet rasch steigenden Nachfrage an Elektrizität nicht zu folgen vermochte, werden in der nächsten Zukunft dem schweizerischen Konsumenten Verbrauchseinschränkungen der Normalenergie im Winter nur dann erspart bleiben, wenn jene weilen die Wasserführung reichlicher ist als im langjährigen Durchschnitt. Neue grosse Kraftwerke mit einem erheblichen Anfall an Winterspeicherenergie sind erforderlich.

Die thermische Erzeugung von elektrischer Energie ist deshalb wieder aktuell. Die Vorteile von Dieselmotor, Gasturbine und Dampfturbine für die schweizerische Elektrizitätsversorgung werden geschildert. Das rasch zu erstellende Gasturbinenkraftwerk Beznau von 40 000 kW wird zur Milierung des Energiemangels beitragen.

Die Grundlage der schweizerischen Energiewirtschaft bleibt die Wasserkraft. Wohl haben sich grosse Elektrizitätsunternehmungen zu Konsortien zusammengeschlossen mit der Absicht, die benötigten leistungsfähigen Speicherwerke so rasch als möglich zu erstellen, doch fehlen trotz eifriger Bemühungen noch die Wasserrechtskonzessionen. Die Schwierigkeiten ergeben sich aus der Tatsache, dass nach der geltenden Gesetzgebung die Verfügung über die Wasserkräfte durch das kantonale Recht bestimmt wird. Seit der Schaffung dieser Gesetzgebung hat sich aber der Energieverbrauch vervielfacht. Der weitere Ausbau der Wasserkräfte sollte sich aber nicht einzeln nach engen, kantonalen Gesichtspunkten richten. Die vom eidgenössischen Wasserrechtsgebot geforderte «zweckmässige» Nutzbarmachung kann nur erreicht werden, wenn die Kantone Verständnis für die Bedürfnisse der Allgemeinheit, d. h. des ganzen Schweizervolkes zeigen und mit den Elektrizitätswerken, Ingenieurbüros und dem neu ernannten Vizedirektor des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft an der Ausarbeitung und Verwirklichung eines Gesamtausbauplanes mitarbeiten.

Cette conférence expose la situation actuelle de l'économie énergétique suisse. Elle fait ressortir surtout le développement extrêmement rapide de la consommation d'électricité au cours des quatre dernières années. Les besoins d'énergie des ménages et de l'artisanat, de l'industrie et de la traction désignés par «énergie normale», doivent être couverts par les usines électriques en tout temps, quels que soient les débits des cours d'eau. Au contraire, les chaudières électriques et l'exportation peuvent se contenter d'«énergie inconstante». Comme la production n'a pu suivre l'essor étonnamment rapide de la demande d'électricité, les consommateurs d'énergie normale n'échapperont pendant le prochain avenir à des restrictions en hiver que si les débits sont supérieurs à la moyenne. Il est indispensable de construire de nouvelles grandes usines pourvues de bassins d'accumulation importants.

La production thermique d'énergie électrique est de nouveau à l'ordre du jour. L'auteur indique les avantages respectifs que présentent les moteurs Diesel et les turbines à gaz et à vapeur pour l'alimentation du pays en électricité. La construction rapide, à Beznau, d'une centrale de 40 000 kW à turbines à gaz contribuera à atténuer le manque d'énergie.

Les forces hydrauliques restent la base de l'économie énergétique suisse. De grandes entreprises d'électricité se sont groupées en consortiums pour réaliser les projets des puissantes usines à accumulation si nécessaires, mais malgré toutes les démarches entreprises, les concessions de droits d'eau font toujours défaut. Les difficultés proviennent du fait que, d'après la législation en vigueur, le droit de disposition des forces hydrauliques est régi par le droit cantonal. Mais depuis la promulgation de ces lois, la consommation est devenue un multiple de ce qu'elle était alors. A l'avenir, la mise en valeur des forces hydrauliques ne devrait pas dépendre uniquement d'étroits points de vue cantonaux. L'utilisation «rationnelle» qu'exige la Loi fédérale n'est réalisable que si les cantons font preuve de compréhension pour les besoins de l'ensemble des consommateurs, c'est-à-dire de tout le peuple suisse, en collaborant avec les entreprises d'électricité, les bureaux d'ingénieurs spécialisés et le vice-directeur du Service fédéral des eaux, récemment nommé, à l'élaboration d'un plan d'aménagement général et à sa réalisation.

1. Einleitung

Bevor ich auf mein Thema eintrete, möchte ich zwei Bemerkungen über seinen Titel, «Schweizerische Energiewirtschaft», anbringen.

Die erste betrifft das zweite Wort. Ich war im Zweifel, ob ich sagen sollte «Energie» oder, bessere, «Elektrizitätswirtschaft». Ich habe mich für das unbescheidene entschlossen, weil das Wirtschaften mit Elektrizität von deren Erzeugung bis zur Anwendung mit der Bewirtschaftung anderer Energieformen unzertrennlich verbunden ist. Jedoch werde ich diese nur so weit berühren, als sie zur Elektrizitätserzeugung verwertet werden: die Energie aus fallendem Wasser, aus der Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen und aus der Umwandlung von Atomen — und werde die aus der Verwendung der Elektrizität praktisch gewonnenen anderen Energieformen, nämlich Licht, mechanische, chemische und thermische Energie, nur streifen.

Die zweite Bemerkung könnte aus Ihrer Mitte kommen: Ist es richtig, von «schweizerischer Energiewirtschaft», statt einfach von «Energiewirtschaft in der Schweiz» zu sprechen? Aehnlich ist früher auch die Frage gestellt worden, ob es eine «schweizerische» Kunst, nicht nur «Kunst in der Schweiz» gebe, oder eine eigentlich «schweizerische» Kultur. Meine Antwort lautet: ja, es gibt eine «schweizerische» Energiewirtschaft, mit ihren eigenen Grundlagen und Zielen, über die nachzusinnen vielleicht nichts schaden kann. Und zwar gibt es längst nicht mehr je eine west-, süd- und ostschweizerische, geschweige denn je eine kantonale Energiewirtschaft, sondern, unter Wahrung aller Vielgestaltigkeit, wie sie unserem Bundesstaat ziemt, eine gemeinsame, schweizerische Energiewirtschaft, die auch in der Kriegszeit durch einsichtige Zusammenarbeit der Produzenten, Konsumenten und eidgenössischen Aemter ihr Verantwortungsbewusstein und ihre Anpassungsfähigkeit bewiesen hat, und es soll auch in der Friedenszeit eine ihrer Aufgabe gewachsene schweizerische Energiewirtschaft geben.

Um die letzte Entwicklung unserer Versorgungslage darzulegen, werde ich wenige Zahlen bringen; denn ich kann mich auf den substantiellen Bericht des Vorstandes des VSE an diese Generalversammlung beziehen, der im Bulletin Nr. 16¹⁾ erschienen ist, und von dem Sie wohl alle pflichtgemäß Kenntnis genommen haben. Sie haben darin eine Fülle von interessanten Angaben über die Entwicklung der Produktion und der Abgabe während der Kriegszeit, sowie über die im Bau befindlichen Werke gefunden. Vielleicht werden Sie dennoch gerne zur Uebersicht rasch einige Graphiken betrachten, auf Grund welcher auch die Aussichten der weiteren Entwicklung leichter zu beurteilen sind.

Dabei soll die wieder aktuelle Frage der Funktion der thermischen Energieerzeugung in der schweizerischen Energieproduktion zur Sprache kommen.

Anschliessend möchte ich versuchen, den tiefen Gründen der heutigen, sagen wir es vorweg,

weiterhin beunruhigenden Versorgungslage nachzugehen und versuchen, einige wenige Anregungen zu formulieren.

II. Entwicklung der Versorgungslage

Jährliche Erzeugung aller Werke

Das Bild Fig. 1 kennen Sie bereits aus meinem Referat vom Jahre 1942.²⁾ Es ist jetzt die Erzeugung der letzten vier hydrologischen Jahre nachgetragen. Die damals angenommene, von 1938/39 ausgehende Steigerung von 250 Mill. kWh pro Jahr wurde erwartungsgemäss während der Kriegsjahre weit überschritten; die Steigerung betrug jährlich mehr als 400 Mill. kWh.

