Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 47 (1956)

Heft: 11

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: 16.12.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Gibt es heute schon eine aktive Atomenergiepolitik in der Schweiz?

von *B. Bauer*, Zürich

621.039 : 620.9(494)

Zur Erforschung der friedlichen Anwendung der Atomenergie in der Schweiz durch den Bau und den Betrieb eines Versuchsreaktors wurde vor Jahresfrist, mit Beteiligung aus allen Kreisen der Wirtschaft und mit Unterstützung durch den Bund, die Reaktor A.-G. gegründet.

Die schweizerischen Elektrizitätswerke, die mit 500 000 Franken oder rund 30 % am Aktienkapital der Reaktor A.-G. beteiligt sind und darüber hinaus Beiträge à fonds perdu von total 4,5 Millionen Franken leisten, haben sich seinerzeit zur Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft (RBG) zusammengeschlossen. Dieser Gesellschaft gehören heute 45 Elektrizitätswerke an, und zwar private, kantonale, städtische sowie Gemeinde-Werke.

Die Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft hielt am 30. April 1956 in Neuenburg unter dem Vorsitz ihres Präsidenten, Direktionspräsident Ch. Aeschimann, ihre diesjährige Gesellschafterversammlung ab. Nach Erledigung der geschäftlichen Traktanden nahm die Versammlung 2 Referate von Prof. Dr. B. Bauer, von der ETH, einerseits und von Dr. R. Sontheim, Direktor der Reaktor A.-G., anderseits entgegen.

Nachstehend wird der erste Vortrag, der an der Gesellschafterversammlung in Neuenburg in Abwesenheit des Verfassers in französischer Sprache vorgelesen wurde, ungekürzt veröffentlicht. Den gleichen Vortrag hielt Prof. Dr. B. Bauer seinerzeit an der Schweizerischen Ingenieuren-Tagung für Kernenergie vom 5. bis 7. April 1956 in Neuenburg; er erscheint gleichzeitig in der Schweizerischen Bauzeitung vom 26. Mai 1956.

Un an s'est écoulé depuis la fondation de la Réacteur S. A., société à laquelle participent tous les secteurs de notre économie et qui est subventionnée par la Confédération. La Réacteur S. A. est destinée à l'étude de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire en Suisse.

Les centrales suisses d'électricité, qui participent au capital-actions de la Réacteur S. A. pour un montant de 500 000 francs — soit environ 30 % — et se sont engagées de plus à verser à cette société des contributions à fonds perdu de 4,5 millions de francs au total, ont fondé naguère dans ce but une Société de Participation au Réacteur (SPR). 45 entreprises suisses d'électricité — entreprises privées, cantonales et communales — appartiennent aujourd'hui à cette société de participation.

La Société de Participation au Réacteur a tenu le 30 avril 1956 à Neuchâtel, sous la présidence de M. Ch. Aeschimann, son assemblée annuelle des associés. L'assemblée a entendu ensuite deux conférences: l'une de M. B. Bauer, professeur à l'EPF, l'autre de M. R. Sontheim, directeur de la Réacteur S. A.

Nous publions ici le texte complet de la conférence du professeur Bauer, qui à l'assemblée de la SPR fut lue en l'absence de son auteur. Il s'agit de la même conférence que le professeur Bauer a prononcé en langue allemande lors des Journées suisses d'études sur l'énergie nucléaire des 5, 6 et 7 avril 1956 à Neuchâtel; elle paraît en même temps dans la Revue Polytechnique Suisse du 26 mai 1956.

Klarer ausgedrückt lautet die im Titel gestellte Frage: Ist vom Reichtum der neuen technischen Möglichkeiten der Elektrizitätserzeugung aus Kernenergie das eine oder andere Verfahren *brauchbar für unsere Elektrizitätsversorgung?* Und wenn die Antwort günstig lautet: *Wann und wie* soll das Vorhaben bei uns verwirklicht werden?

Kann man auf diese Fragen *heute schon* mit gutem Gewissen eine Antwort geben? Mir scheint, die rasche Entwicklung von Forschung und Technik sei nicht geeignet, die Zweifler eines besseren zu belehren. Es hat den Anschein, als ob sich die Fülle der ungelösten Probleme von Jahr zu Jahr vergrössere. Wir stehen offenbar im Sturm und Drang einer Entwicklung, deren Ziel noch nicht vorauszusehen ist. Wird sich der *homogene Reaktor* schliesslich als die günstigste Lösung erweisen, worüber näheres zu wissen für die Planung gemeinsamer europäischer Aufbereitungs- und Regenerierungsanlagen von Wichtigkeit wäre, oder ist gar damit zu rechnen, dass das Verfahren der Kernspaltung in absehbarer Zeit durch jenes der *Kernverschmelzung* abgelöst werden wird? Die spekulativen Gespräche der Kernphysiker über diesen Punkt sind faszinierend — aber ich muss hiebei an den riesigen technischen Apparat denken, den wir Europäer auf Grund der Kernspaltung aufzubauen im Begriffe sind, und an die schwere Abschreibungslast, die unsere Energieverbraucher hierauf, vielleicht bald, als Folge rascher technischer Entwicklung werden auf sich nehmen müssen.

Was sollen wir tun?

Diese Frage beantwortet sich mit Strenge aus der *Kohlennot* in jenen Ländern, die ihre Elektrizitätsversorgung in der Hauptsache auf der Brennstoffbasis aufgebaut haben. Diese können nicht mehr zuwarten, sie müssen mit dem heutigen unreifen Stand der Technik vorlieb nehmen, wenn sie die Kernenergie noch in nützlicher Frist in die bedrängte Stromversorgung einsetzen wollen.

Wir aber in der Schweiz? Nun, viele sagen: Wir verfügen noch über eine schöne Reihe unausgebauter *Wasserkräfte.* Wenn wir diese nach Massgabe des wachsenden Elektrizitätsbedarfs in die Produktion einsetzen, lässt sich die Jahreserzeugung am Ende im Vergleich zur heutigen Produktionskapazität mehr als verdoppeln. Wenn das herrschende Wachstumsgesetz des Konsums weiterhin seine Gültigkeit hat, dürften unsere Wasserkräfte *bis etwa 1975 oder 1980* dem Landesbedarf in der Hauptsache genügen. Wir warten also in Musse die weitere Entwicklung ab, so könnte man schliessen. Aber das ist eine träge Weisheit, zwar oft verkündet

von den Fachleuten und weitergetragen in der Presse. *Lasst uns prüfen, ob sie einer erneuten Kritik heute noch standhält!*

Wir wollen uns zunächst einige Hauptfragen der *europäischen Energieversorgung* vor Augen halten, an denen unsere eigene Energiewirtschaftspolitik nicht vorbeisehen kann. Die europäischen *Brennstoffkraftwerke* sind, wie man weiss, in Sorge um die hinreichende Kohlenbeschaffung in der Zukunft. Sie decken heute $^2/_3$ des Gesamtbedarfs, der Rest wird in der Hauptsache aus Wasserkraft erzeugt. Sie haben sich aus kleinen Anfängen zu einem immer anspruchsvolleren Kohlenverbraucher entwickelt. Trotz laufender Verbesserungen in der Brennstoffausnützung ist zu befürchten, dass ihr Jahresbedarf *in 15 bis 20 Jahren* an die maximal mögliche Förderkapazität der europäischen Gruben heranreichen wird. In einzelnen Ländern sind diese Fristen noch kürzer. Natürlich erheben auch noch andere, volkswirtschaftlich nicht minder wichtige Kohlenverbraucher ihren Anspruch an der knappen Fördermenge, wobei sie zudem im Vorzug der besseren Ausnützung der Kohle stehen. Nachdem sich herausstellte, dass eine nennenswerte Steigerung der Förderkapazität aus *technischen, wirtschaftlichen* und nicht zuletzt aus *soziologischen* Gründen nicht möglich ist, musste daher etwas Grundsätzliches geschehen zur Vorbeugung dieser katastrophalen Folgen des ungehemmt steigenden Strombedarfs der Wirtschaft: *eben die Flucht in die Kernenergienutzung.*

Hier möchte ich eine Nebenbemerkung anbringen. Wenn die Energiewirtschaftler wichtiger europäischer Versorgungsgebiete für die nächsten zwei Dezennien mit einer *Zuwachsrate des jährlichen Energiebedarfs von 6 % und mehr* rechnen, so will das heissen, dass sich nicht nur die jährlichen Elektrizitätsmengen, bzw. Brennstoffmengen, ungefähr alle 12 bis 15 Jahre verdoppeln, sondern auch die erforderliche Leistungskapazität der Produktions- und Verbraucheranlagen sowie die Transportkapazität der Fernleitungen und Verteilnetze. Wenn also z. B. in einem bestimmten Versorgungsgebiet im Verlaufe der letzten 15 Jahre für diese Zwecke ein *Investitionsbedarf* von 500 Millionen Franken erforderlich war, so müsste sich der Betrag für die nächsten 15 Jahre auf beinahe eine Milliarde und für die darauffolgende 15jährige Periode auf nicht ganz 2 Milliarden Franken erhöhen. Kann der *Finanzhaushalt* des betreffenden Landes diese Summen zeitgerecht zur Verfügung stellen, so erscheinen sie nun bei der Zubringerindustrie in Form von Mehraufwand an *Werkstoffen, Energie und Arbeitsstunden.* Hiezu tritt der Mehraufwand für den Zuwachs im Erneuerungsbedarf der besagten technischen Einrichtungen.