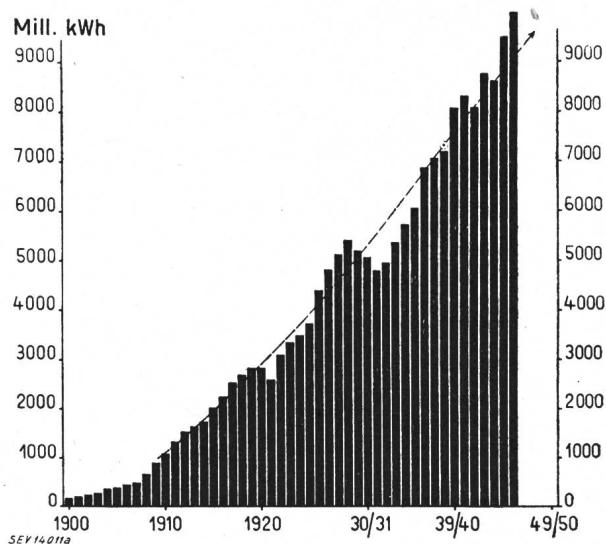


Fig. 1.
Jährliche Erzeugung elektrischer Energie in allen Werken der Schweiz
(Allgemeinversorgung, Industrie und SBB einschliesslich Uebertragungsverluste und Pumpenergie)

Die grosse Frage ist, wie die künftige Entwicklung aussehen wird.

Aus den summarischen Werten des gesamten Jahresverbrauchs lässt sich nicht viel ableiten; denn es gibt Absatzzweige, die unter allen Umständen jederzeit voll versorgt werden müssen, während andere Energieanwendungen nicht Anspruch auf ständig volle Belieferung erheben. Der Gesamtabsatz hängt deshalb von der jeweiligen Wasserführung ab. Es muss zwischen den verschiedenen Absatzzweigen unterschieden werden.

Bei den folgenden Untersuchungen wollen wir von den SBB und den sich selbst versorgenden Industrien absehen, d. h. uns auf die Allgemeinversorgung beschränken.

Monatliche Energieabgabe der Werke der Allgemeinversorgung

Den jeweiligen Bedarf der drei Absatzzweige Haushalt und Gewerbe, Industrie und Bahnen (Fig. 2a) bezeichnen wir als «Normalenergie». Die Elektrizitätswerke sollten ihn jederzeit voll befriedigen, ungeachtet der Schwankungen der Wasserführung.

¹⁾ Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 16, S. 482...491.

²⁾ Bull. SEV Bd. 33(1942), Nr. 26, S. 767...781.

Haushalt und Gewerbe sind von allen die wichtigste Abnehmergruppe. Deutlich ist der Unterschied zwischen Sommer- und Winter-Konsum. Seit Kriegsbeginn hat sich der Jahresverbrauch mehr

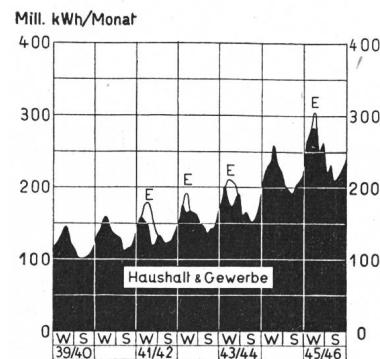


Fig. 2a.
Monatliche Energie-
abgabe der Werke der
Allgemeinversorgung
(Normalenergie)
E Einschränkungen

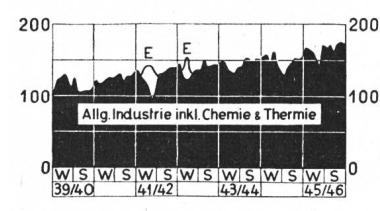


Fig. 2b.
Monatliche Energie-
abgabe der Werke der
Allgemeinversorgung
(Unkonstantenergie)

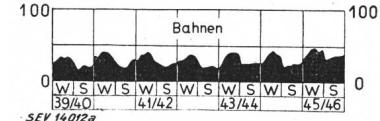


Fig. 2c.
Monatliche Energie-
abgabe der Werke der
Allgemeinversorgung
(Laufenergie)

als verdoppelt. Die weissen, mit *E* bezeichneten Flächen geben den Bedarf an, der gemäß den behördlichen Einschränkungen nicht befriedigt wurde.

Die Zunahme beträgt in der *Industrie* 60 %, bei den durch die Allgemeinversorgung belieferten *Bahnen* 50 %.

Im Gegensatz dazu können die *Elektrokessel* und die *Ausfuhr* mit *unkonstanter Energie* vorlieb nehmen (Fig. 2b). Deshalb erhalten sie im Sommer weit mehr Energie als im Winter. Der ausserordentlich

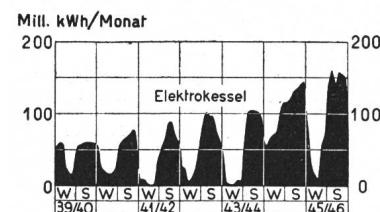


Fig. 2d.
Monatliche Energie-
abgabe der Werke der
Allgemeinversorgung
(Speicherenergie)

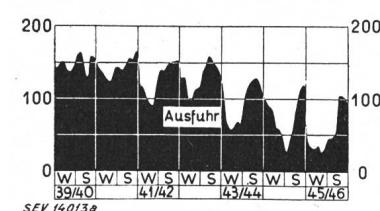


Fig. 2e.
Monatliche Energie-
abgabe der Werke der
Allgemeinversorgung
(Normalenergie)

wasserreiche Winter 1944/45 erlaubte, die Kessel wenigstens zum Teil durchzuhalten. Bei den Kesseln ist infolge der Kohlenknappheit eine sehr starke Entwicklung zu verzeichnen. Umgekehrt ist die Ausfuhr in den letzten vier Jahren nach und nach auf einen kleinen Bruchteil reduziert worden.

Angebot und Nachfrage

Betrachten wir in Fig. 3 zunächst das *obere*, schematische Bild: Solange man bei der hydraulischen Erzeugung bleibt, ist die Ueberbrückung des

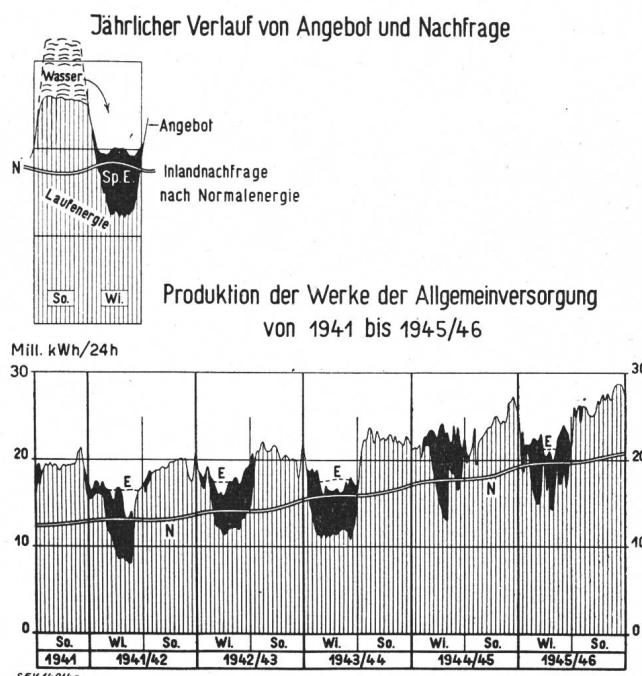


Fig. 3.
Sp. E. Speicherenergie
N Normalenergie
E Einschränkungen

winterlichen Rückganges der Erzeugung der Laufkräfte nur durch Aufspeicherung von Sommerwasser in hochgelegenen Stauseen möglich, um es im Winter in Werken mit hohem Gefälle auszunützen. Wären die Elektrizitätspreise das ganze Jahr hindurch die gleichen, so wäre ohne Zweifel der Verbrauch im Winter bedeutend höher als im Sommer. Aber die Erzeugung einer kWh Speicherenergie kostet ein Mehrfaches der kWh Laufenergie, was höhere Verkaufspreise im Winter bedingt. Da die Elektrizität, als Konsumgut, keine Ausnahme von der allgemeinen Regel der Wirtschaft bildet, dass die Nachfrage mit dem wachsenden Preis der Güter zurückgeht, ist es nicht erstaunlich, dass der unter Heranziehung der teuren Speicherenergie zu befriedigende Winterbedarf wesentlich kleiner ausfällt als der Sommerbedarf, der mit der billigeren Laufenergie gedeckt werden kann.

Die Kurve *N* trennt die *Normalenergie*, die für Haushalt und Gewerbe, Industrie und Bahnen erforderlich ist, von der *Unkonstantenergie*, die für Ausfuhr und Elektrokessel verwendet wird. (Dabei schliesst die Normalenergie *N* auch eine Minimalquote für Elektrokessel ein.)

Das *untere Bild* gibt die wirklichen Verhältnisse der letzten Jahre wieder, in ähnlicher Darstellung, mit dem Zwecke, die Entwicklung der *Erzeugung* einerseits und des *Absatzes* anderseits zu verfolgen:

Die *Erzeugung* setzt sich zusammen aus Lauf- und Speicherenergie. Auffallend ist der starke Wechsel der Produktion an Laufenergie innerhalb

eines Winters, wie auch von einem Jahr zum andern, und die sich daraus ergebenden hohen Ansprüche an die Elastizität der Speicherwerke.

Der Absatz wird durch die Kurve N ebenso wie beim oberen Bild in Normalenergie für das Inland und Unkonstantenergie für Elektrokessel und Ausfuhr unterteilt. Bemerkenswert ist die starke Steigerung des Normalenergieverbrauchs. Er ist innerhalb von vier Jahren von täglich 13 Mill. kWh auf 20 Mill. kWh angestiegen, d. h. um mehr als 50 %, also um 13 % jährlich.

Wie wir noch sehen werden, hat die Produktionsmöglichkeit nicht im gleichen Verhältnis wie der Konsum an Normalenergie zugenommen, weshalb dieser durch Abbau der Ausfuhr befriedigt werden musste. Parallel dazu muss in jedem nicht wasserreichen Winter die Energieabgabe an die Elektrokessel monatelang fast auf Null eingeschränkt werden. Und doch ist sowohl der Absatz an Elektrokessel, als auch die Ausfuhr volkswirtschaftlich von besonderer Bedeutung. Die Industrie, die noch vor zehn Jahren nur mit Mühe zur Aufstellung von Elektrokesseln zu bewegen war, hat sich in den Zeiten der wachsenden Kohlennot dafür begeistert. Denn die elektrische Energie hat grosse Mengen Brennstoffe, die sehr teuer oder nicht erhältlich waren, ersetzt und die industrielle Produktion auf der Höhe gehalten. Die Werke sollten alles unternehmen, um die Kessel auch in Zukunft im Sommer voll und im Winter möglichst gut, wenn auch nicht dauernd, zu beliefern, damit der Betrieb der Kohlenkessel nur bei besonderer Wasserknappheit nötig wird. Freilich setzt dies voraus, daß die Industrie bereit sei, in Zukunft kWh-Preise zu bezahlen, die den Bau neuer Laufwerke trotz der starken Teuerung rechtfertigen.

Auch der Export von Energie in elektrischer Form ist in Zeiten von Kohlenknappheit von besonderer Bedeutung. Er erfolgte von jeher zu Preisen, die in der Regel den Import einer mindestens doppelt so grossen Energiemenge in Form von Brennstoffen ermöglichen, ohne welche unsere Industrie nicht leben kann. Während der Kriegszeit war der Kohlenimport auch an die Aufrechterhaltung der Elektrizitätsausfuhr nach Deutschland gebunden, und gegenwärtig erfolgt die Ausfuhr von Winter- und z. T. von Sommerenergie in direkter Kompen-sation durch Kohle, wobei die Schweiz pro kWh zweimal so viel Kohle erhält, als sie im Elektrokessel sparen könnte.

Es sei kurz noch eines neuen Absatzzweiges gedacht, der vielleicht geeignet sein wird, die letzten Reste der Sommerproduktion der Wasserkraftanlagen, die während der Nacht und am Wochenende anfallen und weder vom Ausland, noch von den Elektrokesseln begehrt werden, nutzbringend zu verwerten: ich meine die Speicherung von Energie in Form von Wärme im Sommer für die Raumheizung grosser Gebäude im Winter. Der gegenwärtig als Versuch im Bau stehende Geländespeicher nach dem Runte-Verfahren für ein Schulhaus der Stadt Zürich verdient alle Aufmerksamkeit und Unterstützung.³⁾

³⁾ Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 10, S. 279...281.

Energieverbrauch der Allgemeinversorgung und Produktionsmöglichkeit der Werke

Betrachten wir in Fig. 4 zuerst die Darstellung des effektiven Verbrauchs im Winter!

Auch dieses Bild ist das Gegenstück zu einem Diagramm, das ich vor vier Jahren zeigte; aber

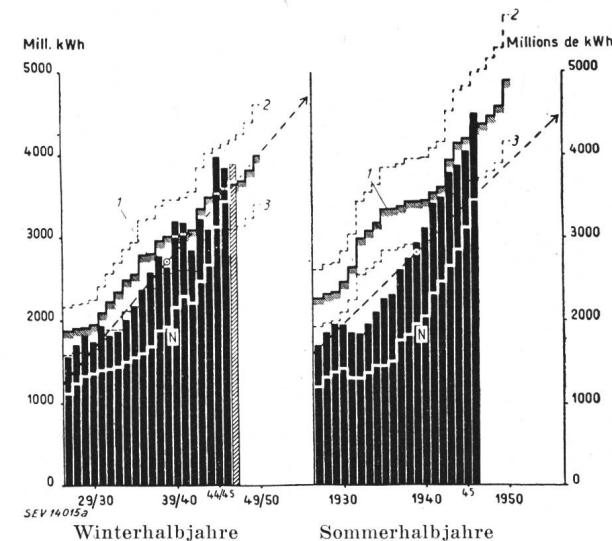


Fig. 4.

Halbjährliche Produktionsmöglichkeit der Werke der Allgemeinversorgung und Energieverbrauch
(einschliesslich Export, Uebertragungsverluste und Pumpenergie)

N Normalenergie

1 Produktionsmöglichkeit bei mittleren Wasserverhältnissen

2 und 3 Umhüllungskurven (vergl. Text)

diesmal ist, ähnlich wie in Fig. 3, der Verbrauch durch die Treppenlinie N unterteilt in Normal- und Unkonstantenergie. In der schraffierten Säule ist der von mir geschätzte Verbrauch im kommenden Winter eingetragen, bei Annahme mittlerer Wasserversorgung.

Die rasche Zunahme des Bedarfes an Normalenergie des Inlandes ist besonders deutlich.

Die Frage ist, wie die weitere Entwicklung verlaufen wird.

Im Gegensatz zur befürchteten Arbeitslosigkeit hat uns die Nachkriegszeit eine Ueberbeschäftigung gebracht, die vielleicht noch mehrere Jahre andauern wird und dem Energiedurst der sich intensiv und extensiv ausdehnenden Industrie starken Impuls verleiht. Erhöhte Einkommen und Mangel an Arbeitskräften verfehlen nicht, die Elektrifizierung von Haushalt und Gewerbe zu fördern. Die Tatsache, dass die Tarife für Normalenergie nicht erhöht worden sind, gibt der Elektrizität gegenüber den stark verteuerten Brennstoffen einen Vorsprung, der voraussichtlich nur sehr langsam und zum Teil zurückgehen wird.

Was die Unkonstantenergie anbelangt, kann ich mich kurz fassen. Die Industrie erwartet von der Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaft, dass ihr auch in Zukunft, und zwar nicht nur im Sommer, grosse unkonstante Energiemengen preiswert zur Verfügung gestellt werden. Auch die Elektrizitätsausfuhr muss wieder aufgebaut werden. Sie bedarf kaum mehr einer Verteidigung, seitdem sie durch

die klaren Forderungen der schweizerischen Handelspolitik unmittelbar in den Dienst unserer Kohlenversorgung gestellt wurde. Ueberdies muss sie auch wieder entwickelt werden, um im Notfall später wieder ihre Reserve-Rolle spielen zu können.

Neben diesen entwicklungsfördernden Faktoren dürfen freilich auch solche hemmender oder sogar negativer Art nicht übersehen werden, wie die allmähliche Besserung der Versorgung mit Brennstoffen, und namentlich die nach Abflauen der Hochkonjunktur eines Tages zu erwartende Wirtschaftskrise. Jedoch weist der Hauptabsatzzweig der Elektrizität, der auch den stärksten Impuls in den letzten Jahren erhalten hat, nämlich Haushalt und Gewerbe, erfahrungsgemäss eine bemerkenswerte Unempfindlichkeit gegen Krisen auf. Auch die Industrie kann in vielen Fällen nicht mehr von der Elektrizität zum Brennstoff zurück oder findet daran kein Interesse. Uebrigens bilden die Elektrokessel eine bedeutende Absatzreserve; denn sie sind heute so verbreitet, dass darin ganz erhebliche Elektrizitätsüberschüsse, wenn auch zu gedrückten Preisen, abgestossen werden können. Aehnliches gilt für den Export, wenn die Einrichtungen dazu vorhanden sind.

Es wäre leichtsinnig, in der heutigen Nachkriegswelt, die von einem wahren Frieden noch so weit entfernt ist, nicht auch der politischen und militärischen Gefahren zu gedenken, die gleich Erdbeben die erwartete Entwicklung zunichte machen können. Aber um so grösser ist heute die Pflicht der Elektrizitätswerke, die ihnen anvertraute Elektrizitätsversorgung als eine der wichtigsten wirtschaftlichen Grundlagen unseres Landes weiterhin wachsam zu pflegen und initiativ weiter zu entwickeln. Die frischen Erfahrungen der Kriegszeit müssen uns ermutigen, auf dem Weg der Ausnutzung unserer Wasserkräfte unentwegt weiterzuschreiten, auch im Hinblick auf die Wiederkehr von Schwierigkeiten in der Kohlenversorgung.