So fordert die Elektrizitätsversorgung auch von der *Investitionsgüterindustrie* von Jahr zu Jahr eine immer grössere Arbeitsleistung, welcher letztere auch nur durch Vergrösserung ihres Produktionsapparates entsprechen kann. Man erschrickt beinahe vor dem gigantischen Ausmass einer solchen Entwicklung.

Die schrittweise Umlegung der Elektrizitätsproduktion vom Brennstoff auf die *Kernenergie* bringt nach dieser Richtung natürlich keine Erleichterung, sondern eine neue erhebliche *Mehrlast.* Bekanntlich sind die zur Aufbereitung, Konzentration, Verarbeitung, Nutzung und Regenerierung des Spaltstoffes erforderlichen Einrichtungen alle sehr *kapitalintensiv.* Wir müssen sie in Europa wohl zum grössten Teil ohne militärische Unterstützung aus dem Nichts schaffen. Bedenkt man das Vorgesagte, so erscheint es als fraglich, ob der europäische Wirtschaftskörper diese Entwicklung im gewollten Tempo durchstehen wird, ohne dass andere Teile Schaden erleiden. Unser Blick richtet sich daher erneut auf die primäre Ursache all dieser Schwierigkeiten: den *beschleunigten Zuwachs des Elektrizitätsverbrauchs.* Dieser beträgt zur Zeit in Europa 6 bis 7 % des jeweiligen Jahresverbrauchs, wogegen die Zuwachsrate des gesamten Nutzenergiebedarfs in der Gegend von 1,8 % bis 2,5 % liegen mag. Die raschere Zunahme des Stromverbrauchs ist bekanntlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Konsumenten der elektrischen Energie ihrer *technischen und preislichen Vorteile* wegen vor den anderen Energieträgern den Vorzug geben. Diese preislichen Vorteile sind aber im Ausmass nicht mehr verträglich mit der neuen Produktionskostenlage. In der Elektrizitätsversorgung spielt leider der Preis als Regulator der Güterverteilung seit Jahren nicht wie er sollte. Leute, die von Regulatoren nichts verstehen, haben in diesen subtilen Mechanismus unwissend eingegriffen. Jetzt gehorcht er dem Gesetz von Angebot und Nachfrage nicht mehr, missachtet die Forderung nach dem Einklang von Aufwand und Nutzen, kurz, er ist, auf lange Sicht betrachtet, ein schlechter Wahrer der Verbraucherinteressen geworden, denn er tut als ob sich auf der Produktionsseite nichts Wesentliches geändert hätte und lässt die Leute im Glauben, dass dies noch lange so weitergehen werde — bis er unter dem Druck der geschilderten Verhältnisse ruckweise wird nachholen müssen, was er an langsam ausgleichender Wirkung versäumte. So wird Last abgeworfen werden, die man nicht hätte aufnehmen dürfen.

Doch, wie steht es nun bei genauerer Betrachtung mit der Flucht aus der Kohlennot in die Kernenergie?

Bekanntlich haben England und Frankreich ihre Pläne bereits bereinigt, sie geben uns nach dieser Richtung ein Beispiel grosszügigster Wirtschaftspolitik, wobei zuzugeben ist, dass die im Spiel stehenden militärischen Interessen das Vorhaben erleichtert haben mögen.

Das *Zeitprogramm des Kernenergieeinsatzes* wird vom Verbrauchszuwachs, vom Erneuerungsbedarf der alten Produktionsanlagen und nicht zuletzt von der Leistungsfähigkeit der Investitionsgüterindustrie abhängen. Wie in England, wird sich auch für den gesamten europäischen Raum der Anteil, den die Kernenergieanlagen am gesamten Strombedarf fürs erste werden übernehmen können, nur *langsam* steigern lassen. Die jährliche Zuwachsquote

wird aus produktions- und finanzwirtschaftlichen Gründen nicht an den von den Verbrauchern geforderten jährlichen Mehrbedarf heranreichen. Man muss sich auch klar sein darüber, dass für die ersten Einsatzmengen gemäss dem heutigen Stand der Technik mit überteuerten Stromkosten zu rechnen ist, in der Hoffnung, dass sich für die folgenden Ausbauetappen eine schrittweise Verbesserung erzielen lasse. Aus dem Gesagten folgt, dass in Europa über unbestimmt lange Zeit weiterhin *Kohle* zur Elektrizitätserzeugung verbraucht werden muss, und dass die Produktionskosten *dieses* Anteils am Gesamtverbrauch weiterhin der *Preissteigerung der Kohle* unterliegen werden. Die mittleren Gestehungskosten der Energiemischung ergeben sich so als Resultante aus *zwei gegenläufig veränderlichen Komponenten:* aus den sinkenden Einheitskosten der wachsenden Kernenergiemenge und aus den wachsenden Einheitskosten der schwindenden Brennstoffenergiemenge. Ich leite hier nur eine Erkenntnis hieraus ab: Es müssen die späteren Teilbeträge der Kernenergiemenge mit *erheblich geringeren* als den heutigen Selbstkosten der Brennstoffwerke erzeugt werden können, sollen die erwähnten Mehrkosten auf der Energie- und Brennstoffseite ausgeglichen werden, soll also gesamthaft keine Verteuerung der elektrischen Energie gegenüber dem heutigen Stand eintreten.

Damit gelange ich an einen wichtigen Punkt unsere Betrachtung. Ich glaube an den technischen Fortschritt in der Kernenergietechnik, und ich hoffe auf ihn. Es ist möglich, dass die Energiegestehungskosten des einzelnen Werks einmal unter jene der heutigen leistungsäquivalenten Brennstoffanlage sinken werden — aber damit ist noch lange nicht das goldene Zeitalter der wohlfeilen Energieversorgung erreicht. *Die erzielte Kosteneinsparung wird zunächst zur Deckung der Mehrkosten verbraucht,* die einerseits die *ungünstigeren Ausführungen der Entwicklungsperiode* verursachen, anderseits aus dem *noch nicht ersetzten und verteuerten Brennstoffbetrieb* erwachsen. Wir wollen das Gesagte an einigen Bildern näher untersuchen.

Einleitend möchte ich bemerken, dass es sehr schwer hält, sich aus der grossen Zahl von Literaturangaben über die Investitions- und Produktionskosten von Kernenergiekraftwerken aus dem amerikanischen, kanadischen und britischen Studienbereich ein Bild über die zu erwartenden *wirklichen Verhältnisse* zu machen. Diese Angaben beruhen ja zum grössten Teil auf *Projektstudien,* wobei die einzelnen Projektverfasser zudem noch mit verschiedenen Kostengrundlagen rechnen. Dies gilt hauptsächlich für die in Rechnung gesetzte *Amortisationsdauer der Reaktoren.* Wenn ich daher im nachfolgenden das Ergebnis meiner Bearbeitung dieses Zahlenmaterials bekanntgebe, so können diese Ergebnisse nicht mehr sein als eine *ungefähre Orientierung* über den Einfluss einiger wichtiger Konstruktionsdaten, wie Reaktorart und Kraftwerksgrösse, auf den Gestehungspreis der Energie. Ich habe die aus der Literatur gewonnenen Kostenangaben alle in Schweizerfranken umgerechnet, wobei ich einheitlich den *Kapitaldienst* der projektierten *Kernenergiekraftwerke* zu 16 % ansetzte. Für die zum Vergleich herangezogenen *Brennstoffkraftwerke* ist der Kapitaldienst mit 10 % in Rechnung gesetzt worden. Bei diesem Anlass sei noch bemerkt, dass sich für den grossen Durchschnitt der betrachteten Kernenergiekraftwerke die Kosten für *Löhne, Betrieb und Unterhalt* auf 10 bis 12 % der gesamten Selbstkosten belaufen und die Kosten des *Spaltmaterials* auf 14 bis 20 % und mehr. Hiebei ist vorausgesetzt, dass diese Kraftwerke Grundlast fahren, mit *7000 h Benützungsdauer* der installierten Leistung. Die weitverbreitete Anschauung, dass die Stromkosten aus Kernenergiekraftwerken in der Hauptsache nur aus Festkostenanteilen bestehen, ist also unzutreffend.

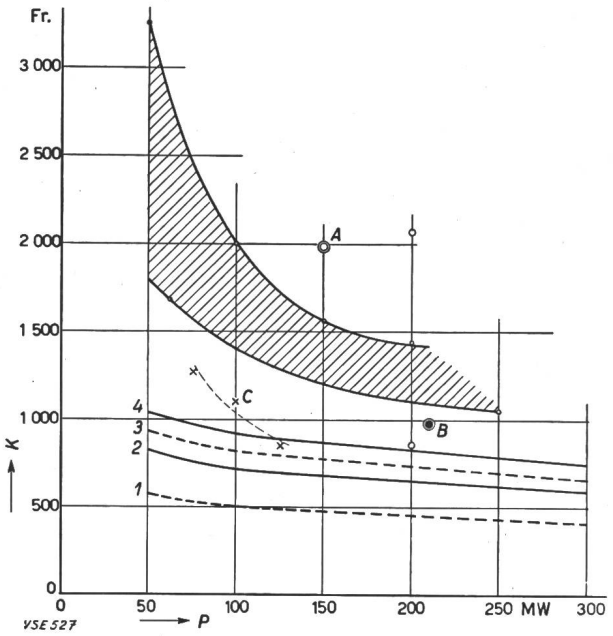


Fig. 1

Investiertes Kapital je installiertes kW für klassische Dampfkraftwerke sowie Kernenergie-Kraftwerke in Abhängigkeit der installierten elektrischen Leistung

K investiertes Kapital je installiertes kW
P installierte elektrische Leistung

Kernenergie-Kraftwerke:

○ mit Reaktoren $U_{nat}/D_2O/D_2O$
◎ mit Reaktoren U_{nat}/Graphit/CO_2 (Calderhall)
● mit homogenem Reaktor U-Bi-Lösung/Graphit/Na
× mit Breeder-Reaktoren Th/Graphit/Na

Klassische Dampfkraftwerke:

1 deutsche *2* englische *3* französische *4* amerikanische

Fig. 1 zeigt die *Abhängigkeit des spezifischen Investitionskapitals von der installierten Kraftwerksleistung.* Der schraffierte Streustreifen betrifft Anlagen unter Verwendung natürlichen oder schwach angereicherten Uraniums, wobei Schweres Wasser sowohl als Moderator wie auch als Wärmeträger dient. Der Punkt *A* stellt die Situation des etwas konservativ entworfenen Kraftwerks *Calderhall* dar. Der Punkt *B* zeigt eine Zukunftslösung unter Verwendung eines *homogenen Reaktors.* Die Gruppe *C* gibt die Erstellungskosten für *Breeder-Anlagen,* die

ebenfalls erst in einer späteren Entwicklungsperiode für die praktische Verwendung reif werden dürften. Ich erwähne noch eine interessante jüngste amerikanische Mitteilung, wonach Kleinkraftwerke mit Leistungen von 10 bis 15 MW projektiert und durchgerechnet worden sind, die Investitionskosten von nur etwa 1500.— bis 2000.— Fr. pro kW ergeben sollen. Dieser Fortschritt soll durch Wahl verhältnismässig hoher Temperaturen des gasförmigen Wärmeträgers ermöglicht worden sein, wobei das angereicherte Uran in keramischen Hüllen in den Reaktor eingebracht werden soll.

Wir können aus diesem Bild ersehen, dass Kernenergiekraftwerke kleiner Leistung bis etwa 50 MW einen 2,5- bis 3mal grösseren Kapitalbedarf benötigen als Brennstoffkraftwerke moderner Ausführung. Für grosse Leistungen über 150 MW sinkt der Bedarf bis auf 1,5mal jenes der klassischen Brennstoffkraftwerke. Wo liegen die *hydraulischen Kraftwerke?* Ich habe ihre spezifischen Investitionskosten nicht in dieses Bild eingetragen, weil sie nicht ohne weiteres mit den hier betrachteten Grundlastwerken vergleichbar sind. Immerhin können wir feststellen, dass grössere Kraftwerksgruppen von 150 bis 250 MW mit ihren spezifischen Erstellungskosten von etwa 1600.— bis 1000.— Fr. pro kW im schraffierten Streubereich der Kernenergieanlagen liegen. Bedenkt man aber den *zusätzlichen Kapitalbedarf,* den letztere für die Einrichtungen zur *Aufbereitung und Regenerierung des Spaltstoffs* noch benötigen, so kann man das früher Gesagte hier bestätigt finden, nämlich, dass man durch den weiteren Ausbau der Wasserkräfte mit geringerem Kapitalaufwand Kohlen einsparen kann als auf dem Weg der Kernenergienutzung.

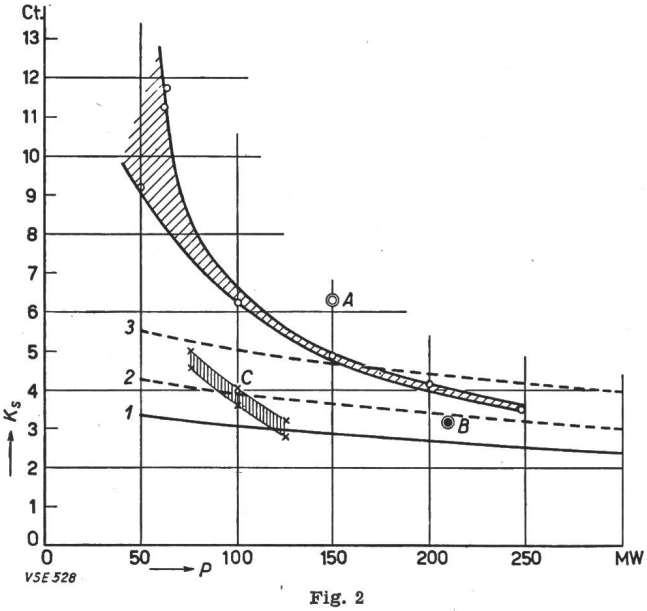


Fig. 2

Produktionskosten der elektrischen Energie für klassische Dampfkraftwerke sowie Kernenergie-Kraftwerke in Abhängigkeit der installierten elektrischen Leistung

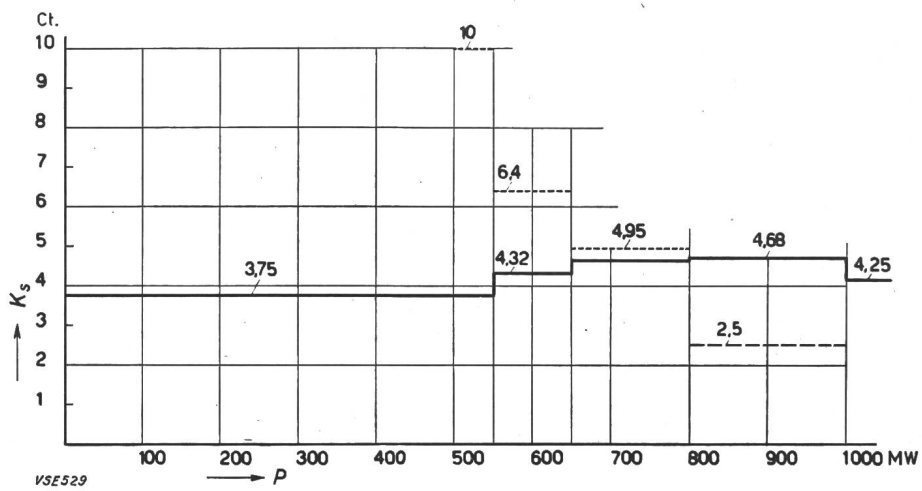
Gebrauchsdauer der installierten Leistung: 7000 h
K_s Produktionskosten je kWh
P installierte elektrische Leistung
Klassische Dampfkraftwerke:
1 amerikanische und englische *2* deutsche *3* französische
Im übrigen gilt die gleiche Legende wie bei Fig. 1

In Fig. 2 ist der *Zusammenhang der spezifischen Kosten je erzeugbare Energieeinheit von Kernenergiekraftwerken mit deren installierten Leistung* dargestellt. Wiederum sind sie den mit modernen Brennstoffkraftwerken erzielbaren Werten gegenübergestellt. Die Ziffern beziehen sich, wie schon gesagt, auf den Grundlastbetrieb mit 7000 Stunden Benützungsdauer der installierten Leistung. Ich erinnere nochmals daran, dass es sich bei den Kernenergiewerken nicht um ausgeführte Anlagen, sondern um sorgfältige Projektstudien handelt. Wenn die entsprechenden Berechnungen nicht zu optimistisch ausgefallen sind, kann man der Graphik entnehmen, dass die Stromkosten des Betriebs kleinerer Kernenergieeinheiten 2,5- bis 3mal höher zu stehen kommen als jene moderner Brennstoffkraftwerke gleicher Leistung. Hingegen sinkt die Kostenkurve, wie ersichtlich, rasch mit steigender Kraftwerksleistung, so dass sich im Bereich von etwa 150 MW an aufwärts die Stromkosten der Kernenergie anscheinend im Streubereich jener aus Brennstoff gewonnenen bewegen. Will man glauben, dass die zukünftigen Lösungen, nämlich die *Breeder-Anlagen* (senkrecht schraffierter Streubereich) und die Werke mit *homogenen Reaktoren* (Punkt *B*) in die auf der Graphik gezeichnete Gegend von 3 bis 5 Rp. pro kWh zu liegen kommen, so wäre damit die Konkurrenzfähigkeit der Kernenergie mit jener aus Brennstoff gewonnenen im Gebiet der Stromerzeugung erreicht. Hiebei ist die zu erwartende Steigerung der Brennstoffkosten nicht berücksichtigt. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Produktionskosten *hydroelektrischer Energie* für vergleichbare Kraftwerksgruppen in die Gegend von 2,5...3,5 Rp. pro kWh zu liegen kommen. Sie reichen also noch nicht an die geschätzten Produktionskosten von Kernenergiekraftwerken der Zukunft heran.