Wie steht es mit der Entwicklung der Erzeugungsmöglichkeiten?

Die Treppenlinie 1 in Fig. 4 zeigt die Produktionsmöglichkeit bei mittleren Wasserverhältnissen. Je 15 % über und unter dieser verlaufen die Umhüllungskurven 2 und 3 der gelegentlich vor kommenden maximalen und minimalen Produktion, die nur ganz ausnahmsweise über- oder unterschritten werden. Die Ausführung des 10-Jahre-Bauprogrammes der Arbeitsbeschaffungskommission des SEV und VSE⁴⁾ blieb in den Anfängen stecken. Statt dessen ist in Fig. 4 die Erzeugung der im Bau befindlichen Werke Tiefenkastel, Rossens, Lavey, Plessur, Wassen und der Energieinhalt des Stauseses Cleuson berücksichtigt.

Trotz dieser Arbeiten spricht der *Vergleich von Erzeugung und Verbrauch* die gleiche Sprache wie damals: die Erzeugung wächst viel langsamer als der Bedarf.

Es ist nun so weit gekommen, dass nach den Schätzungen des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirt-

schaft für das kommende Winterhalbjahr auf alle Fälle der Export und die Elektrokessel längere Zeit auf das äusserste Minimum reduziert werden, was bei dem Tiefstand unserer Kohlenversorgung besonders bedauerlich ist. Dem schweizerischen Konsumenten werden Verbrauchsbeschränkungen der Normalenergie nur dann erspart bleiben, wenn die Wasserführung des Winterhalbjahres reichlicher sein wird als im langjährigen Durchschnitt.

Vergleichen wir die Versorgungslage im kommenden Winter 1946/47 mit derjenigen im Winter 1938/39 bei Annahme mittlerer Wasserverhältnisse, so stellen wir fest, dass der damalige Ueberschuss der totalen Produktionsmöglichkeit über den Inlandbedarf an Normalenergie heute vollständig verschwunden ist.

Nehmen wir an, die Zunahme von einem Winter zum folgenden von 220 Mill. kWh (in den letzten Jahren) werde in Zukunft auf die früher geschätzten 120 Mill. zurückgehen, so wird in den nächsten Jahren die Produktion nicht rasch genug zunehmen, um den Rückstand aufzuholen.

Wenn aber ein Winter «trocken» ausfällt, d.h. art, dass die Laufproduktion um 15 % unter dem Mittel bleibt, dann fehlen uns 500 Mill. kWh allein zur Deckung des Bedarfes an Normalenergie. Praktisch konzentrieren sich jedoch die Einschränkungsmaßnahmen auf die drei oder vier strengsten Monate und bedeuten dann einen um so schwereren Eingriff.

Oberhalb der Treppenlinie N ist die Lage noch unsicherer: Unkonstantenergie steht überhaupt nur in wasserreichen Wintern zur Verfügung, obwohl, wie dies die Erfahrung der letzten wasserreichen Winter gezeigt hat, die Industrie stets in der Lage und dankbar wäre, mit ihren Kesseln ganz bedeutende Energiemengen zu verwerten; auch für die Ausfuhr sollte Winter-Unkonstantenergie zur Verfügung stehen.

Über die Sommerhalbjahre muss ich mich kurz fassen. Auch da hat sich die Situation seit dem Jahre 1942 nicht verbessert. Ohne kritisch zu sein, ist sie jedoch so, dass die heute im Bau befindlichen Werke nur der zu erwartenden Zunahme genügen und dass ein trockener Sommer eine wesentliche Reduktion von Elektrokesseln und Ausfuhr bedingen würde.

Die Schlussfolgerung lautet:

Was not tut, um die heutige Produktionslücke auszufüllen, sind grosse Werke mit hohem Produktionsanteil an Speicherenergie. Unter Berücksichtigung der Bedarfssteigerung während der langen Bauzeit von Staumauern im Gebirge sollten Werke unverzüglich in Angriff genommen werden für eine Neuproduktion in der Grössenordnung von über 1000 Mill. kWh, mit einem Winteranteil von mindestens 700 oder 800 Mill. kWh, in der Hauptsache Speicherenergie.

Wenn die Versorgungslage so schlecht ist, so tragen die Elektrizitätswerke dafür nicht die mindeste Verantwortung. Trotz Materialmangel, trotz Personalknappheit und grosser Teuerung haben sie den Bau neuer Werke, wo es möglich war, ungeach-

⁴⁾ Bull. SEV Bd. 32(1941), Nr. 22, S. 581...584.

tet der erheblichen Risiken, in Angriff genommen und die Verteilungsanlagen bedeutend erweitert und verstärkt. Für die grossen Speicherwerke aber sind die Konzessionen verweigert worden.

Ich habe seinerzeit vor Ihnen eine Reihe von Wünschen der an der Energiewirtschaft interessierten Verbände aufgezählt. Diese Wünsche appellierten ziemlich alle an das Verständnis und die Förderung des Kraftwerkbaues durch die Behörden. Zwei davon sind in Erfüllung gegangen: das Kriegs-Industrie- und -Arbeits-Amt hat sich tatkräftig eingesetzt, um die Schwierigkeiten in der Material- und Arbeiterbeschaffung zu überwinden. Auch hat die Eidg. Steuerverwaltung an den rasch steigenden Steuerlasten insofern eine gewisse Erleichterung gewährt, als erhöhte Abschreibungen auf verteuerte Werke von der Kriegsgewinnsteuer befreit worden sind. Der erste und wichtigste Wunsch aber ist noch nicht in Erfüllung gegangen. Er lautet: «Die Erteilung der Wasserkraftverleihungen soll möglichst beschleunigt, die den Konzessionären auferlegten Lasten sollen herabgesetzt werden. Dieser Punkt verlange von den Kantonen viel Einsicht», sagte ich damals. Ich komme noch darauf zurück.

III. Die thermische Erzeugung in der schweizerischen Energiewirtschaft

Die Nachricht, dass eine der grössten schweizerischen Energieversorgungsunternehmungen den sofortigen Bau einer thermischen Kraftanlage beschlossen hat, löste vor einigen Wochen eine nicht geringe Ueberraschung aus. Mancher Eidgenosse empfand diese scheinbare Abkehr von der weissen Kohle als einen Widersinn und verstand nicht, wie man heute dazu kommt, mit eingeführten, teuren Brennstoffen Energie zu erzeugen, während reichliche einheimische Kraftquellen brach liegen gelassen werden.

Und doch ist die thermische Elektrizitätserzeugung in der Schweiz so alt wie die hydraulische. In den Anfängen war es üblich, die Laufkraftwerke ihrer unregelmässigen Erzeugung wegen durch eine Dampfkraftanlage zu vervollständigen, die zur Ergänzung bei Niederwasser und sonst als Reserve für Störungen bereit stand, wofür dann später der Dieselmotor bevorzugt wurde. Der Verbundbetrieb Laufwerk-Speicherwerk machte eine weitere Verbreitung der thermischen Ergänzungsenergie überflüssig, und die zunehmende Verbindung aller Werke und Netze untereinander nahm ihr viel von ihrer Bedeutung als Reserve. Die installierte Leistung der thermischen Maschinen, vor etwa 30 Jahren noch 10 % derjenigen aller Werke, ist während der letzten zwanzig Jahre bei rund 6 % geblieben, d. h. dass die thermischen Anlagen im gleichen Verhältnis wie die hydraulischen entwickelt wurden, zuletzt im Hinblick auf Feindseligkeiten im Lande. Die Gesamt-Erzeugung blieb stets unter 20 Mill. kWh pro Winter, die jährliche Benützungsdauer unter 150 Stunden. Diese geringe Ausnützung erklärt sich in der Hauptsache daraus, dass die Elektrizitätsversorgung bis zum Krieg stets mit einer reichlichen Produktionsmarge arbeitete; immer wieder kamen neue Wasserkraftwerke in Be-

trieb, die den Bedarf zunächst überstiegen. Das ist freilich heute anders geworden.

Der Verbundbetrieb der schwarzen mit der weissen Kohle ist übrigens auch über die Landesgrenzen hinweg seit Jahrzehnten auf eine besonders wirtschaftliche Art verwirklicht worden, nämlich durch den Export von Unkonstantenergie an ausländische Versorgungsnetze mit Dampfkraftwerken, wo die Schweizer Energie eine zeitweilige Kohlenersparnis bedeutet. In Zeiten grosser Knappheit konnte man nicht nur den Export weitgehend einschränken, sondern sogar (thermisch erzeugte) Energie einführen.