Wir wollen dieser Darstellung folgende Erkenntnis entnehmen. Wenn wir in Europa an die Aufstellung von Kernenergiekraftwerken für die reine Stromerzeugung herantreten werden, so wird die Kraftwerksleistung zunächst wohl nicht grösser als 50 bis 100 MW gewählt werden. Dann ist demnach mit Produktionskosten im Grundlastbetrieb in der Gegend von 8 bis 12 Rp. pro kWh zu rechnen. In der Folge werden vielleicht grössere Kraftwerkseinheiten zur Aufstellung gelangen mit Produktionskosten, die zwischen 6 und 7 Rp. pro kWh liegen mögen. Mit fortschreitender technischer Entwicklung auf dem Kernenergiegebiet werden die neuen Ausbauetappen grössere Leistungen aufweisen und geringere Produktionskosten erzielen lassen. Immer aber wird ein grosser Teil des Strombedarfs mit *den alten Brennstoffkraftwerken* gedeckt werden müssen.

Fig. 3 zeigt, wie sich hiebei die *mittleren Kosten der Gesamtproduktion* gestalten. Wie ersichtlich, liegen in diesem Beispiel die Selbstkosten der Brennstoffgrundlastkraftwerke bei 3,75 Rp. pro kWh. Der Bedarf über 500 MW Grundlastleistung werde mit einem ersten 50-MW-Atomenergiekraftwerk gedeckt, dessen Stromselbstkosten zu 10 Rp. pro kWh geschätzt seien. Die zweite Ausbauetappe

erhöhe die Grundlastleistung auf 650 MW, die dritte auf 800 MW, die vierte auf 1000 MW. Die gestrichelte treppenförmige Kurve zeigt den abnehmenden Betrag der spezifischen Stromkosten der einzelnen Kernenergiewerkseinheiten. Die ausgezogene Kurve zeigt die Bewegung der mittleren



Nr. 3

Verlauf der mittleren Produktionskosten der elektrischen Energie in einem bestimmten Wirtschaftsgebiet bei sukzessivem Einsatz von Kernenergie-Kraftwerken

Zu den bestehenden Brennstoffkraftwerken werden im Laufe der Zeit sukzessiv 4 Kernenergie-Kraftwerke mit einer Leistung von 50, 100, 150 bzw. 200 MW (jährliche Gebrauchsdauer der installierten Leistung: 7000 h) neu eingesetzt.

K_s Produktionskosten je kWh
P Netz-Grundlast im betrachteten Wirtschaftsgebiet
------ Produktionskosten für die einzelnen Kernenergie-Kraftwerke mit Reaktoren $U/D_2O/D_2O$
– – – Produktionskosten für ein 200-MW-Kernenergie-Kraftwerk mit Breeder-Reaktor Th/Graphit/Na
——— Mittlere Produktionskosten der elektrischen Energie aus sämtlichen Kraftwerken

Gestehungskosten der Energieeinheit. Sie finden das in meinen vorangegangenen Bemerkungen Gesagte bestätigt: *Es genügt nicht, dass das Atomenergiekraftwerk der Zukunft die elektrische Energie zu geringeren Selbstkosten zu erzeugen vermag als die heutigen Brennstoffkraftwerke, um eine Preissenkung im Verkauf der elektrischen Energie zu veranlassen.* Die Kosten der Entwicklungsperiode verhindern den Abstieg der resultierenden Gestehungskosten im erhofften Mass. Es wird noch lange dauern, bis das goldene Zeitalter der wohlfeilen elektrischen Energie für jedwelche Zwecke und für jedermann anbrechen wird.

Wenn wir also die baldige Erstellung von Kernenergiekraftwerken als eine notwendige Massnahme zur Einschränkung des Kohlenverbrauchs erkennen, so ist im gleichen Sinn ebenso wichtig und dringlich der *weitere Ausbau der europäischen Wasserkraftvorkommen.* Ja, ich möchte grundsätzlich behaupten, dass Europa auf diesem Weg *rascher und mit geringerem Kapitalaufwand* zur Entlastung des Kohlenverbrauchs gelangen könnte. Die gesamte heutige Jahresproduktion lässt sich ungefähr vervierfachen, wenn man die jugoslawischen und rumänischen Nutzungsmöglichkeiten und jene im Norden Europas hinzurechnet. Hiebei ist natürlich vorausgesetzt, dass die erforderlichen *Leitungen* erstellt werden zum Einbezug dieser Wasserkräfte in das zentrale europäische Versorgungsgebiet. Zu diesem Zweck werden allerdings schwierige internationale Verständigungen vonnöten sein, die zu verwirklichen gewiss nicht geringere Mühe verursachen dürfte als jene Abkommen, die als notwendige Grundlage eines gemeinsamen europäischen Vorgehens im Bereich der Kernenergienutzung gelten. Es hat den Anschein, als ob Technik und Wirtschaft die kommenden Probleme der Energieversorgung unseres Kontinents nicht mehr allein meistern können, es gehört offenbar auch der Aufbau einer *europäischen Energiewirtschaftspolitik* dazu. Mögen die Bemühungen von einem *freiheitlichen Geist* getragen sein!

Wie wird sich nun die *schweizerische Energiewirtschaftspolitik* im Licht dieser Entwicklung gestalten?

Ich verwies eingangs schon auf die Verfügbarkeit weiterer unausgebauter Wasserkräfte. Unsere Bauingenieure schätzen die damit zu gewinnende Jahresproduktion auf mindestens *15 Milliarden kWh.* Berechnen wir die Bedarfszunahme mit etwelcher wohlangebrachter Zurückhaltung, so könnte man in der Tat hoffen, den Landesverbrauch mit der genannten Mehrerzeugung bis zu einem Zeitpunkt *zwischen 1975 und 1980* zu befriedigen. Diese Prognose verliert jedoch von Jahr zu Jahr an Wahrscheinlichkeit. Die wachsenden Widerstände gegen den Kraftwerksbau werden leider das eine und andere Projekt nicht zur Ausführung bringen lassen. Für andere Wasserkraftnutzungen ist mit Verzögerungen in der Konzessionserteilung und mit baulichen und fiskalischen Mehrbelastungen zu rechnen. So wird sich herausstellen, dass die 15 Milliarden kWh Mehrproduktion *zu hoch gegriffen* sind und — was schlimmer ist — dass der Kraftwerksbau in seinem *Zeitprogramm* dem steigenden Strombedarf nicht wird folgen können. Möglicherweise dürfte uns allein schon die wachsende Spannung zwischen Bedarf und Erzeugung von Investitionsgütern in Europa hieran hindern. So werden wir in den nächsten Jahren mit Perioden *ungedeckter Energienachfrage* rechnen müssen. Der Übelstand kann mit hinreichender Sicherheit und Raschheit nur mit der Erstellung grösserer *Brennstoffkraftwerke* beseitigt werden (oder mit der Beteiligung an solchen im Ausland),

denn wir sind heute für den raschen Einsatz von Kernenergiekraftwerken noch nicht vorbereitet. Das ist aber nicht der Weisheit letzter Schluss. Je knapper nämlich der Brennstoff in Europa ist, um so grösseren Auftrieb erhalten die bekannten Kräfte, die zu seiner *Kontingentierung auf europäischer Basis* drängen. Bei dieser unerfreulichen Voraussicht wird der Einsatz von Brennstoffelektrizität in unseren schweizerischen Verbrauch vermutlich immer nur ein Hilfsmittel zur Überbrükkung von vorübergehender Fehlleistung und Fehlenergie der hydraulischen Produktion bleiben. Der dauernde Mehrbedarf über die maximale Kapazität unserer Wasserkräfte hinaus muss zu gegebener Zeit von *Kernenergiekraftwerken* gedeckt werden, von *landeseigenen*, wenn immer möglich, damit wir nicht im vollen Umfang der Stromkosten von den Verfügungen einer europäischen Behörde abhängig sind.

Wir sollten aus zwei Gründen mit den dahinzielenden Vorbereitungen nicht zuwarten, bis uns die Not zum Handeln treibt.

Da drängt sich zunächst die Überlegung auf, dass der *Typus* des Kernenergiekraftwerks, der den Anforderungen der Grossmächte einmal voll entsprechen mag, nicht ohne weiteres für unsere schweizerischen Verhältnisse das Richtige sein wird. Wir können keine Grosskraftanlagen in amerikanischem Ausmass brauchen. Wir werden weder eigene Anlagen zur Aufbereitung und Anreicherung des Urans, noch solche zur Regenerierung der «Brennstoff»-Elemente erstellen und betreiben können. Wir haben auch kein militärisches Interesse am Plutoniumanfall. Es ist unsere erste Aufgabe, den *schweizerischen Typus* des Kernenergiekraftwerks in Art und Grösse zu studieren. Vielleicht erscheinen verschiedene Lösungen als geeignet. Mit dem Studieren allein wird es beim heutigen Stand der Dinge aber leider nicht getan sein. Wir werden *Versuchsausführungen* mit Leistungen von 5 bis 10 MW erstellen und betreiben müssen, um aus den praktischen Ergebnissen die Richtlinien für die unseren Verhältnissen angepasste Bauart der Zukunft zu gewinnen. Bis wir glücklich soweit sind, wird der Zeitpunkt des vollständigen Ausbaus der Wasserkräfte in die Nähe gerückt sein. *Wir haben also keine Zeit mehr zu verlieren.*

Dieses Programm drängt sich auch aus einem anderen Grunde auf. Unsere führende Industrie der *Maschinen-, Apparaten- und chemischen Branche* ist der Auffassung, dass sie zur weiteren Entwicklung der Reaktortechnik manchen nützlichen Beitrag zu leisten vermöchte. Sie ist willens, die Probleme intensiv zu bearbeiten und glaubt, eigene Lösungen verwirklichen zu können, welche ihren *Exportinteressen* dienlich wären. Die Erprobung solcher Lösungen in landeseigenen Versuchskraftwerken wäre diesem volkswirtschaftlich wichtigen Vorhaben in hohem Masse förderlich. Es würde auch die Sicherheit der zukünftigen Landesversorgung mit elektrischer Energie festigen, wenn wir in der Erstellung unserer kommenden Kernenergiekraftwerke auch im Reaktorteil nicht ausschliesslich auf ausländische Industrielieferungen angewiesen wären.

So erscheint aus den genannten zwei Überlegungen die *freiwillige Zusammenarbeit von Elektrizitätsunternehmungen und Industriegruppen* zwecks Studium und Erprobung von typischen *Versuchskraftwerken* auf Basis der Kernenergie als der richtige Weg zur Anbahnung einer aktiven schweizerischen Atomenergiepolitik. Diese Entwicklung müsste *ausserhalb der Reaktor A.-G.* erfolgen, deren Aufgabe ja nicht darin besteht, bestimmte Reaktortypen zu bauen und zu betreiben, sondern unter anderem die *technisch-wissenschaftlichen Grundlagen der Bauelemente des Reaktors* in ihren Versuchsanlagen zu erforschen.

Ein letztes, kurzes Wort noch zur Frage des Kernenergieeinsatzes in den *schweizerischen Wärmebedarf.*

Das Problem erscheint als verlockend, zunächst in Ansehung der erheblichen Transportkosteneinsparungen auf dem Sektor der heutigen Brennstoffversorgung. Demgegenüber steht belastend der Kapitaldienst der aufzubauenden Wärmeverteilnetze, die für grössere Entfernungen *sehr erhebliche Investitionen* fordern. Da die grundsätzliche *Standortfrage* für Reaktoranlagen heute noch nicht völlig abgeklärt ist, bleibt das Problem späterer Prüfung vorbehalten. Die Verwendung der Kernenergie in Städtefernheizungen stösst ferner auf die Schwierigkeit der *geringen Benützungsdauer* der installierten Reaktorleistung. Man könnte an die *Heiz-Kraft-Kupplung* denken, die Wirtschaftlichkeit dieser Kombination steht aber noch in Frage.

Das Problem harrt also nach allen Seiten noch der gründlichen Abklärung. Auch hier ist *rasches Handeln* sehr erwünscht.

Adresse des Autors:
Prof. Dr. *B. Bauer*, Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich.

Fernsteuerung von Unterwerken

von *B. Rey*, Arlesheim

621.398 : 621.311.4

Es wird die Fernwirkanlage des neuen Unterwerkes Schweizerhalle vom betrieblichen Standpunkt aus beschrieben; die Gründe, die zur Wahl der getroffenen Lösung geführt haben, sowie die Vorteile einer solchen Anlage werden kurz erörtert.

L'auteur décrit, en se plaçant du point de vue de l'exploitation, l'installation de télécommande de la nouvelle sous-station de Schweizerhalle; il expose rapidement les raisons qui ont déterminé le choix du matériel et les avantages d'une telle installation.

Allgemeines

Die andauernde Zunahme des Energiebedarfes zwingt die Elektrizitätswerke, die Zahl der Einspeisestellen in ihre Verteilnetze zu vermehren durch den Bau sogenannter *Unterwerke* in den Belastungsschwerpunkten. Diese Unterwerke bringen die aus unvollkommen regulierten Hochspannungsnetzen bezogene Energie auf eine regulierte Mittel-

spannung. Sie erhalten hiezu einen oder mehrere Stufen-Transformatoren, meistens in der Grössenordnung von 10 bis 50 MVA. Aus schaltungstechnischen Gründen sind jeweils ober- und unterspannungsseitig zwei bis drei Sammelschienen vorgesehen, an welche die ankommenden, bzw. abgehenden Leitungen wahlweise anschliessbar sein müssen. Das bedingt den Einbau einer oft recht stattlichen Zahl von Hochspannungsschaltern und Trennern.

Mit der wachsenden Anzahl solcher Knotenpunkte gestaltet sich die Durchführung und Überwachung von Schaltmanövern immer umständlicher und zeitraubender, für den Betriebsleiter immer unübersichtlicher. Die kostspieligen Anlagen bedürfen sinnreicher Schutzeinrichtungen, welche beschädigte oder gefährdete Teile selbsttätig abschalten. Dabei muss aber den besonders für Industrie- und Verkehrsbetriebe ausserordentlich hohen Anforderungen auf unterbruchlose Energiezufuhr Rechnung getragen werden, was bedingt, dass in jedem Unterwerk dauernd mindestens ein Mann anwesend sein sollte zur Durchführung allfällig erforderlicher Schaltungen. An abgelegenen Orten müssen daher zur Sicherstellung des Wartungsdienstes auch Wohnungen für mindestens drei Familien bereitgestellt werden. Da ferner die Schaltvorgänge relativ selten sind, hält es oft schwer, das Bedienungspersonal in der Zwischenzeit anderweitig nützlich zu beschäftigen.

Die Fernwirkanlage des Unterwerkes Schweizerhalle

Um den geschilderten Schwierigkeiten auszuweichen, hat die *Elektra Birseck Münchenstein* kürzlich ihr neues Unterwerk in *Schweizerhalle* mit einer *Fernwirkanlage* ausgerüstet, welche gestattet, die neue Verteilstelle von dem ständig besetzten Kommandoraum in Münchenstein aus zu überwachen und zu bedienen.

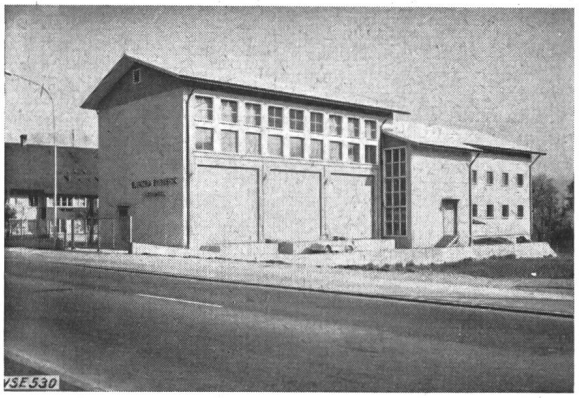


Fig. 1
Ansicht des Unterwerkes Schweizerhalle

In Abweichung von der unter Starkstromfachleuten noch häufigen Auffassung wurde hiefür nicht eine aus Starkstrom-Apparaten aufgebaute Einrichtung gewählt, sondern das von der Fernsprechtechnik her bekannte, mit Schwachstrom arbeitende *Steuerimpuls-System*. Folgende Überlegungen haben zu dieser Wahl geführt:

1. Die Zahl der erforderlichen Befehle und Meldungen hätte bei der für Starkstrom-Steuerungen üblichen Einzel-Übermittlung ein sehr vieladriges, teures Steuerkabel erfordert. Da aber auf der Strecke Birsfelden—Schweizerhalle, also über etwa die Hälfte der insgesamt 8,5 km langen Distanz zwischen Kommandostelle und Unterwerk bereits ein Signalkabel mit nur 10 Adern zur Verfügung stand, drängte sich die Verwendung einer *ader-sparenden Übertragungsmethode* auf, wie sie die heutige Fernmeldetechnik zu bauen gestattet.