Für thermische Anlagen zur Erzeugung von elektrischer Energie kommen *Dieselmotor*, *Gasturbine* und *Dampfturbine* in Betracht. An der Entwicklung dieser Maschinen und zum Teil der Dampfkessel haben schweizerische Fabriken führenden Anteil, was um so bemerkenswerter ist, als sie nicht wie z. B. die Konstrukteure von Wasserturbinen im Lande der weissen Kohle ihre reichen Erfahrungen sammeln konnten. Im Rahmen dieses Vortrages kann es sich nicht darum handeln, auf alle Konstruktionen von Wärmekraftmaschinen unserer weltbekannten Firmen, wie Brown Boveri, Escher-Wyss, Lokomotivfabrik Winterthur, Oerlikon und Sulzer, einzugehen. Doch sei in Kürze einiges über die besonderen Vorzüge der drei Maschinentypen und ihre Eignung für die in der Praxis etwa vor kommenden Verhältnisse bemerkt.

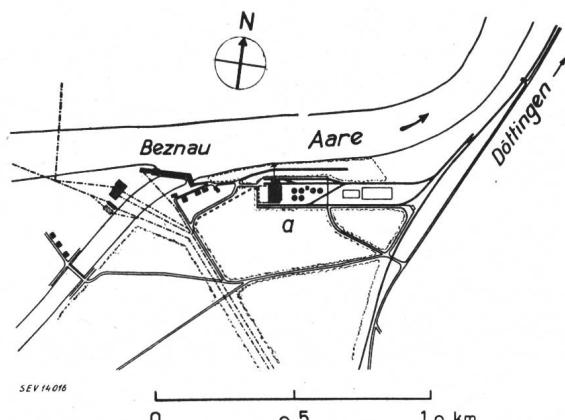


Fig. 5.
Thermisches Kraftwerk Beznau (bei a)
Situation

Der *Dieselmotor* ist hinsichtlich Brennstoffverbrauch immer noch nicht übertrffen worden. Sein Vollastwirkungsgrad überschreitet 35 % und gestattet, einen Treibstoffverbrauch von nur 240 g/kWh ab Generator zu erreichen. Dabei kann er heute auch die in der Schweiz handelsüblichen billigen Oelsorten verbrauchen. Ebenfalls unerreicht ist die Kürze seiner Anlaufzeit, von Stillstand bis Vollast etwa zwei Minuten, bei automatischem Anlassen sogar $\frac{1}{3}$ Minute. Für Spitzendeckung, überhaupt für stark intermittierenden Betrieb, hat der Dieselmotor aus technischen Gründen besondere Vorzüge, obwohl seine Anlagekosten am höchsten sind. Der Hauptteil der thermischen Kraftanlagen der Schweiz entfällt auf den Dieselmotor.

Die *Gasturbine* erscheint bei den verschiedenen Konstrukteuren in verschiedenen Formen: Offener und geschlossener Kreislauf, Verbrennungsgase oder Luft als Arbeitsmedium. Es muss auch unterschieden werden zwischen Gasturbinen, die den Kern einer thermischen Anlage bilden, und solchen, die als Zusatzmaschinen zur Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades in das Wärmegefälle einer bestehenden Dampfkraftanlage eingeordnet werden. Der Wirkungsgrad einer Gasturbine nähert sich bei Anwendung der Wärmerückgewinnung dem Wirkungsgrad des Dieselmotors; ihre Anlagekosten sind aber geringer. Die Gasturbine ähnelt auch dem Diesel als Reserve bei Störung und zur Spitzendeckung. Wird auf die Wärmerückgewinnung und damit auf höchsten Wirkungsgrad verzichtet, so können die Anlagekosten der Gasturbine weiter herabgesetzt werden. Es sind Brown Boveri-Einheiten bis 10 000 kW gebaut worden.

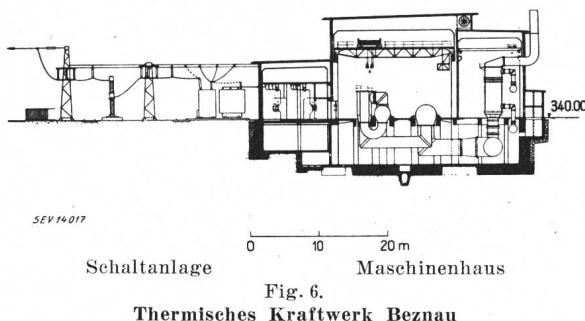


Fig. 6.
Thermisches Kraftwerk Beznau
Querschnitt

Fig. 5 und 6 geben einen Ueberblick über die Lage und die prinzipielle Anordnung des thermischen Kraftwerkes, das die Nordostschweizerischen Kraftwerke nach dem Projekt von Prof. Dr. Bruno Bauer in nächster Nähe ihres Niederdruckwerkes Beznau erstellen. Dieses Werk gliedert sich in zwei Anlagen, von denen die eine 27 000 kW, die andere 13 000 kW leisten kann. Dem Vernehmen nach werden die Baukosten rund 16 Mill. Franken betragen. Die kleine Einheit soll auf den Winter 1947/48, die grössere ein Jahr später in Betrieb kommen.

Die Anlage kommt an einen wichtigen Knotenpunkt des Netzes der NOK zu stehen in für die Versorgung mit Oel per Bahn oder später per Schiff ausgezeichnete und auch betrieblich günstige Lage.

Die *Dampfturbine* steht bei Verwendung moderner Dampfkessel hinsichtlich Brennstoffverbrauch und Anlagekosten der Gasturbine mit Wärmerückgewinnung nicht viel nach. Sie bietet aber den Vorteil, dass nicht allein Oel, sondern auch Kohle verfeuert werden kann. Hinsichtlich der Leistung pro Maschineneinheit ist die Dampfturbine noch nicht entthront worden. Die uns hier wegen der kurzen jährlichen Benützungsdauer allein interessierenden, weil billigeren 3000tourigen Turbinen, werden bei einem Zylinder bis etwa 40 000 kW gebaut, bei mehreren Zylindern und daher grösserem Wirkungsgrad bis zu weit höheren Leistungen.

Gehen wir von den heutigen Preisen der billigsten Heizöle aus, von etwa 15...20 Rp./kg, so stellen wir

fest, dass bei allen Verfahren die Brennstoffkosten ungefähr 4...5 Rp./kWh betragen, ohne dass wir die sonstigen Betriebskosten und festen Jahreskosten berücksichtigen. Auch der Dieselmotor macht hier keine Ausnahme, weil neben seinem um weniges geringeren Verbrauch an Brennstoff noch der Schmierölverbrauch zu berücksichtigen ist.

Die Problemstellung ist eine ganz besondere, wenn die thermische Kraftanlage zugleich dazu herangezogen wird, einen Wärmebedarf zu decken. Dies gilt dort, wo das Elektrizitätswerk mit einem *Fernheizwerk* verbunden werden kann. In diesem Falle wird die Elektrizität sogar als eine Art Nebenprodukt anzusehen sein. Dank den grossen Fortschritten, die im Bau der Dampfkessel und Dampfturbinen erzielt worden sind, durch Ermöglichung der Ausnutzung höchster Drücke und Temperaturen, kann durch Gegendruckbetrieb bei hohem Anfall an elektrischer Energie die Brennstoffwärme fast vollständig ausgenutzt werden. Unter Umständen kann bei kleineren Leistungen für den Gegendruckbetrieb statt einer Dampfturbine auch eine Kolbendampfmaschine in den Wärmekreis eines Industrieunternehmens eingeschaltet werden. Anzapfanlagen stellen eine Zwischenlösung dar.

In gewissen Industrien lässt die Kombination von Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung grosse wirtschaftliche Vorteile erwarten. Jedoch haben darüber die sehr eingehenden Erhebungen und Untersuchungen der seinerzeitigen Studienkommission für schweizerische Energiewirtschaft zur Feststellung geführt, dass der Verlauf des Elektrizitätsbedarfes einer Fabrik im allgemeinen von dem Verlauf ihres Wärmebedarfs so stark abweicht, dass der optimale Betriebszustand der fast vollständig ausgenutzten Brennstoffwärme viel seltener verwirklicht werden kann, als man es gerne annehmen möchte.

Ob in einem konkreten Fall Dieselmotor, Gas- oder Dampfturbine vorzuziehen ist, hängt von den besonderen Verhältnissen ab, da jeder Typ seine besonderen Vorzüge hat.

Massgebend werden sein, einerseits die Anforderungen an die Erzeugung — nämlich Reserve, Spitzen- oder Grundlast - Benützungsdauer, allfälliger Wärmebedarf — anderseits die Gegebenheiten des Standorts, der Brennstoffzufuhr, der Beschaffung des Speise- und Kühlwassers und anderes mehr. Auch die Grösse der benötigten Leistung wird bei der Systemwahl zu berücksichtigen sein. Sache der Projektierung ist es, die beste Lösung zu erkennen.