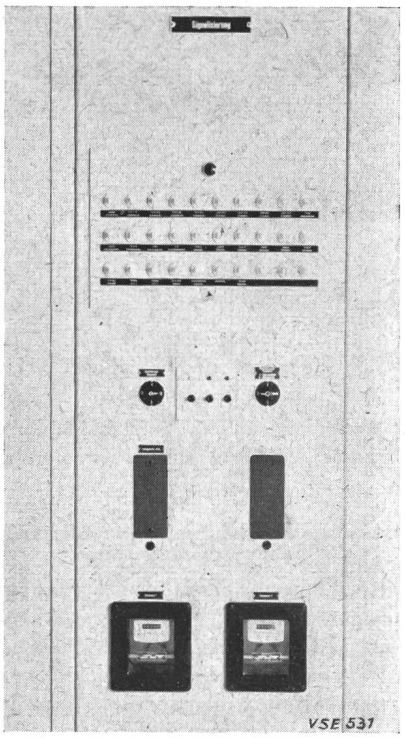


Fig. 2
Fernsteuerungs-Tableau im Unterwerk Schweizerhalle (Signalisierung)

2. Im Kommandoraum Münchenstein war für die bei dessen Bau nicht vorgesehene Fernbedienungseinrichtung nur wenig Platz frei, welcher den Einsatz voluminöser Starkstromgeräte im vornherein ausschloss. Die *geringen Abmessungen der Schwachstrom-Bauelemente* erlaubten dagegen deren sinngemässe, übersichtliche Zusammenordnung auf engem Raum. Die zu einem einfachen Blindschaltbild zusammengefassten Steuerquittungsschalter, die Trennersymbole und die zur Leitungsüberwachung und Störungsmeldung dienenden Leuchtdrucktasten konnten auf *einem Pultfeld von nur 90 × 90 cm* untergebracht werden, so dass auch für die Fernbedienung weiterer Unterwerke noch genügend Platz verbleibt.
3. Die gedrängte Bauweise wirkt sich aber nicht nur als raum- und damit baukostensparend aus; sie ermöglicht vielmehr den Schaltwärtern erst eine rasche, zuverlässige Orientierung über den jeweiligen Betriebszustand. Für die Betriebslei-

tung wird es von unschätzbarem Wert sein, wenn im Endausbau der Schaltzustand aller Unterwerke und Gleichrichterstationen auf einem Befehlspult zentral zusammengefasst ist, so dass jederzeit ein *klarer Überblick über das gesamte Verteilnetz* vor Augen steht.

Die Übermittlung der *Schaltbefehle und Rückmeldungen* erfolgt über nur ein Aderpaar. Ausser den Ein- und Aus-Schaltbefehlen und Stellungsrückmeldungen von 19, im Endausbau 26 Hochspannungsschaltern werden folgende Meldungen übertragen:

Überlastung und Übertemperatur der Transformatoren, Ansprechen des Differentialschutzes, des Erdschlussrelais, Spannungsausfall an den einzelnen Sammelschienen, Rückgang der Batteriespannung, Ausfall der Hilfs-Wechselspannung, Grenzwerte des Pressluftdruckes, Betrieb des Kompressors und der Ventilatoren, Übertemperatur im Raum.

Die Trennerstellungen sind im Kommandopult durch kleine, in das Blindschaltbild eingefügte, von Hand einzustellende Symbole nachgebildet. Die *Fernbetätigung der Trenner* und die selbsttätige Rückmeldung ihrer Stellung wurde

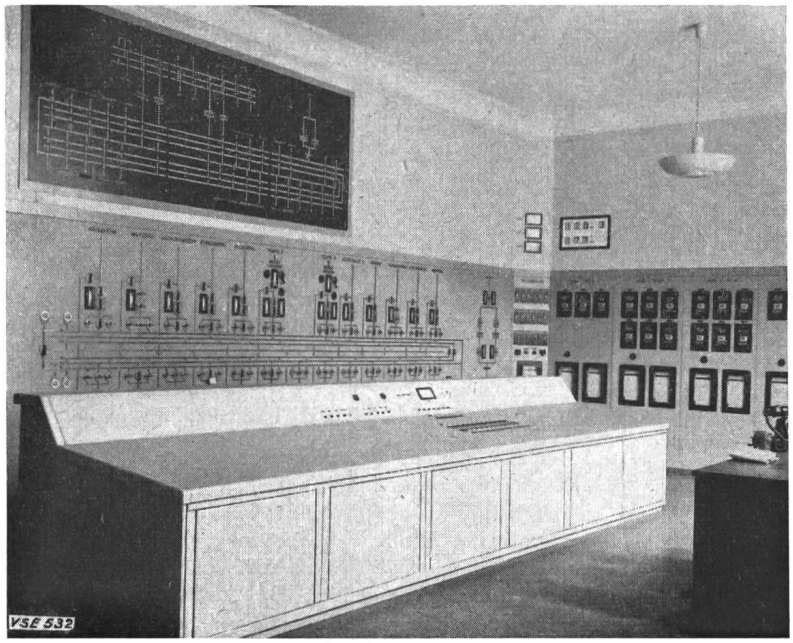


Fig. 3
Ansicht des Kommandoraums in Münchenstein
In der Mitte: neues Schaltpult mit freiem Platz für weitere Steuer- und Signal-Einrichtungen
Im Hintergrund: Zahlenwerte der Übertragung vom Kraftwerk Birsfelden

4. **Die Bedenken des Starkstrom-Fachmannes gegen den Einsatz von Schwachstrom-Elementen für betriebswichtige Funktionen konnten fallen gelassen werden, da Fernsteueranlagen heutiger Bauart allen Anforderungen gerecht zu werden vermögen. Die gewählte Übertragungsart zeichnet sich aus durch:**
   a) **kurze Übermittlungszeit dank der Anwendung eines Code-Systems**
   b) **fehlerfreie Übertragung dank Verwendung verschlüsselter Impulstelegramme, welche die Möglichkeit von Fehlschaltungen ausschliessen**

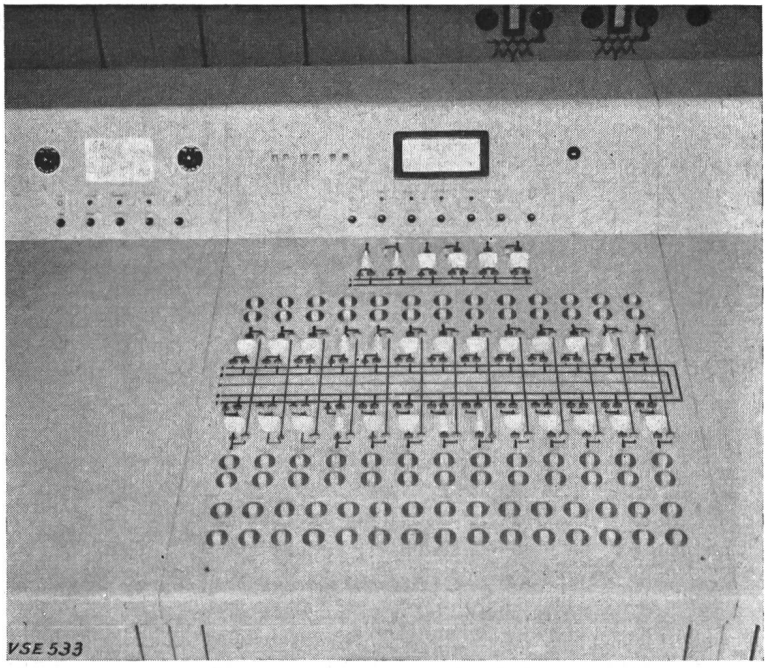


Fig. 4
Steuerpult in Münchenstein für die Fernsteuerung des Unterwerkes Schweizerhalle
Man beachte die Leuchttasten und -Schalter sowie das Fernmess-Instrument

   c) **hohe Betriebssicherheit dank der ausschliesslichen Verwendung einfacher, zuverlässiger Bauelemente, die sich für Aufgaben ähnlicher Art seit Jahrzehnten bestens bewährt haben**
   d) **geringe Wartungsansprüche dank dem Verzicht auf Verwendung komplizierter mechanischer Gebilde. Anstelle von Wählern sind Relaisketten eingesetzt, welche hinsichtlich Spannungskonstanz, Raumtemperatur und Wartung besonders anspruchslos sind, dank ihren Doppelkontakten aber für besonders sichere Funktionen Gewähr leisten.**

aus Preisgründen fallen gelassen, wird aber voraussichtlich nachgeholt und ist in den neu projektierten Unterwerken nicht wegzudenken.

Die *Steuerschalter* arbeiten mit Ruhiglicht, welches aufleuchtet, wenn ihre Stellung nicht mit derjenigen der entsprechenden Hochspannungsschalter übereinstimmt. Die Störungsmeldungen bewirken das blinkende Aufleuchten von Leuchtdrucktasten, verbunden mit akustischem Alarm. Sie werden quit-

tiert durch Drücken der betreffenden Tasten, wobei letztere auf Ruhiglicht umschalten und die Hupe abgestellt wird. Erst nach Behebung der Störung erlischt die Lampe.

Die Fernmelde-Anlage dient ferner zur Übermittlung der *Transformatoren-Stufenstellungen.* Als Empfangsgerät dient dabei nicht ein Anzeige-Instrument mit Zeiger und Skala, sondern ein zweistelliges Zahlenrollwerk, welches synchron zum Stufenschalter schrittweise nachgeschaltet wird und daher stets exakte, eindeutige Stellungsangabe gewährleistet. Hiefür ist jeder Stufe ein bestimmtes Impulstelegramm zugeordnet, so dass Verschiebungen zwischen Schalterstellung und Fernanzeige ausgeschlossen sind.

Die Überwachung des unbedienten Unterwerkes verlangt aber auch die periodische Kontrolle der einzelnen *Strang-Belastungen.* Hiezu kann mit Hilfe der Fernsteueranlage ein Fernmessgeber im Unterwerk wahlweise an die Messwandler der verschiedenen Verteilkabel angeschaltet werden durch kurzzeitiges Drücken einer Leuchttaste im Kommandopult. Die Taste leuchtet auf und hält die gewählte Anschaltung ohne Beeinträchtigung der Arbeitsbereitschaft der Fernmeldeanlage solange fest, bis der Geber durch Betätigen einer andern Taste auf eine weitere Meßstelle umgeschaltet oder aber stillgelegt wird. Die Übertragung des Messwertes erfolgt nach dem Prinzip der *Impulsfrequenzmessung* über ein separates Aderpaar auf ein in das Kommandopult eingebautes, für alle Meßstellen gemeinsames Instrument.

Dauernd übertragen und in Münchenstein registriert wird sodann die *Einspeiseleistung* des Unterwerkes. Die Übertragung erfolgt über ein drittes Aderpaar wiederum mit Impulsfrequenz. Auf kontinuierliche, unterbrechungsfreie Aufzeichnung wurde besonders Wert gelegt, damit Belastungsschwankungen vom Betriebsleiter sofort erfasst und auch nachträglich zuverlässig beurteilt werden können.

Selbstverständlich ist das Unterwerk selber mit einer grösseren Zahl von *Registrierinstrumenten* ausgerüstet. Zur Sicherstellung zeitgerechten Papiervorschubs sind sie mit Klinkwerks-Antrieben ausgerüstet, welche von der Mutteruhr in Münchenstein aus impulsweise gesteuert werden. Diese Impulse könnten grundsätzlich mit Hilfe der Fernsteueranlage übertragen werden. Da sie sich jedoch in Abständen von 12 Sekunden folgen, würde dadurch die Einrichtung zu stark belegt, so dass unerwünschte Verzögerungen in der Übermittlung anderer Befehle und Meldungen entstehen könnten. Deshalb musste für diese Aufgabe ein weiteres Aderpaar freigegeben werden. Die darauf übertragenen Impulse dienen übrigens im Unterwerk auch zur Steuerung einer Nebenuhr, welcher jeder fünfte Impuls zugeleitet wird.

Die *Stundenmarkierungen* auf den Registrierdiagrammen werden von der Mutteruhr über die Fernsteueranlage bewirkt, ebenso die *Tarifumschaltung* der verschiedenen Zähler. Damit wird eine wirklich synchrone Steuerung aller zeitabhängigen Geräte des ganzen Verteilnetzes erzielt.

Die Stände von 3 *Doppeltarifzählern* im Unterwerk sind täglich zu bestimmter Zeit abzulesen und dem Lieferwerk bekanntzugeben. Deshalb wurden diese Zähler mit Fernzählkontakten ausgerüstet zur Steuerung von Fernzählern in Münchenstein. Die bei hoher Belastung relativ rasche Folge dieser Impulse schloss wiederum deren Übermittlung mit Hilfe der Fernmeldeanlage aus; sie werden deshalb verschlüsselt für alle drei Werte über ein separates Aderpaar durchgegeben. Diese einfache Einrichtung erübrigt das tägliche Aufsuchen des Unterwerkes und macht sich daher rasch bezahlt.

Endlich dient das Fernkabel auch noch dem Anschluss des *Telephons* im Unterwerk an den Automaten der Zentrale Münchenstein. Sämtliche Aderpaare sind beidseitig mit *Schutzübertragern* abgeriegelt. Dadurch wird verhindert, dass unter dem Einfluss der parallel geführten Hochspannungskabel 50 kV, speziell im Kurzschlussfalle, induzierte Überspannungen auf die Schwachstromanlage übertreten können. Diese Übertrager ermöglichen aber auch die Bildung zusätzlicher Kanäle durch die Kombination zweier Aderpaare zu Phantomleitungen. Von dieser Möglichkeit musste Gebrauch gemacht werden, da gemäss obiger Aufstellung 6 Leitungen erforderlich sind, wogegen nur 5 Adernpaare zur Verfügung standen. Trotzdem der weiter vorne erwähnte Leitungstrang Schweizerhalle—Birsfelden keine verseilten Aderpaare besitzt, arbeitet die Anlage störungsfrei, ein Zeichen dafür, dass sie gegen Unsymmetrie wenig empfindlich ist. Die Übertragung erfolgt durchwegs mit *50-Hz-Impulsen,* die bei Ausfall der Netzspannung mit *Wechselrichtern ab Batterie* erzeugt werden.

Fernmeldeanlage vom Kraftwerk Birsfelden nach Münchenstein

Verbunden mit der beschriebenen Fernbedienungsanlage Schweizerhalle wurde auch für die Überwachung des Energiebezuges aus dem neu erbauten *Kraftwerk Birsfelden* in gleicher Art eine Signal- und Melde-Einrichtung erstellt. Sie umfasst ausser grundlegenden *Fernregelbefehlen* für Frequenz und Spannung die selbsttätige Übermittlung eines Leistungswertes in MW, welcher dem von der Wasserführung des Rheines abhängigen *Bezugsrecht* der Elektra Birseck entspricht (Soll-Wert). Dieser Wert wird im Kommandoraum Münchenstein durch Schriftband angezeigt, ebenso der dort direkt ermittelte *tatsächliche Bezug* (Ist-Wert). Das ermöglicht dem Betriebsleiter jederzeit eine rasche Orientierung über die momentanen Verhältnisse und damit eine optimale Ausnützung der zur Verfügung stehenden Energie.

Die beschriebene Anlage wurde von der *Albiswerk A.-G. Zürich* geliefert. Sie kam Ende 1955 in Betrieb und hat seither die ihr zugedachten Aufgaben in allen Teilen erfüllt. Sie ist im Werksbetrieb heute nicht mehr wegzudenken.