Im grossen Rahmen der schweizerischen Energiewirtschaft bleibt die zentrale thermische Erzeugung von Elektrizität ganz allgemein auf folgende vier bestimmte Fälle beschränkt:

1. als Leistungs- und Energiereserve für Störungen;
2. zur kurzzeitigen Spitzendeckung;
3. zur raschen Erhöhung der Produktion, wenn, wie jetzt, der Ausbau der Wasserkräfte hinter der Bedarfsentwicklung zurückbleibt;
4. zur Ergänzung der hydraulischen Erzeugung bei Niederwasser.

Wir wollen diesen Punkt etwas näher betrachten. Fig. 7 stellt die *Eingliederung der thermischen Energieproduktion in den Verbundbetrieb von Lauf- und Speicherwerken* an Hand des Verlaufs einiger typischer Winter vom wasserreichsten bis zum trockensten dar.

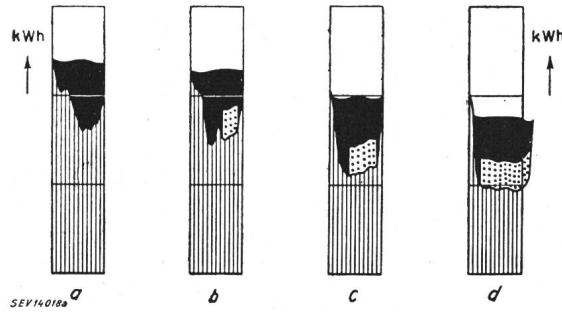


Fig. 7.

Eingliederung der thermischen Energieproduktion in den Verbundbetrieb von Lauf- und Speicherwerken im Winterhalbjahr

a wasserreicher Winter c trockener Winter
 b mittlerer Winter d extrem trockener Winter

Schraffiert: Laufenergie
 Schwarz: Speicherenergie
 Punktiert: Thermische Energie

Allgemein gilt, dass die thermische Erzeugung so lange nicht in Betrieb gesetzt wird, als die Disponibilitäten noch ausreichen, um Elektrokessel zu versorgen, die jederzeit abgestellt und durch Kohlenkessel abgelöst werden können. Es wäre widerständig, im thermischen Kraftwerk an Brennstoff das dreifache von dem aufzuwenden, was im Elektrokessel gespart werden kann.

Im *wasserreichen* Winter kommt die thermische Kraftanlage überhaupt nicht in Betrieb.

In einem *mittleren* Winter ist an einen etwa 1200-stündigen Betrieb zu denken.

Im *trockenen* Winter ist anzunehmen, dass man nicht vor Dezember zur thermischen Kraft greift, weil vorher der Rückgang der Laufenergie noch nicht ausgeprägt genug ist und der Witterungscharakter des Winters sich noch zu wenig abzeichnet. Vielleicht wird die Betriebsdauer etwa 2500 h erreichen.

Im seltenen Falle eines *extrem trockenen Jahres* wird die thermische Anlage recht früh in Betrieb kommen und solange bleiben, bis der Mangel behoben ist. Man kann an etwa 3500 h Benützungsdauer der Leistung denken.

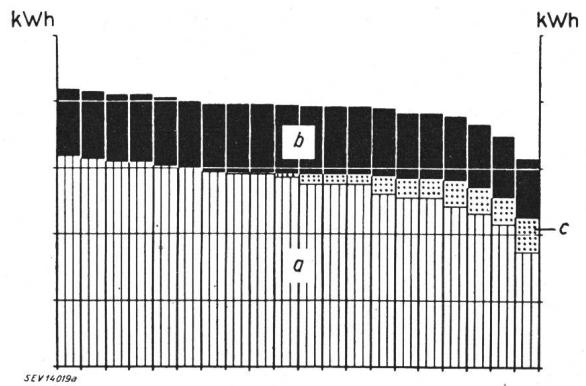
Von besonderem Interesse ist, dass, um einen Anteil der täglichen Energieproduktion der Speicherwerke zu übernehmen, von z. B. 40 %, die thermische Anlage nicht eine installierte Leistung von ebenfalls 40 % der Speicherleistung besitzen muss, sondern nur etwa 25 % davon, weil sie «im Band» an der Basis des täglichen Belastungsdiagramms betrieben werden kann, wogegen die mitlaufenden Speicherwerke die Spitzen übernehmen.

Aus diesem Grunde vermag eine thermische Anlage relativ bescheidenen Ausmasses eine wirksame Ergänzung der fehlenden Energie zu liefern.

Daraus ergibt sich auch, dass es sich auf keinen Fall darum handeln kann, vom Winteranfang an sorglos nach Abstellung der Elektrokessel die Stau-

seen zu leeren und nachher, wenn nötig, auf die thermische Erzeugung überzugehen und mit ihr so lange durchzukommen, bis die Schneeschmelze eintritt. Dann wäre man allerdings sicher, die Stauseen jeden Winter restlos auszunützen. Eine solche thermische und hydraulische Doppelinstalation für die volle Leistung wäre jedoch allzu teuer und leider bei der im Durchschnitt relativ geringen Benützungsdauer unwirtschaftlich. Wohl aber vermag eine thermische Anlage von beispielsweise $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ der installierten Speicherleistung durch kluge Wahl des Zeitpunktes der Inbetriebsetzung und der Wiederabstellung dazu beizutragen, dass der Ausnützungsgrad der Stauseen wesentlich verbessert wird; dadurch wird die Wirtschaftlichkeit der thermischen Erzeugung gehoben.

Das Verfahren, das Gleichgewicht zwischen Produktion und Bedarf an Normalenergie durch thermische Erzeugung zu erzielen, ist wesentlich sympathischer als das während des Krieges notgedrungen geübte, umgekehrte Verfahren der Einschränkung des Verbrauchs durch behördliche Verfügunnen. Freilich wird man sich auch hier, wie bei der Vornahme von Verbrauchseinschränkungen, vor das Dilemma gestellt sehen, zu riskieren, sich entweder zu früh oder zu spät zur Inbetriebsetzung zu entschliessen, d. h. entweder zu viel teure Energie zu produzieren oder die vorhandenen thermischen Möglichkeiten zu wenig auszunützen.



Veredelung von Laufenergie durch thermische Energie im Verbundbetrieb von Lauf- und Speicherwerken. 20 Winterhalbjahre.

a Laufenergie b Speicherenergie c thermische Energie

Fig. 8 zeigt die *Veredelung von Laufenergie durch thermische Energie im Verbundbetrieb von Lauf- und Speicherwerken*. Die Produktionsmöglichkeit der Allgemeinversorgung der Schweiz ist auf Grund der Zahlen von den Winterhalbjahren der letzten 19 Jahre und des äusserst trockenen Winters 1920/21 aufgetragen, geordnet vom wasserreichsten zum trockensten Winter. Wie wir sehen, wird durch Einschalten der punktiert dargestellten Produktion aller thermischen Kraftanlagen der Schweiz, einschliesslich NOK, der Rückgang der Laufproduktion in trockenen Wintern, wenn nicht ausgeglichen, so doch zum Teil kompensiert. Darüber ist als schwarze Fläche die Speicherenergie eingetragen, welche fast stets in gleicher Höhe auftritt, da wir annehmen dürfen, dass die Speicher bei

Winteranfang fast immer voll sind, ausgenommen in den trockensten Jahren.

Dieses Diagramm ist ein Idealbild der maximalen, optimalen Ausnützung der verschiedenen im Lande verstreuten grossen und kleinen Kraftwerke der drei Arten, die sich im Besitze von Hunderten verschiedener Unternehmungen befinden, deren Betriebsinteressen nicht immer mit den Gesamtinteressen übereinstimmen.

Ein vornehmes Ziel der schweizerischen Energiewirtschaft ist aber, die wichtigsten Einzelbetriebe auf dem Wege der freiwilligen Zusammenarbeit durch kaufmännisch einwandfreie Abkommen, die allen Beteiligten Rechnung tragen, immer besser zu koordinieren, um diesem Idealbild näher zu kommen.

Zusammenfassend bedeutet die Eingliederung der thermischen Erzeugung keineswegs die blosse Erzeugung einer Anzahl teurer kWh zur Ueberbrückung einer Produktionslücke. Sie bezweckt auch eine Erhöhung der Konstanz, also der Qualität der Laufkraft, und eine vollständigere Ausnützung der Speichervorräte und erweist sich als sinnvolle Ergänzung des vor 30 Jahren unter dem Namen Beznau-Löntschi eingeführten Verbundbetriebes der Lauf- und Speicherwerkste. Erst die Zukunft wird zeigen, wie weit die von neuem in diesen dreifachen Verbundbetrieb gesetzten Erwartungen in Erfüllung gehen werden.

Auf keinen Fall dürfen wir von der thermischen Energieerzeugung eine dauernde Behebung des heutigen Energiemangels erwarten.