Adresse des Autors:

B. Rey, Elektroing., Vizedirektor der Elektra Birseck, Münchenstein.

Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie durch die schweizerischen Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung

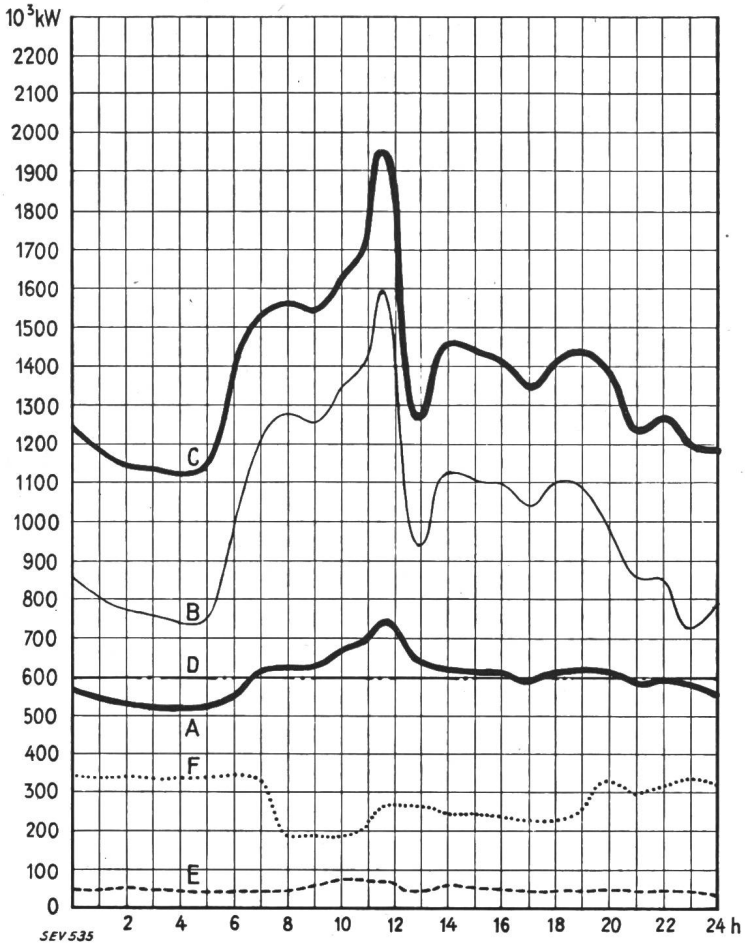
Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

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		1		28		10		1058			294		—104		151	
Mai	1141		1		56		19		1217			518		+224		214	
Juni	1172		1		76		19		1268			1036		+518		235	
Juli	1236		1		78		18		1333			1539		+503		283	
August	1188		1		83		18		1290			1696		+157		263	
September ..	1117		1		70		7		1195			1750[4]		+ 54		210	
Jahr	12483		38		553		625		13699							2009	
Oktober-März	5610	5015	32	150	162	135	534	1194	6338	6494	+ 2,5			-1141	-1509	653	441

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	57	137	132	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 (2)	122 (10)	978	896	— 8,4	1014	909
April	396		158		138		46		48		121		853			907	
Mai	399		162		149		105		44		144		880			1003	
Juni	378		163		138		146		49		159		863			1033	
Juli	380		160		147		154		51		158		871			1050	
August	396		164		146		121		51		149		888			1027	
September ..	411		175		144		68		52		135		907			985	
Jahr	5001		2015		1578		760		686		1650 (130)		10800			11690	
Oktober-März	2641	2915	1033	1117	716	742	120	53	391	411	784 (27)	815 (46)	5538	5954	+ 7,5	5685	6053

[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. 1955 = 1931.10[6] kWh.



Tagesdiagramme der beanspruchten Leistungen

(Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung)

Mittwoch, den 14. März 1956

Legende:

1. Mögliche Leistungen: 10^3 kW

Laufwerke auf Grund der Zuflüsse (0—D) . .	597
Saisonspeicherwerke bei voller Leistungsabgabe (bei maximaler Seehöhe)	1541
Total mögliche hydraulische Leistungen . . .	2138
Reserve in thermischen Anlagen	155

2. Wirklich aufgetretene Leistungen

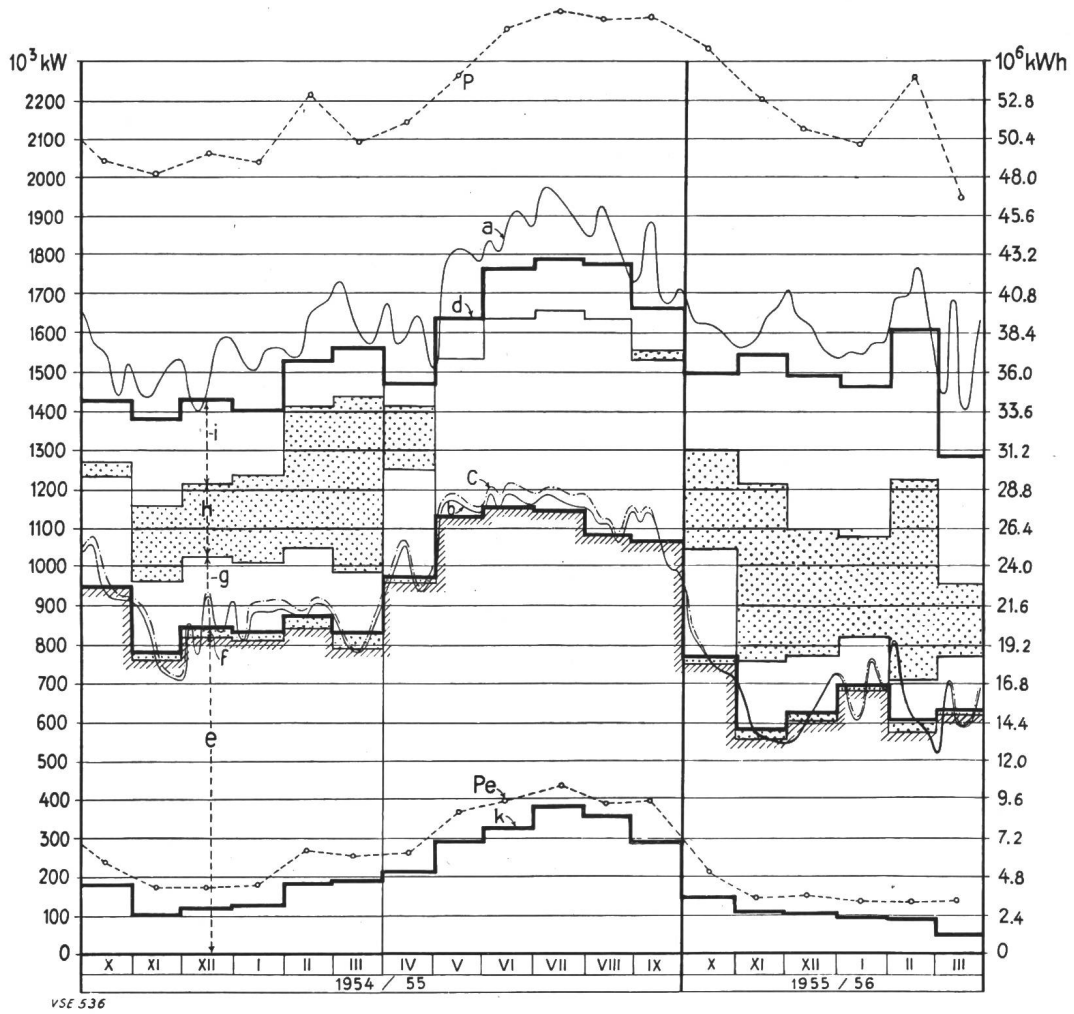
0—A Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher).
A—B Saisonspeicherwerke.
B—C Thermische Werke, Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken und Einfuhr.
0—E Energieausfuhr.
0—F Energieeinfuhr.

3. Energieerzeugung 10^6 kWh

Laufwerke	14,3
Saisonspeicherwerke	10,3
Thermische Werke	1,5
Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken	0,8
Einfuhr	6,5
Total, Mittwoch, 14. März 1956	33,4
Total, Samstag, 17. März 1956	30,2
Total, Sonntag, 18. März 1956	22,9

4. Energieabgabe

Inlandverbrauch	32,2
Energieausfuhr	1,2



Mittwoch- und Monatserzeugung der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung

Legende:

1. Höchstleistungen:
(je am mittleren Mittwoch jedes Monates)
P des Gesamtbetriebes
Pe 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		3		10		1255			341		—124		151		1104	
Mai	1441		3		19		1463			597		+256		214		1249	
Juni	1494		2		19		1515			1188		+591		235		1280	
Juli	1563		2		18		1583			1746		+558		283		1300	
August	1521		2		18		1541			1916		+170		263		1278	
September ..	1425		3		7		1435			1971[2])		+ 55		210		1225	
Jahr	15381		67		625		16073							2009		14064	
Oktober-März	6695	5899	52	198	534	1197	7281	7294	+ 0,2			—1264	—1703	653	441	6628	6853

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		176		235		55		96		130		8		1041		
Mai	407		180		287		115		95		146		19		1115		
Juni	386		182		279		156		97		154		26		1098		
Juli	388		178		290		163		101		153		27		1110		
August	405		181		288		131		102		151		20		1127		
September ..	420		194		279		77		100		144		11		1137		
Jahr	5101		2238		2790		847		1215		1730		143		13074		
Oktober-März	2691	2978	1147	1231	1132	1037	150	66	624	635	852	857	32	49	6446	6738	+ 4,5

[1]) d. h. Kessel mit Elektrodenheizung.
[2]) Energieinhalt bei vollen Speicherbecken: Sept. 1955 = 2 174.10^6 kWh

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrounion, Zürich.

Redaktor: *Ch. Morel*, Ingenieur.

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