Koordinierung der thermischen Elektrizitäts-erzeugung mit den thermischen Elektrizitäts-anwendungen

Das Zusammenspiel der festen und flüssigen Brennstoffe mit der weissen Kohle darf sich nicht auf die rechtzeitige Inbetriebsetzung der thermischen Erzeugung bei ausgesprochenem Wassermangel beschränken. Wir sollten mit den verschiedenen Energiequellen jederzeit möglichst rationell umgehen. Dieses Gebot ist solange besonders dringlich, als der gegenwärtige Energiemangel nicht behoben ist. Alljährlich, wenn im Laufe des Herbstes und Winters die Erzeugung der Laufwerke immer mehr zurückgeht, sollten Wasserkraft und Brennstoff nicht nur bei der Produktion der elektrischen Energie, sondern auch bei der Deckung des Wärmebedarfes koordiniert werden. Das heisst, dass die Erzeugung von Wärme stufenweise von Elektrizität auf Brennstoff überall da umzustellen ist, wo dies technisch durchführbar ist, d. h. wo mit Brennstoff betriebene Anlagen auch vorhanden sind. Es handelt sich in grossen Zügen etwa um folgende Massnahmen, deren Reihenfolge durch die Äquivalenzverhältnisse zwischen Brennstoffenergie und elektrischer Energie bestimmt ist, sei es bei der Produktion von Elektrizität, sei es bei der Deckung des Wärmebedarfs.

Reichen die hydroelektrischen Disponibilitäten nicht mehr zur Belieferung der Elektrokessel aus,

so ist der Zeitpunkt gekommen, zunächst die Gegendruckturbinen der Industrie in Betrieb zu setzen und ihre Produktionsmöglichkeit im vollen Umfang, der sich aus dem Wärmebedarf ergibt, auszunützen, auch zur Rücklieferung an die Elektrizitätswerke; ähnliches gilt sodann für die Diesel der Werke und der Industrie, vorerst in der täglichen Spitzenzzeit. Bald darauf erweist sich zur Vollheizung von Räumen die Ablösung der Elektrizität durch Brennstoffe als energiewirtschaftlich richtig, desgleichen die scharfe Einschränkung der Ausfuhr, trotz Kohlenkompensation. Schrittweise folgt die Inbetriebsetzung der Gasturbinen und der Ersatz des Betriebes der Wärmepumpen durch Brennstoffbetrieb in der Reihenfolge steigender Leistungsziffer. Erst dann sollten die Kondensationsdampfkraftwerke herangezogen werden. Diese Reihe von Umstellungen unterscheidet sich deutlich von eigentlichen Verbrauchseinschränkungen, die für den Menschen und seine Arbeit lästig und schädlich sind; sie bewecken im Gegenteil, aus den beiden knappen Energiequellen das Maximum herauszuholen.

Hat die Kriegswirtschaft auf Grund von Vollmachten solche Massnahmen anordnen können, so wird es in Zukunft gemeinsame Aufgabe von Konsumenten, Werken, Verbänden und Amtsstellen sein, die Lösung dieses nicht ganz einfachen Problems schweizerischer Energiewirtschaft durch freiwillige Zusammenarbeit zu versuchen.

Die Atomenergie⁵⁾

Sie werden von mir keine sensationellen Mitteilungen über die Rolle der aus der Umwandlung von Atomen frei werdenden Energie in der schweizerischen Energiewirtschaft erwarten und nicht enttäuscht sein, wenn ich mich kurz fasse. So viel — oder so wenig — wir bis jetzt aus dem Munde der Berufenen über den heutigen Entwicklungsstand gehört haben, ist die dabei industriell verwertbare Energie ausschliesslich in Form von Wärme und nur im Grossen verfügbar. Sie wäre somit in thermischen Grossanlagen verwendbar, wo das Uran als Dauerspender von Wärme die bisherigen Brennstoffe ersetzen würde. Da sich das Uran, so viel man hört, nicht billig stellen kann, und einmal für einen sehr langen Zeitraum angeschafft werden muss, würde es sich um hohe Kapitalinvestitionen handeln, die eher für unseren Heizbedarf als für unseren kurzzeitigen Bedarf an thermisch erzeugter Elektrizität tragbar erscheinen. Ueberdies müsste er uns von den Mächtigen der Welt erst gnädigst überlassen werden. Jedoch stehen die Physiker erst mitten in der Forschung, und es wäre vermessen, irgendwelche Prognosen zu stellen.

Abschliessend müssen wir feststellen, dass die neue Energiequelle die heutige Generation bis auf weiteres nicht veranlassen kann, den Ausbau der Wasserkräfte nicht unentwegt mit allem Nachdruck weiter zu verfolgen.

⁵⁾ Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 17, S. 515...517.

IV. Grundlagen der schweizerischen Energiewirtschaft

Materiell grundlegend für die schweizerische Energiewirtschaft ist, dass die Natur unserem Land flüssige Brennstoffe gänzlich und feste Brennstoffe nahezu vollständig versagt, dagegen als teilweisen Ersatz die Wasserkräfte geschenkt hat.

Für Fernstehende muss es schier unbegreiflich sein, dass die Schweizer bei dem notorischen, für ihre Wirtschaft und ihre Bevölkerung so schädlichen Energiemangel es nicht zustande bringen, die benötigten grossen Werke auszuführen, obwohl es allein von ihnen selber abhängt, für Abhilfe zu sorgen. Die als Basis der Allgemeinversorgung günstigsten Kraftwerkprojekte liegen vor, sie sind von unabhängigen, vom Bundesrat bestellten Experten eingehend begutachtet und zur Ausführung empfohlen worden. Oeffentliche und private Elektrizitätsunternehmungen haben sich zu Konsortien zusammengeschlossen, um sie zu verwirklichen. Daher ist der Energieabsatz und die Aufbringung der benötigten Kapitalien im Betrage von vielen hundert Millionen Franken gesichert. Trotz eifriger Bemühungen fehlen einzig noch die Konzessionen.

Wenn der Bundesrat es nicht auf sich nimmt, das Gemeinwohl über Bedenken verschiedener Art zu stellen, so werden wir wohl noch recht lange auf die Erstellung der grossen Speicherwerke wie Hinterrhein, Greina-Blenio und Urseren warten müssen, die für die schweizerische Energieversorgung unentbehrlich sind.

Die Natur, die die Schweizer mit einem kargen Boden und einem strengen Klima bedachte, hat sie damit auch frühzeitig zu jener andern Art von «Energie», von Initiative, Mut und Gemeinsinn erzogen, die ihnen in Jahrhunderte währenden Kämpfen frühzeitig Freiheit und Unabhängigkeit zu erringen erlaubte. So formten sich die beiden charakteristischen Merkmale der politischen Struktur der Schweiz: die weitgehende Autonomie der Gemeinden, dieser lebendigen Zelle unseres politischen Organismus, und die Selbständigkeit der Kantone, deren Souveränitätsrechte nur durch die dem Bundesstaat im höheren, gemeinsamen Interesse eingerräumten Befugnisse beschränkt sind.

Befürchten Sie nicht, dass ich mit diesem Exkurs ins Politische vom heutigen Thema abschweife. Ganz im Gegenteil: wir befinden uns damit gerade im Brennpunkt hochaktueller Fragen, deren glückliche Lösung für die Zukunft der schweizerischen Energieversorgung und Volkswirtschaft eine Bedeutung besitzt, die von der Oeffentlichkeit überhaupt nicht erkannt wird. Daran trägt sie die Schuld nicht, sondern wir selbst, weil wir offensichtlich viel zu wenig für die nötige sachliche, objektive Aufklärung getan haben.

Vielleicht ist es zum Verständnis der heutigen Lage nützlich, wenn wir uns zunächst selber dieser politischen Grundlagen recht bewusst werden.

Die *Autonomie der Gemeinde* äussert sich in der Elektrizitätswirtschaft darin, dass das Elektrizitätsgesetz jeder Gemeinde praktisch die Möglichkeit gibt, die Elektrizitätsverteilung auf ihrem Ge-

biete nach eigenem Ermessen einzurichten. In mehreren Bergkantonen sind die Gemeinden sogar verfügberechtigt über die Wasserkräfte.

Die *Souveränität der Kantone* ist gerade auf dem Gebiet der Wasserkraftverleihungen so ausgeprägt, dass dem Bund nur beschränkte Befugnisse zu stehen. Die Bundesverfassung bestimmt es so, und das Wasserrechtsgesetz bleibt im wesentlichen auf diesem Boden. Mehrere Kantone haben überdies die Elektrizitätsverteilung selbst an die Hand genommen.

So kommt es, dass heute nur 25 % der Einwohner der Schweiz durch private, genossenschaftliche oder gemischt-wirtschaftliche Elektrizitätswerke bedient werden, während 75 % durch kommunale und kantonale Unternehmen versorgt werden.

Gemeinde-Autonomie und kantonale Souveränität sind also die beiden Fundamente, die tief im Urgestein der schweizerischen Geschichte gründen. Auf diesen Fundamenten ist das stolze Gebäude unserer Wasser- und Elektrizitätswirtschaft stufenweise und daher nicht ohne Schönheitsfehler aufgebaut worden. Heute aber sind für das Weiterbauen Entscheidungen von grosser Tragweite zu treffen.

Die Elektrizitätsversorgung ist infolge der Fortschritte der Technik längst über die kantonalen Grenzen hinaus gewachsen, ähnlich wie Telegraph, Telephon, Bahnen und Strassenverkehr. Da der Energieverbrauch seit der Schaffung des Wasserrechtsgesetzes von 1916 sich verfünfacht, seit der Schaffung des Elektrizitätsgesetzes von 1902 sogar verdreissigfacht hat, sollte es nicht sein, dass ihre Bestimmungen starr entgegen den heutigen dringenden Forderungen des öffentlichen Wohles des Schweizervolkes interpretiert werden. Wohl hat der Bundesrat vor einem Jahr einen Bundesgesetzentwurf über die Teilrevision des Wasserrechtsgesetzes aufgestellt samt einem einlässlichen Bericht. Dem Vernehmen nach dürfte jedoch die Verfassungsmässigkeit des Entwurfes angezweifelt werden, und es besteht nur geringe Hoffnung, in absehbarer Zeit hier vorwärts zu kommen.

Die einzelnen Kantone sind in äusserst verschiedenem Masse mit Wasserkräften dotiert, und gerade die Gebirgskantone mit ihrem Kraftreichtum haben infolge ihrer geringen Bevölkerung den kleinsten Energiebedarf. Aber die Energiekonsumenten, die mit stets ausreichender und wohlfeiler Energie für Haushalt, Gewerbe, Industrie und Bahnen versorgt werden wollen und die Unternehmungen, die die Verantwortung für die Energieversorgung des Landes tragen, werden sich nie damit abfinden, dass der weitere Ausbau der Wasserkräfte einzig nach engen kantonalen Gesichtspunkten vor sich geht.

Solange die gesetzlichen und, wo nötig, die verfassungsmässigen Grundlagen nicht der Entwicklung angepasst werden, muss im Interesse des schweizerischen Gemeinwohles von den Kantonen wenigstens erwartet werden, dass, wenn die vom Wasserrechtsgesetz geforderte «zweckmässige» Nutzbarmachung eine technische Lösung erfordert, die vom engen kantonalen Standpunkt aus nicht das Optimum darstellt, die Kantone genug Einsicht auf-

bringen, um dennoch Hand zu vernünftigen Kompromissen zu bieten. In diesem Sinne ist es lebhaft zu begrüssen, dass der Bundesrat wenigstens einen Punkt des umstrittenen Gesetzesentwurfes in die Tat umgesetzt hat: durch Kreisschreiben vom 7. August 1946 hat der Chef des Post- und Eisenbahndepartementes, Bundesrat Celio, die Anhandnahme eines generellen Planes angekündigt, der unser ganzes Land umfassen müsse und die einzelnen Gebiete abgrenzen werde, die im Hinblick auf die zweckmässige Nutzbarmachung der Wasserkräfte geschlossene Einheiten bilden⁶⁾. Dieser Plan müsse im Geist der Zusammenarbeit zwischen den eidgenössischen Instanzen, den kantonalen Behörden, den Elektrizitätsunternehmungen und den Ingenieurbureaux ausgearbeitet werden. Zu seiner Ausarbeitung hat der Bundesrat beim Amt für Wasserwirtschaft die Stelle eines Vizedirektors geschaffen mit dem Auftrag, nicht nur diesen Plan aufzustellen, sondern die Verwirklichung baureifer Projekte und die übrigen Aufgaben des Amtes auf dem Gebiete der Wasserkraftnutzung zu fördern. Das Kreisschreiben stellt fest, dass die Ausführung des Programmes, nämlich der Bau und Betrieb der Werke, Sache der Elektrizitätsunternehmungen ist, welche die Verantwortung und das finanzielle Risiko auf sich nehmen müssen.

Das ist wahrhaft echte schweizerische Energiewirtschaft und es ist nur zu hoffen, dass sich alle Beteiligten ohne Voreingenommenheit an der Lösung dieser nationalen Aufgabe im Geiste der Zusammenarbeit beteiligen. Durch positive Mitarbeit an diesem Plan und seiner Ausführung werden die Kantone nicht allein ihre materiellen Interessen wahren, sondern es vermeiden, den Föderalismus «ad absurdum» zu führen und dadurch ihr Verfügungsrecht über die Wasserkräfte für die Zukunft zu gefährden.

Wir haben vorhin gesehen, wie die Wasserkraftnutzung und Elektrizitätsversorgung bei der Produktion der Elektrizität und bei ihrer Anwendung immer mehr mit der Brennstoffwirtschaft zusammenhängt. Nun gibt es bei den Bundesbehörden im

⁶⁾ Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 18, S. 546 u. 548.

einen Departement ein Amt für Wasser- und ein solches für Elektrizitätswirtschaft und in einem andern Departement eine Handelsabteilung, die die Einfuhr der Brenn- und Treibstoffe, die den grösseren Teil des schweizerischen Bedarfs an Energie zu decken haben, behandelt. Ueberdies gibt es immer noch im KIAA eine Sektion für Elektrizität und eine solche, die sich mit den Brennstoffen befasst. Es liegt auf der Hand, dass die Energiewirtschaft unter einer derartigen Zersplitterung leiden muss. Herr Nationalrat Trüb, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, hatte im Jahre 1944 mit einem ersten Postulat die Schaffung eines Amtes für Brennstoffwirtschaft und eine straffe Koordination gefordert⁷⁾; sein Postulat mit nach Planwirtschaft aussehenden, administrativen Massnahmen ist aber vom Nationalrat abgelehnt worden. Dem verfolgten Grundgedanken aber ist von Herrn Bundesrat Celio zugestimmt worden und wir wollen hoffen, dass er in nicht allzu langer Zeit auf irgend eine Art verwirklicht werde.

Mit einem zweiten Postulat hat Nationalrat Trüb im März 1945 den Bundesrat ersucht, einerseits die Wasserkraftnutzung und die Elektrifikation des Haushaltes zu fördern und anderseits die Kohleveredelung in den grossen Gaswerken zusammenzufassen⁸⁾. Dieses Postulat ist angenommen worden. Damit kommen wir an einen der offenen Punkte der Verbrauchswirtschaft, nämlich das Problem Gas und Elektrizität. Die Zeit ist mir kurz bemessen, ich beschränke mich daher auf den Wunsch, dass diese Frage, mit manchen andern, für unser Land nicht minder wichtigen Problemen der Energiewirtschaft im allgemeinen Sinne durch eine Fachkommission geprüft werde, die den, wie wir hoffen, besser koordinierten oder zusammengefassten Amtsstellen beratend zur Verfügung stehen würde. Wäre das nicht gute, schweizerische Energiewirtschaft?

Adresse des Autors:

H. Niesz, Direktor der Motor-Columbus A.-G., Baden.

- ⁷⁾ Bull. SEV Bd. 35(1944), Nr. 16, S. 452;
- Bull. SEV Bd. 36(1945), Nr. 1, S. 19...21;
- Bull. SEV Bd. 36(1945), Nr. 20, S. 683...685.
- ⁸⁾ Bull. SEV Bd. 36(1945), Nr. 26, S. 884...887.

Ein Streifzug durch die netzseitigen Spannungen und Ströme von Mutatoren

Von E. Fässler, Zürich

621.314.65

Nach einer kurzen Beschreibung der gleichspannungs- und drehstromseitigen Netzstrom-Form wird auf die ihren Verlauf kennzeichnenden Veränderlichen, den Leistungsfaktor und die Gesetzmässigkeiten ihrer Oberwellen eingegangen.

Après une brève description de la forme du courant redressé et du courant triphasé du réseau, l'auteur s'occupe des variables qui en caractérisent l'allure, du facteur de puissance et des lois régissant leurs harmoniques.

1. Einleitung

Den Schlüssel zum Verständnis der Spannungs- und Stromformen an den Klemmen des Mutators bilden drei vereinfachende Annahmen. Auf Grund derselben erhält man einen Einblick in ihren gesetzmässigen Aufbau und ist bereits in der Lage,

ihre Mittel- und Effektivwerte anzugeben. Zur eingehenden Erfassung der auftretenden Formen werden Ordnungszahl und Grösse der Oberwellen bestimmt. Abschliessend werden die einleitenden Annahmen teilweise fallen gelassen, um das Bild der Spannungs- und Stromformen noch weiter zu verfeinern.